

CİLT: 5 SAYI: 1 2025

# Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

ISSN: 2822-4167



# NECMETTİN ERBAKAN ÜNİVERSİTESİ EREĞLİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Eregli Journal of Agricultural Sciences (EJAS)

ISSN: e-ISSN: 2822-4167

**Cilt/Volume: 5, Sayı/Issue: 1 (Haziran / June 2025)**  
Uluslararası Hakemli Dergi / International Peer Reviewed Journal

**Sahibi / Owner**  
Necmettin Erbakan Üniversitesi / Necmettin Erbakan University

**Editör / Editor-in-Chief**  
Doç. Dr. Sevim Seda YAMAÇ

**Yardımcı Editörler/ Associate Editors**  
Doç Dr. Aras TÜRKOĞLU  
Doç. Dr. Çeknas ERDİNÇ  
Dr. Öğr. Üyesi Çetin PALTA  
Dr. Öğr. Üyesi Hasan CAN

**Yayın Türü / Publication Type**  
Sürekli Yayın / Periodical

**Yayın Periyodu / Publication Period**  
Yılda 2 kez yayınlanır (Haziran ve Aralık) / Published twice-annual (June and December)

**Baskı Tarihi / Print Date**  
Haziran / June 2025

**Yazışma Adresi / Correspondence Address**  
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Orhaniye Mah.  
Üniversite Cad. no: 15 PK: 42310 Ereğli/KONYA

**Tel / Phone:** (0 332) 777 00 30  
**Web:** <http://ereglitarimbilimleri.com>  
**E-posta / E-mail:** [info@ereglitarimbilimleri.com](mailto:info@ereglitarimbilimleri.com)

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi yılda 2 kez yayınlanan uluslararası hakemli bir dergidir /  
Eregli Journal of Agricultural Sciences is an international peer reviewed twice-annual journal

## EDITORIAL BOARD

Prof. Dr. Adem AKSOY, Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Agriculture Economy, Türkiye

Prof. Dr. Atilla DURSUN, Ataturk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Türkiye

Prof. Dr. Babak Abdollahi MANDOULAKANI, Urmia University, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Department of Plant Production and Genetics, Urmia , Iran

Prof. Dr. Hossein Shahsavand HASSAN, Shiraz University, College of Agriculture, Department of Agronomy and Plant Breeding, Iran

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ, Necmettin Erbakan University, Faculty of Engineering and architecture, Department of Food Engineering, Türkiye

Prof. Dr. Serhat KARACA, Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Türkiye

Prof. Dr. Yusuf UÇAR, Isparta Applied Sciences University, Faculty of Agriculture Agricultural Buildings And Irrigation Department, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Aras TÜRKOĞLU, Necmettin Erbakan University, Ereğli Faculty of Agriculture Department of Field Crops, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Ali Tevfik UNCU, Necmettin Erbakan University, Faculty of Science, Department of Molecular Biology and Genetics, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Emre DEMİRER DURAK, Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture Department of Plant Protection, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Gamze PEKBAY, Yozgat Bozok University, Faculty of Agriculture, Department of Herb Protection, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Harun KARCI, Çukurova University, , Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Musa SEYMEN, Selcuk University, Faculty of Agriculture, Department of Horticulture, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Mustafa TERİN, Van Yüzüncü Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Economics, Türkiye

Assoc. Prof. Dr. Neşe OKUT, Van Yuzuncu Yıl University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Ajay KUMAR, Amity University, Amity institute of Biotechnology, India

Assist. Prof. Dr. Akife DALDA ŞEKERCİ, Erciyes University, Faculty of Seyrani Agriculture Department of Horticulture, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Gonca ÖZMEN ÖZBAKIR, Harran University, Faculty of Agriculture, Department of Animal Science, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Mehmet Zahid MALASLI, Necmettin Erbakan University, Ereğli Faculty of Agriculture, Department of Biosystems Engineering, Türkiye

Assist. Prof. Dr. Onur İLERİ, Eskişehir Osmangazi University, Faculty of Agriculture Department of Field Crops, Türkiye

## **LANGUAGE EDITOR**

Assist. Prof. Dr. Furkan Ömer KANARYA, Necmettin Erbakan University, Faculty of Agriculture, Türkiye

## **SPELLING EDITOR**

Res. Asst. Muhammet İslam IŞIK, Necmettin Erbakan University, Faculty of Agriculture, Türkiye

## **LAYOUT EDITOR**

Lecturer Dr. Mustafa Tevfik HEBEBCİ, Necmettin Erbakan University, Scientific Publications Coordinatorship, Türkiye  
Bünyamin Biçer, Necmettin Erbakan University, Scientific Publications Coordinatorship, Türkiye

---

## İçindekiler / Contents

---

| Makale adı / Title of the article<br>Yazar(lar) / Author(s)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | Sayfa/Page |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>Kekik (<i>Origanum vulgare</i> L.) Genik SSR (Basit Dizi Tekrarı) Markörlerinin Transkriptoma Dayalı Geliştirilmesi)</b><br>Development of Genic SSR (Simple Sequence Repeat) Markers Based on an <i>Oregano</i> ( <i>Origanum vulgare</i> L.) Transcriptome Assembly<br><i>Fatıma CEYLAN, Ali Tevfik UNCU, Ayşe Özgür UNCU</i>                                                 | 1-9        |
| <b>Konya Bölgesinde Kısıtlı Tamamlayıcı Sulamanın Ekmeklik Buğdayın Un Verimine Etkisi</b><br>Effect of Limited Supplemental Irrigation on Flour Yield of Bread Wheat in Konya Region<br><i>Mehmet Ali DÜNDAR, Ramazan TOPAK</i>                                                                                                                                                   | 10-21      |
| <b>Determination Of The Suitable Nutrient Medium For the Immature Embryo Culture In Different Genotypes of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)</b><br>Farklı Aspir ( <i>Carthamus tinctorius</i> L.) Genotiplerinde Olgunlaşmamış Embriyo Kültürü İçin Uygun Besi Ortamının Belirlenmesi<br><i>Ayşe Nuran ÇİL, Abdullah ÇİL, Hacer Burun, Zeynep Üçdağ, Rüştü Hatipoğlu</i> | 22-30      |
| <b>Determination of The Performance of Sand, Zeolite and Vermiculite Mixture in Removal of Phosphorus From Wastewater</b><br>Kum, Zeolit ve Vermikülit Karışımının Atık Sulardan Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi<br><i>Hasan Ali İRİK, Furkan Ömer KANARYA</i>                                                                                                          | 31-40      |
| <b>Effects of Thyme Hydrolate on Rooting of Grapevine Cuttings</b><br>Kekik Hidrolatının Asma Çeliklerinde Köklenmeye Etkileri<br><i>Yasin GAYRETLİ</i>                                                                                                                                                                                                                            | 41-53      |

---



# Kekik (*Origanum vulgare* L.) Genik SSR (Basit Dizi Tekrarı) Markörlerinin Transkriptoma Dayalı Geliştirilmesi

Fatıma CEYLAN<sup>1</sup>  Ali Tevfik UNCU<sup>2\*</sup>  Ayşe Özgür UNCU<sup>3\*</sup> 

<sup>1</sup> Konya Gıda ve Tarım Üniversitesi, SARGEM Araştırma Merkezi, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü, Konya, Türkiye

<sup>3</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoteknoloji Bölümü, Konya, Türkiye

## Makale Bilgisi

Geliş Tarihi: 10.12.2024

Kabul Tarihi: 19.03.2025

Yayın Tarihi: 30.06.2025

## Anahtar Kelimeler:

De novo transkriptom

birleştirme,

DNA markör,

Mikrosatelit.

## ÖZET

Yeni nesil sekanslama teknolojileri ve biyoinformatik alanlarında gerçekleştirilen gelişmeler, günümüzde sekans spesifik DNA markörlerinin yüksek veri çıkışlı analizler ile tüm genom/transkriptom düzeyinde geliştirilmesine olanak vermektedir. Son 10 yıllık süreçte yeni nesil sekanslama platformları ve sekans analiz yöntemlerinin çeşitlenmesi, RAPD (rastgele çoğaltılmış polimorfik DNA), ISSR (basit dizi tekrarlar arası) gibi sekans bilgisine dayanmayan, jenerik DNA markörlerine başvurmayı gereksiz kılmakta, bu tip markörler yerine yüksek tekrar edilebilirlikte sonuç üreten sekans spesifik markörler bitki moleküler genetiği uygulamaları için kullanışlı genomik araçlar olarak etkin şekilde kullanılmaktadır. Bu çalışmada, 'kekik' adı ile bilinen başlıca tıbbi ve aromatik bitki türlerinden olan *Origanum vulgare* L. genomuna özel genik SSR (basit dizi tekrarı) markörlerinin geliştirilmesi amaçlanmıştır. *Origanum* cinsi iyi bilinen tıbbi ve aromatik bitkileri içinde barındırmakla birlikte, bugüne kadar *Origanum* cinsine özel geliştirilmiş genom-spesifik markör sayısı yalnızca 33 adettir. Bu çalışma kapsamında, Türkiye'nin önemli bir gen merkezi olduğu *Origanum* cinsinin dünya genelinde yaygın olarak bilinen türleri arasında yer alan *O. vulgare* L. ssp. *vulgare* transkriptomu, de novo transkriptom birleştirme yöntemi ile analiz edilerek birleştirilmiş transkriptom elde edilmiş ve transkriptom sekansı trinitükleotid SSR lokusları için taranmıştır. Elde edilen lokusların, yüksek GC içeriği ile kodlayan bölgelerde sık rastlanan tipte basit dizi tekrarları olduğu görülmüştür. Transkriptoma dayalı geliştirilen DNA markörleri, genomik markörlere kıyasla daha yüksek korunmuşluk düzeyi göstermekle birlikte, transkript edilen bölgelerdeki polimorfizmlerin fenotip ilişkilendirme analizleri için elverişlilikleri yüksektir. Bu çalışma kapsamında kekik transkriptomunda belirlenen SSR lokusları üzerinden yüksek veri çıkışlı markör dizaynı işlemi gerçekleştirilerek 1731 adet sekans-spesifik genik SSR markörü geliştirilmiştir. Açık okuma çerçevesinde veya 5'/3' UTR bölgelerde (translasyona uğramayan bölge) lokalize SSR polimorfizmlerinin kodlanan amino asit dizisini veya protein katlanmasını ve gen ekspresyon düzeyini etkileme potansiyelleri yüksek olduğundan, bu markörler *Origanum* cinsi için bir genom-spesifik aday fonksiyonel markör seti oluşturmaktadır.

## Development of Genic SSR (Simple Sequence Repeat) Markers Based on an *Oregano* (*Origanum vulgare* L.) Transcriptome Assembly

## Article Info

Received: 10.12.2024

Accepted: 19.03.2025

Published: 30.06.2025

## Keywords:

De novo transcriptome

assembly,

DNA marker,

Microsatellite.

## ABSTRACT

Developments in next generation sequencing technologies and bioinformatic analyses enable the identification of sequence specific DNA markers at the whole genome/transcriptome level. During the last decade, diversification of the next generation sequencing platforms as well as the associated sequence analysis algorithms have made generic marker systems such as RAPD (random amplified polymorphic DNA) and ISSR (inter simple sequence repeat) almost obsolete and sequence specific markers constitute useful genomic tools for applications in plant molecular genetics. The aim of the present work was to develop genic SSR (simple sequence repeat) markers specific for the well-known medicinal and aromatic herb, oregano (*Origanum vulgare* L.). Although the *Origanum* genus hosts widely-recognized medicinal and aromatic species, only 33 genome-specific markers have been developed to date for the genus. In the course of the present work, the transcriptome sequence of *O. vulgare* L. ssp. *vulgare*, one of the most widely known members of the *Origanum* genus, was assembled via a de novo transcriptome assembly approach. The assembly was scanned for the identification of trinucleotide SSRs. GC rich loci were found to be the most abundant simple sequence repeats, which is indeed characteristic for coding sequences. While genic SSRs are more conserved compared to genomic SSRs, markers that represent transcribed loci are more likely to be useful for trait association studies. In the course of the present work, the loci identified in the transcriptome sequences were used in the high-throughput marker development process, yielding a total of 1731 sequence-specific genic SSR markers. Since SSR polymorphisms located in open reading frames and 5'/3' UTR (untranslated region) carry the potential to affect the amino acid sequence or protein folding and the level of gene expression, the markers introduced in the present work constitute a genome-specific set of candidate functional markers.

## Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Ceylan, F., & Uncu, A. T., & Özgür Uncu, A. (2025). Kekik (*Origanum vulgare* L.) genik ssr (basit dizi tekrarı) markörlerinin transkriptoma dayalı geliştirilmesi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), <https://doi.org/10.54498/ETBD.2025.37>

\*Sorumlu Yazar: Ayşe Özgür Uncu, [auncu@erbakan.edu.tr](mailto:auncu@erbakan.edu.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ

‘Kekik’ adı ile bilinen başlıca tıbbi ve aromatik bitki türlerinden olan *Origanum vulgare* L. ( $2n = 2x = 30$ ), antik çağlardan beri baharat olarak ve yanı sıra çeşitli hastalıkların tedavisinde kullanılmaktadır (Alekseeva ve ark., 2020). *Origanum* türleri, esansiyel yağ içeriklerinde bulunan sekonder metabolitler sebebi ile antienflamatuar, antioksidan, antibakteriyel, antidiabetik, vb. pek çok farklı biyolojik aktivite göstermektedir. Türkiye’nin de içinde yer aldığı Akdeniz coğrafyasında yayılım gösteren *Origanum* türlerinin %65’i (23 tür) ülkemizde endemiktir ve dolayısı ile Türkiye *Origanum* cinsi için bir gen merkezidir (Bozdemir, 2019). *O. vulgare* L. ssp. *vulgare*, *O. vulgare* L. ssp. *hirtum* ve *O. majorana* L., dünya genelinde en çok bilinen başlıca *Origanum* türleridir (Alekseeva ve ark., 2023).

Doğal veya kültüre alınmış bitki popülasyonları geleneksel olarak fenotipik ve duyuşal özelliklere dayalı olarak tanımlanmakta ve karakterize edilmektedir (Cartea ve ark., 2003; Santos ve ark., 2012; Martínez ve ark., 2017; Dal ve Türkmen, 2022). Ancak morfolojik ve duyuşal özellikler, subjektif olabildikleri gibi, çevre ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak karakter ekspresyonu plastisite de göstermektedir. Ayrıca genotipik sınıflandırmayı mümkün kılacak, ölçülebilir düzeyde fenotipik varyasyon mevcut olmayabilir (Alekseeva ve ark., 2020). Dolayısı ile gerek kültüre alınmış türlerde gerekse doğal popülasyonlarda genotip düzeyinde tanımlama, sınıflandırma, önemli zirai özelliklerin karakterizasyonu ve gen havuzlarında mevcut genetik çeşitliliği belirleme çalışmalarında moleküler genetik analizlerin kullanımı öne çıkmaktadır (Uncu ve ark., 2015; Islam ve Blair, 2018; Jasrotia ve ark., 2019; Allam ve ark., 2022; Yeo ve ark., 2023; Karcı ve Kafkas, 2024). SSR (simple sequence repeat/basit dizi tekrarı) sekans-spesifik bir markör sistemi olup, SSR lokusları teoride sınırsız sayıda potansiyel alel barındırabilir ve SSR markörleri ile heterozigot genotipler tespit edilebilir. Bu özelliklerinden dolayı SSR markör sistemi bitki moleküler genetiği çalışmaları için oldukça avantajlıdır. Dolayısı ile bu markör sistemi genetik çeşitliliğin belirlenmesi, popülasyon yapısının belirlenmesi, moleküler ıslah programları kapsamında hastalıklara dayanıklı/duyarlı genotiplerin tespit edilmesi, germplazm koleksiyonlarının zirai öneme sahip çeşitli karakterler bakımından genotip düzeyinde karakterizasyonu ve tüm genom/gen/QTL (quantitative trait locus/kantitatif karakter lokus) haritalama çalışmalarında çok çeşitli bitki türünde başarı ile kullanılmaktadır (Bhagya ve ark., 2020; Çetin ve ark., 2021; Shukla ve ark., 2021; Sa ve ark., 2023; Yeo ve ark., 2023).

*O. vulgare*’de gerçekleştirilmiş moleküler genetik çalışmaların sayısı esasen kısıtlı olup, bu çalışmaların önemli bölümünde tür-spesifik olmayan, ‘jenerik’ markör sistemleri kullanılmıştır (Katsiotis ve ark., 2009; Azizi ve ark., 2009; Jedrzejczyk, 2018). Jenerik DNA markörlerinin temel kısıtlayıcı yönü, tekrar edilebilirliktir. Şöyle ki, sekans-spesifik olmayan markör sistemleri analiz koşullarından yüksek seviyede etkilendiklerinden aynı genotiplerin analizi neticesinde farklı sonuçlar üretebilmektedir. *O. vulgare*’de tür-spesifik DNA markörlerinin geliştirilmesi, ilk kez 2008 yılında rapor edilmiş olup (Novak ve ark., 2008), çalışma kapsamında 13 adet SSR markörü tanıtılmıştır. *Origanum* genotiplerinin SSR markörleri ile moleküler genetik karakterizasyonunu rapor eden çalışmalarda Novak ve ark. (2008) tarafından tanıtılmış olan markör seti kullanılmıştır (Helsen ve ark., 2013; Mechergui ve ark., 2017; Alekseeva ve ark., 2020). Alekseeva ve ark. (2023), yakın zamanda *O. vulgare* genomuna özel 20 adet SSR markörü geliştirmişlerdir. Sonuç olarak *Origanum* cinsinde geliştirilmiş genom-spesifik markör sayısı 33 adettir. Dolayısı ile bu markörlerin tamamının kullanımı ile dahi elde edilebilmesi mümkün olan genom kapsayıcılığı oldukça düşüktür. Yeni nesil sekanslama teknolojileri ve biyoinformatik biliminin günümüzde sağladığı olanaklar, çalışılmakta olan canlı türünde yüksek sayıda genomik veri noktasından bilgi üretebilecek moleküler markörlerin geliştirilmesine olanak vermektedir. Bu çalışma kapsamında *O. vulgare* L. ssp. *vulgare* transkriptomu üzerinde biyoinformatik analizler gerçekleştirilmiş ve bu analizler sonucunda *O. vulgare*’ye özel 1731 adet sekans-spesifik SSR markörü geliştirilmiştir. Çalışma kapsamında rapor edilen markörler, önemli bir tıbbi ve aromatik bitki olan kekikte, üstün özelliklere sahip ‘genotiplerin’ belirlenmesi ve detaylı



moleküler genetik karakterizasyon çalışmaları için gerekli moleküler araçları oluşturacaktır.

## **MATERYAL VE YÖNTEM**

### ***O. vulgare* RNA Sekans Verisi ve Ham Veri Analizi**

*O. vulgare* yaprak transkriptom ham verisine GenBank veritabanından erişilmiştir (BioProject: PRJNA780386). RNA-seq ham verisinin kayıp data, okuma uzunluğu ve Q30 Phred skoruna göre temizlenme işlemi Trimmomatic (flexible read trimming tool for Illumina NGS data) (Bolger ve ark., 2014) yazılımı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **Transkriptom Birleştirme ve Markör Geliştirme Analizleri**

Transkriptom birleştirme işlemi (assembly) rnaSPAdes (Bushmanova ve ark., 2019) yazılımı ile gerçekleştirilmiştir. Assembly gen bütünlüğü ve kalitesi BUSCO (benchmarking universal single-copy orthologs) (Simão ve ark., 2015) analizi ile belirlenmiştir. Konsensüs transkriptler birleştirilmiş sekanslardan cd-hit (Li ve Godzik., 2006) yazılımı ile oluşturulmuş, TransDecoder (Haas ve ark., 2013) yazılımı ile en uzun potansiyel bütünlükte ORF (open reading frame/açık okuma çerçevesi) sekans verileri ortaya çıkarılmıştır. Elde edilen konsensüs transkript sekansları GMATA (Genome-wide microsatellite analyzing tool Package) (Wang ve Wang, 2016) yazılımının ‘SSR identification’ modülü kullanılarak trinükleotit SSR’lar için analiz edilmiştir. SSR tarama parametreleri olarak minimum ve maksimum motif uzunluğu için 3, minimum tekrar sayısı için 5 kullanılmıştır. Transkriptom verisinin tamamında high-throughput markör geliştirme analizi için GMATA yazılımının ‘marker designing’ modülü kullanılmıştır. Markör dizayn parametreleri şu şekilde uygulanmıştır: Minimum ampikon uzunluğu: 100 bp, Maksimum ampikon uzunluğu: 300 bp, optimum Tm: 60 °C.

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

*O. vulgare* yaprak transkriptom verisinin birleştirilmesi sonucunda 58,015 adet transkriptten oluşan bir transkriptom assembly elde edilmiştir. Birleştirilmiş transkriptomun kalite analizleri, referans tek kopya ortolog gen kütüphanesi olarak 1614 adet genden oluşan BUSCO seti embryophyta\_odb10’nin kullanılması ile gerçekleştirilmiştir. BUSCO bütünlüğü gerek birleştirilmiş genomlarda, gerekse transkriptomlarda önemli bir temel kalite kriteridir ve birleştirilmiş transkriptomların gen içeriğini temsil etmesinin ölçütüdür. Analiz sonucunda birleştirilmiş transkriptomun BUSCO bütünlüğü %91.3 olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Elde edilen sonuçlara göre yaprak transkriptomunun tüm *O. vulgare* transkriptlerinin %90’ından fazlasını temsil ettiği görülmektedir. Tespit edilen 1474 adet tüm BUSCO’nun (complete BUSCO) 830 adedi (%51.4) tek kopya, 644 adedi (%39.9) çoklu kopya halindedir (Şekil 1). Transkriptom verilerinde genom BUSCO analiz sonuçlarından farklı olarak ortologların yüksek bir bölümü çoklu kopya halinde tespit edilmektedir. RNA sekanslama analizleri sonucu elde edilen dizi etiketlerinin ortalama uzunluğu 150 bp olduğundan, dizi etiketlerinin her bir gen için birden fazla bölgeye hizalanması, dolayısı ile aynı genin BUSCO analizinde birden fazla kez tanımlanması beklenen bir sonuçtur ve ilerleyen analiz süreçlerinde konsensüs transkriptlerin belirlenmesi ile eşdeğer transkriptler elenmektedir.

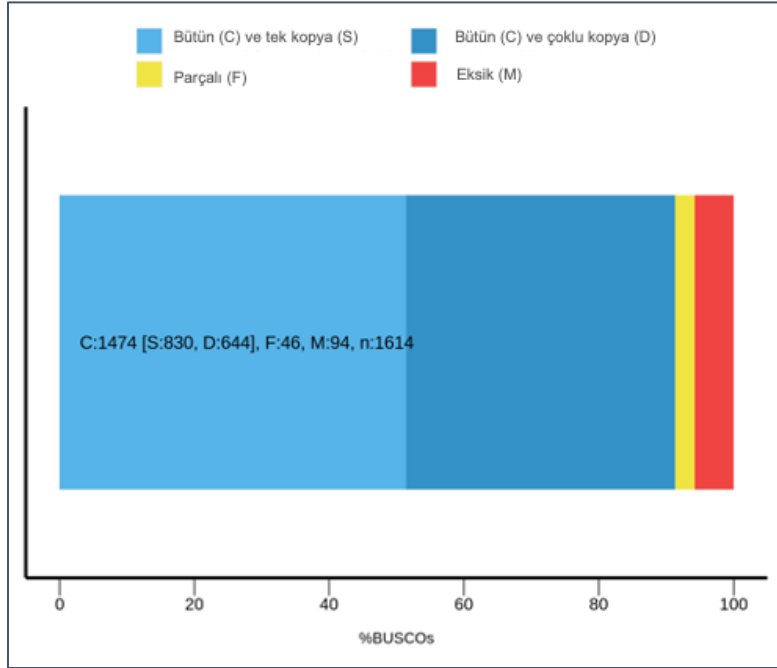
Birleştirilmiş transkriptomdan konsensüs transkriptlerin oluşturulması sonucunda 36,678 adet eşsiz transkript sekansı elde edilmiştir. Transkript sekansları (CDS: coding sequences/kodlayan sekanslar) ve bu sekansların kodladığı peptit sekansları iki ayrı veri seti halinde Figshare veritabanında depolanarak <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27276600> adresinde erişime açılmıştır.

SSR markörleri bitki moleküler genetiği ve genomik çalışmaları güncel olarak sıklıkla kullanılmakta olup, yeni nesil sekanslama teknolojilerinin gelişimi ile birlikte çok sayıda türün genom ve transkriptom sekansları yüksek veri çıkışlı SSR markörü geliştirme çalışmalarında kullanılmaktadır.

Transkriptom sekansları, hedefli şekilde genik markör geliştirmeye olanak vermektedir ve yapılan çalışmalar bitki transkriptomlarından geliştirilen SSR markörlerinin ORF bölgelerde yer alma olasılığının yüksek olduğunu göstermiştir (Hodel ve ark., 2016). Markör niteliği taşıyan polimorfik lokusların ORF içinde yer alması, fonksiyonel markör olarak kullanılma potansiyellerinin yüksek olması anlamına gelmektedir. Bu çalışmada de novo transkriptom birleştirme biyoinformatik iş akışı kullanılarak birleştirilen

### Şekil 1.

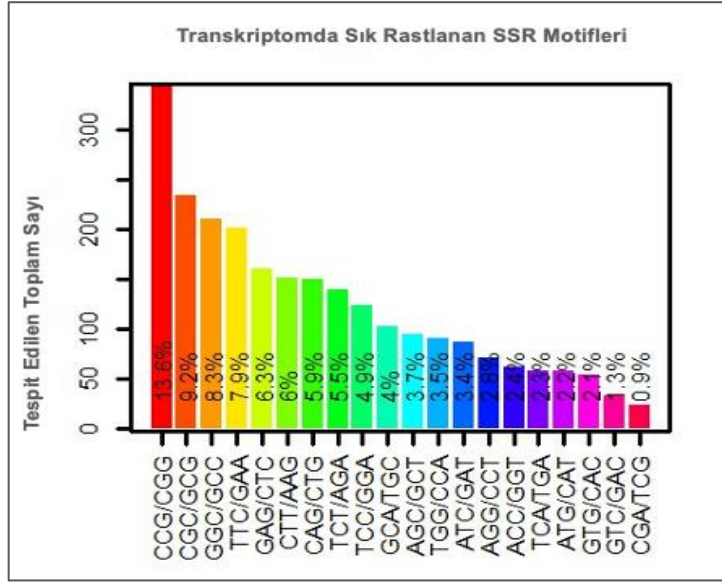
*Birleştirilmiş transkriptomun BUSCO bütünlüğü analiz sonuçları*



kekik transkriptomunda SSR markörleri geliştirilmiştir. Motif tekrar sayısını değiştiren mutasyonların açık okuma çerçevesinde çerçeve kaymasına sebep olma olasılığından dolayı trinükleotit SSR'ların diğer motif türlerine göre peptit kodlayan bölgede bulunma olasılığı daha yüksektir (Metzgar ve ark., 2000; Morgante ve ark., 2002; Li ve ark. 2004). Bu sebeple çalışmada trinükleotit SSR markörlerinin geliştirilmesi hedeflenmiştir. Toplam 36,678 adet sekanstan oluşan 36 Mb büyüklüğündeki yaprak transkriptomunda 2536 adet en az 5 adet ardışık tekrardan oluşan trinükleotit SSR lokusu tespit edilmiştir. En yüksek sıklıkta görülen motif CCG/CGG, tespit edilen SSR'ların %13.6'sını oluşturmaktadır. CGC/GCG (%9.2) ve GGC/GCC (%8.3), ikinci ve üçüncü sıradaki en sık rastlanan motifleri oluşturmaktadır (Şekil 2). Tespit edilen motiflerin tamamı Tablo 1'de verilmektedir.

**Şekil 2.**

*O. vulgare* transkriptomunda sık rastlanan SSR motifleri



**Tablo 1.**

*Yaprak Transkriptomunda Belirlenen Trinükleotit SSR Motiflerinin Dağılımı.*

| Motif(5'>3')  | Motif Sayısı | Motif Sıklığı (%) |
|---------------|--------------|-------------------|
| CCG/CGG       | 346          | 13,6              |
| CGC/GCG       | 234          | 9,2               |
| GGC/GCC       | 210          | 8,3               |
| TTC/GAA       | 201          | 7,9               |
| GAG/CTC       | 160          | 6,3               |
| CTT/AAG       | 151          | 6                 |
| CAG/CTG       | 150          | 5,9               |
| TCT/AGA       | 139          | 5,5               |
| TCC/GGA       | 124          | 4,9               |
| GCA/TGC       | 102          | 4,1               |
| AGC/GCT       | 94           | 3,7               |
| TGG/CCA       | 90           | 3,6               |
| ATC/GAT       | 86           | 3,4               |
| AGG/CCT       | 71           | 2,8               |
| ACC/GGT       | 62           | 2,4               |
| TCA/TGA       | 58           | 2,3               |
| ATG/CAT       | 57           | 2,2               |
| GTG/CAC       | 53           | 2,1               |
| GTC/GAC       | 33           | 1,3               |
| CGA/TCG       | 23           | 0,9               |
| TTG/CAA       | 23           | 0,9               |
| AAC/GTT       | 21           | 0,8               |
| ACA/TGT       | 13           | 0,5               |
| CGT/ACG       | 10           | 0,4               |
| CTA/TAG       | 7            | 0,3               |
| ACT/AGT       | 6            | 0,2               |
| AAT/ATT       | 5            | 0,2               |
| TAT/ATA       | 4            | 0,2               |
| TAC/GTA       | 3            | 0,1               |
| <b>TOPLAM</b> | <b>2536</b>  | <b>100</b>        |

Kodlayan sekansların GC içeriğinin genomun tamamına kıyasla yüksek olduğu bilinmektedir ve bu çalışmada, *O.vulgare* transkriptomik SSR'larında en sık rastlanan motiflerin GC içeriği yüksek motifler olduğu görülmektedir (Şekil 2 ve Tablo 1).

Tespit edilen tekrar lokusları markör geliştirme analizlerinde kullanılmıştır. Toplam 2536 adet potansiyel polimorfik tekrar lokusu için 1731 adet markör geliştirilmiştir. Bu markörler, 2536 lokusun 2209 adedini kapsamaktadır. Markörler amplikon büyüklükleri 100 ve 300 bp arasında olacak şekilde dizayn edilmiştir. Bu boyut aralığı gerek agaroz jel elektroforezi, gerekse yüksek çözünürlüklü kapiler elektroforez sistemlerinde analiz edilmeye uygundur. Her bir markör için birleştirilmiş transkriptomda hangi sekansta yer aldığı, primerlerin sekans üzerindeki konumları, amplikon uzunluğu, primer erime sıcaklıkları ve primer sekansları bir veri seti halinde Figshare veritabanında depolanarak <https://doi.org/10.6084/m9.figshare.27276600> adresinde erişime açılmıştır. Tablo 2'de 20 adet markör için primer sekansları ve amplikon uzunlukları verilmektedir. Çalışma kapsamında geliştirilen sekans-spesifik genik SSR markörleri, ülkemizin gen merkezi olduğu ve, önemli tıbbi ve aromatik bitkiler arasında yer alan *Origanum* türlerinde moleküler düzeyde gerçekleştirilecek genotip tanımlama, germplazm karakterizasyonu vb. çalışmalar için gerekli moleküler araçları oluşturacaktır.

**Tablo 2.**

*SSR Markörü Çoğaltan Primer Sekansları ve Markör Amplikon Uzunlukları.*

| Markör | Primer-F (5'>3')     | Primer-R (5'>3')       | Amplikon<br>Büyüklüğü (bp) |
|--------|----------------------|------------------------|----------------------------|
| >MK1   | TGCAGCCAATACGATTCTCA | TCATCAAGCTCATCCCTTC    | 120                        |
| >MK2   | AGGAGCAGGTTGTGGATGAC | CTCCTTCTCCCTCCTTGCTT   | 156                        |
| >MK3   | AGGAGCAGGTTGTGGATGAC | ACACCGGTACCTTCGATCAC   | 223                        |
| >MK4   | TCGGAGAGGAATCGAAAAGA | ACATCTCGGAGGCTGAGGTA   | 132                        |
| >MK5   | TTGACCTTTGCCATCATTCA | ACGGCTTCTACACGAATTG    | 152                        |
| >MK6   | GAGAGGGGAGGTGAAAATCC | CAACTGAAACAGAAACAGCACA | 236                        |
| >MK7   | TACTTCCCTCCCCAGAATCC | CTTGACGAAGGGCAAGTCTC   | 211                        |
| >MK8   | TTTACAACCCAACCCAAAT  | ATGGCTTCCCTTCTTTTGT    | 265                        |
| >MK9   | CATCAGCCCTCTCATCCAAT | CACGTGTGGCATCAAAGAAC   | 249                        |
| >MK10  | CTCTGGAGCTTCTGCTTTCG | TGGAGCCTTTCGATGATTTC   | 237                        |
| >MK11  | CCAAACCCTACCGCCAAC   | CAGCCCTACCTCCCTAAACC   | 120                        |
| >MK12  | AATGCGATCCCTCAAGTG   | TGAAGACCTGGGCAGGATAC   | 241                        |
| >MK13  | TGCTGAAAACGCTAATCACG | CTCCGAATTGCCTCAAGAAG   | 252                        |
| >MK14  | CCCTCCAACAAAAGACCTCA | GGTTTTCGACCGTGTGACT    | 238                        |
| >MK15  | TCTAAGGCGACGGAAGAAGA | ACCGAAACAGCAAACCAGAG   | 249                        |
| >MK16  | ACCCTTCCCTTCCCTTTAT  | GTACTCCGACGCAGACGAA    | 216                        |
| >MK17  | ATCGCCATGGTCGTGATAA  | GTAGGGCGGAGACTCGATA    | 165                        |
| >MK18  | GTTGAAGAAACGGTGGTGGT | GCTTTCAATGCTCTCCTTGC   | 266                        |
| >MK19  | AGATCGCCGACAAAATTCAC | GAACACATCAGCAGCTTTGC   | 173                        |
| >MK20  | CGAAGCAGCATAAGGTGGAT | GAAAGTTGGAACGGCAAGAC   | 263                        |

## SONUÇ

Kekik (*Origanum vulgare* L.), önemli ve yüksek tanınırlığa sahip bir tıbbi ve aromatik bitki türü olup, Anadolu coğrafyası *Origanum* türlerinin büyük bölümü için gen merkezidir. Bu çalışmada en çok bilinen başlıca kekik türleri arasında yer alan *O. vulgare* L. ssp. *vulgare* transkriptom sekansı kullanılarak yüksek sayıda (1731 adet) sekans-spesifik genik SSR markörü geliştirilmiştir. Bitki transkriptomları üzerinden geliştirilen SSR markörlerinin peptid kodlayan ORF bölgelerini temsil etme potansiyeli yüksektir. Dolayısı ile bu markörlerin polimorfizm gösterdiği genotiplerde kodlanan peptidin de polimorfizm göstermesi olasılığı yüksek olmaktadır. Olgun mRNA'da belirlenen bir markör konumu ORF içine denk düşmeyip UTR (untranslated region/çevrilmeyen bölge) bölgelerde yer alsa dahi transkripsiyon hızı, translasyon etkinliği ve yanı sıra protein katlanmasına etki edebilmektedir. Bu

da kodlayan sekans bölgelerinde yer alan markörlerin kodlanan peptidi değiştirmeden de ilgili genin fonksiyonunda değişimlere yol açabilecekleri anlamına gelmektedir. Bu sebeple çalışma kapsamında geliştirilen markörlerin bir tıbbi ve aromatik bitki olan kekikte ‘fonksiyonel markör’ olarak metabolik karakterlerin ilişkilendirme analizlerinde kullanılma potansiyelleri yüksektir. Ayrıca bu markörlerin genetik çeşitliliğin moleküler düzeyde araştırıldığı çalışmalarda ‘ekspres edilen’ genetik farklılıklar için belirleyici olmaları beklenmektedir.

#### **Yazar Katkıları**

Tasarım/Design: Yazar 1 (%25) – Yazar 2 (%25) – Yazar 3 (%50)

Veri Toplama /Data Collection: Yazar 1 (%50) – Yazar 2 (%25) – Yazar 3 (%25)

Analiz ve yorum/Analysis or Interpretation: Yazar 1 (%50) – Yazar 2 (%20) – Yazar 3 (%30)

Literatür tarama/Literature Search: Yazar 1 (%60) – Yazar 2 (%20) – Yazar 3 (%20)

Yazma/Writing: Yazar 1 (%50) – Yazar 3 (%50)

#### **Finansman**

Yok.

#### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması belirtmemiştir.



## REFERANSLAR

- Alekseeva, M., Zagorcheva, T., Atanasov, I., & Rusanov, K. (2020). *Origanum vulgare* L.-a review on genetic diversity, cultivation, biological activities and perspectives for molecular breeding. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(6), 1183-1197.
- Alekseeva, M., Rusanova, M., Rusanov, K., & Atanasov, I. (2023). A set of highly polymorphic microsatellite markers for genetic diversity studies in the genus *Origanum*. *Plants*, 12, 824.
- Allam, N., Kıymacı, G., Kal, Ü. & Türkmen, Ö. (2022). Bazı nitelikli kapyra biber hatlarının TSWV'ne dayanım düzeylerinin belirlenmesi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(2), 62-66.
- Azizi, A., Wagner, C., Honermeier, B., & Friedt, W. (2009). Intraspecific diversity and relationship between subspecies of *Origanum vulgare* revealed by comparative AFLP and SAMPL marker analysis. *Plant Systematics and Evolution*, 281, 151-160.
- Bhagya, H. P., Kalyana Babu, B., Gangadharappa, P. M., Naika, M. B., Satish, D., & Mathur, R. K. (2020). Identification of QTLs in oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) using SSR markers through association mapping. *Journal of Genetics*, 99(1), 19.
- Bolger, A. M., Lohse, M., & Usadel, B. (2014). Trimmomatic: a flexible trimmer for Illumina sequence data. *Bioinformatics*, 30(15), 2114-2120.
- Bozdemir, Ç. (2019). Türkiye’de yetişen kekik türleri, ekonomik önemi ve kullanım alanları. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 29(3), 583-594.
- Bushmanova, E., Antipov, D., Lapidus, A., & Prjibelski, A. D. (2019). rnaSPAdes: a de novo transcriptome assembler and its application to RNA-Seq data. *GigaScience*, 8(9), giz100.
- Cartea, M. E., Picoaga, A., Soengas, P., & Ordás, A. (2003). Morphological characterization of kale populations from northwestern Spain. *Euphytica*, 129, 25-32.
- Çetin, A., Uncu, A.T. & Turkmen, O. (2021). Determination of genetic diversity and BCMV and BCMNV tolerance with molecular methods on some bean genotypes. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-45.
- Dal, Y., & Türkmen, Ö. (2022). Determination of some morphological features of spinach populations. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 12-24.
- Haas, B. J., Papanicolaou, A., Yassour, M., Grabherr, M., Blood, P. D., Bowden, J., ... & Regev, A. (2013). De novo transcript sequence reconstruction from RNA-seq using the Trinity platform for reference generation and analysis. *Nature Protocols*, 8(8), 1494-1512.
- Helsen, K., Jacquemyn, H., Hermy, M., Vandepitte, K., & Honnay, O. (2013). Rapid buildup of genetic diversity in founder populations of the gynodioecious plant species *Origanum vulgare* after semi-natural grassland restoration. *PLoS One*, 8(6), e67255.
- Hodel, R. G., Gitzendanner, M. A., Germain-Aubrey, C. C., Liu, X., Crawl, A. A., Sun, M., ... & Soltis, P. S. (2016). A new resource for the development of SSR markers: millions of loci from a thousand plant transcriptomes. *Applications in Plant Sciences*, 4(6), 1600024.
- Islam, A. F., & Blair, M. W. (2018). Molecular characterization of mung bean germplasm from the USDA core collection using newly developed KASP-based SNP markers. *Crop Science*, 58(4), 1659-1670.
- Jasrotia, R. S., Yadav, P. K., Iquebal, M. A., Bhatt, S. B., Arora, V., Angadi, U. B., ... & Kumar, D. (2019). VigSatDB: Genome-wide microsatellite DNA marker database of three species of *Vigna*

- for germplasm characterization and improvement. *Database*, baz055.
- Jedrzejczyk, I. (2018). Study on genetic diversity between *Origanum* L. species based on genome size and ISSR markers. *Industrial Crops and Products*, 126, 201-207.
- Karcı, H. & Kafkas, S. (2024). Impact of mark duplicate reads during variant calling in next generation sequencing (NGS) data of *Pistacia vera* L. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1), 11-18.
- Katsiotis, A., Nikoloudakis, N., Linos, A., Drossou, A., & Constantinidis, T. (2009). Phylogenetic relationships in *Origanum* spp. based on rDNA sequences and intra-genetic variation of Greek *O. vulgare* subsp. *hirtum* revealed by RAPD. *Scientia Horticulturae*, 121(1), 103-108.
- Li, Y. C., Korol, A. B., Fahima, T., & Nevo, E. (2004). Microsatellites within genes: structure, function, and evolution. *Molecular Biology and Evolution*, 21(6), 991-1007.
- Li, W., & Godzik, A. (2006). Cd-hit: a fast program for clustering and comparing large sets of protein or nucleotide sequences. *Bioinformatics*, 22(13), 1658-1659.
- Mechergui, K., Jaouadi, W., Bekele, W. A., Khouja, M. L., & Friedt, W. (2017). Genetic structure and differentiation among oregano [*Origanum vulgare* subsp. *glandulosum* (Desf.) Ietswaart] provenances from North Africa: bioinformatic approaches cause systematic bias. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 64, 717-732.
- Metzgar, D., Bytof, J., & Wills, C. (2000). Selection against frameshift mutations limits microsatellite expansion in coding DNA. *Genome Research*, 10(1), 72-80.
- Morgante, M., Hanafey, M., & Powell, W. (2002). Microsatellites are preferentially associated with nonrepetitive DNA in plant genomes. *Nature Genetics*, 30(2), 194-200.
- Novak, J., Lukas, B., Bolzer, K., Grausgruber-Gröger, S., & Degenhardt, J. (2008). Identification and characterization of simple sequence repeat markers from a glandular *Origanum vulgare* expressed sequence tag. *Molecular Ecology Resources*, 8(3), 599-601.
- Sa, K. J., Park, H., Jang, S. J., & Lee, J. K. (2023). Association mapping of amylose content in maize RIL population using SSR and SNP markers. *Plants*, 12(2), 239.
- Santos, R. C., Pires, J. L., & Correa, R. X. (2012). Morphological characterization of leaf, flower, fruit and seed traits among Brazilian *Theobroma* L. species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 59, 327-345.
- Shukla, R. P., Tiwari, G. J., Joshi, B., Song-Beng, K., Tamta, S., Boopathi, N. M., & Jena, S. N. (2021). GBS-SNP and SSR based genetic mapping and QTL analysis for drought tolerance in upland cotton. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 27(8), 1731-1745.
- Uncu, A. Ö., Gultekin, V., Allmer, J., Frary, A., & Doganlar, S. (2015). Genomic simple sequence repeat markers reveal patterns of genetic relatedness and diversity in sesame. *The Plant Genome*, 8(2), plantgenome2014-11.
- Wang, X., & Wang, L. (2016). GMATA: an integrated software package for genome-scale SSR mining, marker development and viewing. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1350.
- Yeo, S., Lee, M., Wang, L., Endah, S., Alhuda, N. A., & Yue, G. H. (2023). Microsatellite analysis of genetic diversity and relationships in 1027 sugarcane accessions. *Sugar Tech*, 25(5), 1082-1091.

# Konya Bölgesinde Kısıtlı Tamamlayıcı Sulamanın Ekmeklik Buğdayın Un Verimine Etkisi

Mehmet Ali DÜNDAR<sup>1\*</sup>  Ramazan TOPAK<sup>2</sup> 

<sup>1</sup> Tarım ve Orman Bakanlığı, Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Konya, Türkiye

<sup>2</sup> Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya, Türkiye

## Makale Bilgisi

**Geliş Tarihi:** 25.11.2024  
**Kabul Tarihi:** 16.06.2025  
**Yayın Tarihi:** 30.06.2025

## Anahtar Kelimeler:

Ekmeklik buğday,  
Tamamlayıcı sulama,  
Un verimi,  
Su tasarrufu.

## ÖZET

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de buğday (*Triticum aestivum* L.), yaygın olarak yetiştirilen önemli bir tarım ürünü olmasının yanı sıra büyük bir ekonomik değerdir. Yetiştirme dönemindeki sınırlı yağış, Konya Ovası'nda yarı kurak iklim koşulları altında yetiştirilen ekmeklik buğdayın verim ve kalite değerlerini olumsuz etkilemektedir. Optimum tane veriminin yanı sıra kaliteli üretim yapılabilmesi için sulama zorunludur. Fakat bölgede su kaynakları oldukça sınırlıdır ve dolayısıyla su tasarrufu sağlayan sulama stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu amaçla, ekmeklik buğdayın kritik gelişme dönemlerine (sapa kalkma, başaklanma ve süt olum) bağlı farklı tamamlayıcı sulama stratejilerinin buğdayın un verimine etkisini belirlemek için Konya'da iki yıllık bir tarla denemesi yürütülmüştür. Deneme biri sulamasız, üçü toprak nemine bağlı ve dokuzu sabit miktarlarda (50, 70 ve 90 mm) sulama suyu uygulanan toplam 13 konudan oluşmuştur. Elde edilen sonuçlar, en yüksek un verimlerinin, buğdayın üç kritik gelişme döneminde sulandığı konulardan ve en düşük un veriminin ise yağışa bağlı konudan elde edildiğini göstermiştir. Tamamlayıcı sulama stratejilerinin buğday un verimi üzerinde önemli etkisinin olduğu, ancak 321 mm (%71.2) ile 150 mm (%70.3) sulama uygulamalarının un verimleri arasında çok büyük bir fark olmadığı belirlenmiştir. Bu denemenin sonuçları, buğdayda optimum un veriminin, buğdayın sapa kalkma, başaklanma ve süt olum dönemlerinde, her bir dönemde tam sulama yerine 50 mm, toplamda 150 mm sulama suyu uygulanan kısıtlı tamamlayıcı sulama ile sağlanabileceğini göstermiştir. Böylelikle tam sulama konusuna göre sulama suyu un üretkenliği (IWP<sub>Un</sub>) %79.6 düzeyinde artırılmıştır. Ayrıca, su tasarrufu sağlayan sulama stratejileriyle sulu tarım arazilerinde daha fazla buğday tarımı yapılmasının teşvik edilmesi, dünyanın en büyük un ihracatçısı olan ülkemizin un üretiminin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

## Effect of Limited Supplemental Irrigation on Flour Yield of Bread Wheat in Konya Region

## Article Info

**Received:** 25.11.2024  
**Accepted:** 16.06.2025  
**Published:** 30.06.2025

## Keywords:

Bread wheat,  
Supplemental irrigation,  
Flour yield,  
Water saving.

## ABSTRACT

Limited rainfall during the growing season negatively affects yield and quality values of bread wheat grown under semi-arid climate conditions in Konya Plain. Irrigation is a must for optimum grain yield and quality production. However, water resources are quite limited in the region and therefore water-saving irrigation strategies are needed. For this purpose, a two-year field experiment was conducted in Konya to determine the effects of different supplemental irrigation strategies based on critical development stages (Stem elongation, heading and milk stage) of bread wheat on flour yield of wheat. The experiment consisted of a total of 13 plots, one of which was non-irrigated (rainfall), three of which were dependent on soil moisture and nine of which were applied fixed amounts (50, 70 and 90 mm) of irrigation water. The results obtained showed that the highest flour yields were obtained from the applications where wheat was irrigated during the three critical development stages and the lowest flour yield was obtained from the application based on rainfall. It was determined that supplemental irrigation strategies had a significant effect on wheat flour yield, but there was no significant difference between the flour yields of 321 mm (71.2%) and 150 mm (70.3%) irrigation applications. The results of this experiment showed that optimum flour yield in wheat could be achieved with deficit supplemental irrigation, where 50 mm of irrigation water was applied in each stage instead of full irrigation, and 150 mm in total, during the stages of wheat stem elongation, heading and milk stage.

## Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Dündar, M. A., & Topak, R. (2025). Başlığı tümce düzeninde ekleyiniz. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), 10-21. <https://doi.org/10.54498/ETBD.2025.38>

\*Sorumlu Yazar: Mehmet Ali Dündar, [mehmetali.dundar@tarimorman.gov.tr](mailto:mehmetali.dundar@tarimorman.gov.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## GİRİŞ

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de buğday (*Triticum aestivum* L.), yaygın olarak yetiştirilen önemli bir tarım ürünü olmasının yanı sıra büyük bir ekonomik değerdir. Buğday, farklı çevre koşullarına adapte olabilmesi, kolay yetiştirilmesi ve depolanabilmesine ek olarak toplumların sahip oldukları beslenme alışkanlıkları nedeniyle bitkisel ürünler arasında önemli bir yere sahiptir (Dizlek ve ark., 2013). Dünyada ve ülkemizde temel gıda maddesi olan ekmeğin yanı sıra buğday bazlı gıda maddeleri, özellikle gelişmekte olan ülkelerde insanların enerji ihtiyacının büyük bir kısmını karşılaması dolayısıyla, buğday tarımı ve ticareti büyük bir önem taşımaktadır (DESMÜD, 2024). Dünya’da 2022-2023 üretim sezonunda 804 milyon ton buğday üretimi ve 208 milyon ton buğday ticareti olduğu bildirilmiştir (TMO, 2024). Ülkemizde 2023 yılı verilerine göre, yaklaşık 4.3 milyon hektarı kuru tarım arazilerinde, 1.3 milyon hektarı ise sulu tarım arazilerinde olmak üzere toplam 5.6 milyon ha alanda ekmeklik buğday tarımı yapılmıştır. Bu alandan yaklaşık 17.7 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Bu üretimin yaklaşık %68’i (12.1 milyon ton) kuru tarım arazilerinden elde edilirken, %32’si (5.6 milyon ton) sulu tarım arazilerinden elde edilmiştir. Konya ilinde Türkiye’nin ekmeklik buğday üretiminin yaklaşık %9’u üretilmektedir. Dolayısıyla, Türkiye’de önemli bir tarımsal üretim alanı olan Konya’da buğday ana tarımsal üründür. 2023 yılı verilerine göre, Konya’da 400 bin ha alanda buğday tarımı yapılmış ve yaklaşık 1.6 milyon ton üretim gerçekleştirilmiştir. Buğday tarımı yapılan alanın yaklaşık %63’ü (250 bin ha) kuru tarım, %37’si (150 bin ha) ise sulu tarım arazileridir (TÜİK, 2024). Bu verilerden de anlaşılacağı gibi ülkemizde ve Konya bölgesinde buğday üretimi büyük oranda kuru tarım arazilerinde yapılmaktadır.

Küresel iklim değişikliğinin etkileri altında buğday kalitesinin korunması, gıda arzı ve buğdayın emtia değeri için kritik öneme sahiptir. İklim değişikliğiyle ilişkili olarak buğday üretiminde artan çevresel stres, buğday üretiminin hem verimini hem de kalitesini etkileyecektir (Nuttall ve ark., 2017). Buğday kalitesi, hasat sonrası işleme ve pazarlama endüstrisinin girdi maliyetini en aza indirmesi ve karı maksimize etmesi için önemli ve karmaşık bir kavramdır. Yanı sıra, buğday değer zincirindeki paydaşlar tarafından farklı şekilde tanımlanabilen oldukça göreceli bir kavramdır. Buğday kalitesi, buğdayı yetiştiren çiftçi, ticaretini yapan tüccar, öğüten değirmenci ve son ürün olarak işleyen gıda sanayisi için farklı anlamlar ifade edebilmektedir (Bilgiçli ve Soylu, 2016). Buğday kalitesi, çiftçi açısından yüksek tane verimi ve satış fiyatı iken, tüccar için safiyeti, protein içeriği, bin tane ağırlığı ve hektolitresi yüksek ürün demektir. Değirmen endüstrisi için kalite, yüksek un verimi, düşük enerji sarfiyatı ile yüksek öğütme verimliliği ve düşük eleme kayıplarıdır. Buğdayı son ürüne işleyen gıda sanayisi için ise kalite, işlediği ürünün en uygun; fiziksel, kimyasal, fizikokimyasal ve reolojik özelliklere sahip olmasıdır (Elgün ve Ertugay, 1992).

Buğdayın ununun tekniğine uygun, hijyenik şartlarda üretimi ve piyasaya arzında taşınması gereken özelliklerini belirleyen Türk Gıda Kodeksi Buğday Unu Tebliği’ne (Tebliğ no: 2013/9) göre buğday unu; yabancı madde, tat ve koku içermez, kendine özgü renk ve görünüşü vardır. İlgili tebliğe göre ekmeklik buğday ununun bazı kimyasal özellikleri ise, %14.5 nem, protein en az %10.5 ve asitlik en çok %0.07 olarak belirlenmiştir. Yine Türk Gıda Kodeksi Ekmek ve Ekmek Çeşitleri Tebliği’ne (Tebliğ no: 2012/2) göre ise bir ekmek en az 250 g ağırlığında olmalıdır. Günde 200 g ekmek tüketildiğinde bir insan için gerekli olan enerjinin ortalama olarak %35’i, lif ihtiyacının %55’i, protein ihtiyacının %25’i ve B1 vitamininin %66’sı karşılanmaktadır. Yanı sıra; çinko, demir, fosfor, magnezyum, sodyum, potasyum, bakır, A, E, B1, B2, B6 vitaminleri ve niasin gibi insanlar için yaşamsal olan besin kaynakları karşılanmış olacaktır (TUSAF, 2024). Dolayısıyla temel gıda maddesi olan ekmek başta olmak üzere birçok gıdanın hammaddesi olan buğday unu, insanların beslenmesinde önemli bir yer tutmaktadır.

Temel gıda maddesi olan un aynı zamanda önemli bir ticari üründür. Ülkemizin yıllık toplam

öğütme kapasitesi 30.1 milyon ton olup 2022 yılı un üretimi yaklaşık 10.8 milyon ton olarak bildirilmiştir (TOBB, 2023; TÜİK, 2024). Buna göre üretimde, öğütme kapasitesinin yaklaşık 3'te 1'i kullanılmıştır. Bu üretim kapasitesi ile iç piyasa talebinin karşılanması yanı sıra önemli miktarda ihracat potansiyeline ulaşılmıştır. Ülkemizde son 10 yılda un ihracatı %60 artmış ve Türkiye un ihracatında Dünya 1.'si olmuştur. Ülkemiz 2023 yılında 160 ülke, 6 serbest bölgeye, 3.6 milyon ton un ihraç ederek 1.5 milyar dolar ihracat geliri elde etmiştir (TUSAF, 2024; TÜİK, 2024).

Konya yöresinde kışlık buğdayın mevsimlik su tüketimi ortalama olarak 545 mm iken (Anonim, 2017), uzun yıllar yağış ortalamasının 326 mm civarında (MBM, 2021) ve yıl içinde düzensiz dağılması, dolayısıyla buğday tarımında tane verimini artırmak için sulamayı zorunlu kılmaktadır. Ancak bölgenin su kaynakları da oldukça sınırlıdır. Konya'da toplam tarım arazisinin yaklaşık %32'si (590 bin ha) sulanmaktadır. Bu arazinin %64'ü (377 bin ha) devlet sulaması, %36'sı (213 bin ha) ise halk sulamasıdır (DSİ, 2021).

Yetiştirme dönemindeki sınırlı yağış, Konya'da yarı kurak iklim koşulları altında yetiştirilen ekmeklik buğdayın verim ve kalite değerlerini olumsuz etkilemektedir. Optimum tane veriminin yanı sıra kaliteli ürün elde edebilmek için sulama zorunludur. Fakat bölgede su kaynakları oldukça sınırlıdır. Dolayısıyla su tasarrufu sağlayan sulama stratejilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, ekmeklik buğdayın kritik gelişme dönemlerine dayalı farklı tamamlayıcı sulama stratejilerinin buğdayın un verimine etkisi araştırılmıştır.

## MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma Konya'da 2018/2019 ve 2019/2020 üretim sezonlarında yürütülmüştür. Denemeler Konya Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü'nün merkez arazisinde, her iki üretim sezonunda farklı parselde kurulmuştur. Konya ili 36° 41' ve 39° 16' kuzey enlemleri, 31° 14' ve 34° 26' doğu boylamlarında yer almaktadır. Rakım 1016 m olup yarı kurak karasal iklim koşullarına sahiptir. Konya Meteoroloji Bölge Müdürlüğü (MBM) istasyonundan alınan uzun yıllar (1985-2020) ve Enstitü arazisinde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan; 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait ortalama, maksimum, minimum sıcaklık ve yağış değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü parsellere ait toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Çalışma alanı toprakları killi bünyeli ve 0-90 cm toprak profilinde kullanılabilir su tutma kapasitesi (TAW) iki üretim sezonu ortalaması 133.7 mm/90cm'dir. Arazide tuzluluk ve drenaj problemi yoktur.

**Tablo 1**

*Toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri*

| Yıl  | Derinlik (cm) | Kum (%) | Silt (%) | Kil (%) | Bünye Sınıfı | TK* (%) | SN** (%) | Hacim Ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> ) | pH   | EC (dSm <sup>-1</sup> ) | Kireç (%) | Organik Madde (%) |
|------|---------------|---------|----------|---------|--------------|---------|----------|-------------------------------------|------|-------------------------|-----------|-------------------|
| 2018 | 0-30          | 23.7    | 20.8     | 55.4    | C            | 27.0    | 17.9     | 1.3                                 | 7.70 | 0.76                    | 25.4      | 1.61              |
|      | 30-60         | 21.6    | 18.8     | 59.6    | C            | 32.3    | 20.0     | 1.27                                | 7.88 | 0.71                    | 29.1      | 0.66              |
|      | 60-90         | 19.6    | 18.8     | 61.7    | C            | 32.8    | 20.3     | 1.26                                | 7.90 | 0.72                    | 30.1      | 0.68              |
| 2019 | 0-30          | 26.4    | 20.8     | 52.8    | C            | 29.0    | 18.1     | 1.34                                | 7.75 | 0.84                    | 20.4      | 1.96              |
|      | 30-60         | 22.2    | 20.8     | 57.0    | C            | 31.6    | 19.6     | 1.30                                | 7.73 | 0.82                    | 21.0      | 1.15              |
|      | 60-90         | 20.1    | 22.9     | 57.0    | C            | 32.2    | 19.9     | 1.29                                | 7.57 | 0.88                    | 21.2      | 1.01              |

\*TK: Tarla kapasitesi, \*\*SN: Solma noktası

Denemede, Konya 2002 ekmeklik buğday çeşidi deneme materyali olarak kullanılmıştır. Konya 2002; kılçıklı, beyaz başaklı ve orta sert kırmızı taneli bir çeşittir (Ayrancı, 2012). Buğdayın tüm fenolojik gelişme dönemleri izlenmiştir. Buğdayın gelişme dönemlerinin (sapa kalkma, başaklanma ve



süt olum vb.) tespitinde, bunun için geliştirilen Zadoks skalası kullanılmıştır (Zadoks ve ark., 1974). Deneme arazisi birinci sınıf (pulluk) ve ikinci sınıf (kazayağı, kombi kürüm ve merdane) toprak işleme aletleri kullanılarak ekime hazır hale getirilmiştir. Tohum ekimi, mibzer ile dekara 20 kg ekim normunda, ilk yıl 19 Ekim, ikinci yıl ise 24 Ekim tarihinde yapılmıştır. Parseller ekimde; 2.60 m x 12 m = 31.2 m<sup>2</sup> ve hasatta 2.02 m x 10 m = 20.2 m<sup>2</sup>'dir. Parseller arasında 2.60 m ve bloklar arasında 4 m boşluk bırakılmıştır. Denemede gübreleme 16 kg/da azot (N) ve 10 kg/da fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) olacak şekilde, Diamonyumfosfat (DAP) (%18N-46P), üre (%46N) ve Amonyumsülfat (AS) (%21N) gübreleri ile yapılmıştır. Arazide; 452.42g/l (300 g.a.e./l) 2,4-D EHE + 6.25g/l Florasulam etken maddeli herbisit, 84 g/l Epoxiconazole ve 250 g/l Fenpropimorph etken maddeli Fungisit ve 250 g/l Cypermethrin etken maddeli İnsektisit ile gerekli zirai mücadele çalışması yapılmıştır. Hasat, parsel biçerdöveri ile birinci yıl 12 Temmuz, ikinci yıl 19 Temmuz tarihlerinde yapılmıştır.

**Tablo 2**

Uzun yıllar (1985-2020), 2018, 2019 ve 2020 yıllarına ait bazı meteorolojik veriler

| Yıllar     | Meteorolojik Veriler   | Aylar |       |      |       |       |         |        |         |       |      |       |        | Yıllık |
|------------|------------------------|-------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|--------|
|            |                        | Ocak  | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |        |
| 1985-2020* | Ortalama Sıcaklık (°C) | -0.3  | 1.2   | 5.8  | 11.1  | 15.7  | 20.4    | 24.0   | 23.9    | 19.3  | 13.1 | 6.0   | 1.5    | 11.8   |
|            | Maksimum Sıcaklık (°C) | 4.6   | 6.8   | 12.2 | 17.8  | 22.6  | 27.3    | 30.8   | 30.8    | 26.8  | 20.2 | 12.6  | 6.4    | 18.2   |
|            | Minimum Sıcaklık (°C)  | -4.0  | -3.4  | 0.1  | 4.6   | 8.9   | 13.5    | 17.0   | 17.0    | 12.0  | 6.6  | 0.6   | -2.3   | 5.9    |
|            | Yağış (mm)             | 34.6  | 23.5  | 27.3 | 33.6  | 39.6  | 25.9    | 7.2    | 5.9     | 15.3  | 30.7 | 38.5  | 43.6   | 325.6  |
|            | Ortalama Sıcaklık (°C) | 1.3   | 5.8   | 9.9  | 13.5  | 16.9  | 20.7    | 24.5   | 27.3    | 19.3  | 12.9 | 7     | 3.1    | 13.5   |
| 2018**     | Maksimum Sıcaklık (°C) | 12.9  | 18.8  | 24.8 | 27    | 28.8  | 32.9    | 34.4   | 34.1    | 33.3  | 25.4 | 19.9  | 13.5   | 25.5   |
|            | Minimum Sıcaklık (°C)  | -10.3 | -7.5  | -3.1 | -1.4  | 5.3   | 9.3     | 13.1   | 11.2    | 5.4   | -2.2 | -4.6  | -10.9  | 0.4    |
|            | Yağış (mm)             | 33.8  | 8.6   | 25.2 | 7.6   | 54.8  | 56      | 4.8    | 1.8     | 7.4   | 29.8 | 22.6  | 53.8   | 306.2  |
|            | Ortalama Sıcaklık (°C) | 0.5   | 4.1   | 6.4  | 11    | 18.5  | 21.2    | 22.4   | 22.7    | 18.5  | 15.1 | 7.9   | 2.9    | 12.6   |
|            | Maksimum Sıcaklık (°C) | 10.5  | 14.4  | 20.1 | 24.1  | 34.1  | 33      | 34.9   | 34.8    | 31.6  | 28.4 | 21.9  | 13.1   | 25.1   |
| 2019**     | Minimum Sıcaklık (°C)  | -16.8 | -4    | -6.4 | -0.4  | 2.9   | 8.2     | 10.1   | 10.9    | 2.3   | 2.4  | -3.2  | -3.9   | 0.2    |
|            | Yağış (mm)             | 56.6  | 22    | 14.4 | 27.3  | 13.2  | 30.4    | 6.2    | 7.8     | 9.6   | 14   | 39.6  | 89.2   | 330.3  |
|            | Ortalama Sıcaklık (°C) | 0.6   | 3.3   | 7.4  | 11    | 16.1  | 20.3    | 25.1   | 22.8    | 21.5  | 16.1 | 5.6   | 4.7    | 12.9   |
|            | Maksimum Sıcaklık (°C) | 10.8  | 18.8  | 21   | 24.3  | 33.8  | 33.2    | 35.8   | 35.5    | 37.3  | 30.7 | 17.5  | 14.4   | 26.1   |
|            | Minimum Sıcaklık (°C)  | -9.8  | -10.3 | -6.1 | -0.7  | 2.9   | 7       | 13.2   | 9.4     | 9.7   | 4.6  | -6.7  | -6.5   | 0.6    |
| 2020**     | Yağış (mm)             | 53    | 30.4  | 19.8 | 13.6  | 17    | 19.4    | 0      | 19.2    | 7.8   | 8.8  | 16.6  | 11.4   | 217.0  |

\*: Meteoroloji Bölge Müdürlüğü (MBM 2021), \*\*: Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü (TSCMAE 2020).

Çalışma Tesadüf Blokları Deneme Deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede toprak nemine dayalı tam tamamlayıcı sulama ile farklı seviyelerde kısıntılı tamamlayıcı sulama ve yağışa bağlı (susuz) konu olmak üzere üç farklı stratejide sulama programları oluşturulmuştur. Böylece toplam 13 deneme konusu planlanmıştır. Toprak nemine dayalı tam tamamlayıcı sulama konularında, buğdayın; sapa kalkma (SK), başaklanma (B) ve süt olum (SO) dönemlerinde sulama yapılması planlanmıştır. Bu şekilde 3 adet sulama programı oluşturulmuştur. Diğer tamamlayıcı sulama konularında ise buğdayın SK, B ve SO dönemlerinde eşit miktarlarda sulama yapılarak 9 adet kısıntılı tamamlayıcı sulama konusu oluşturulmuştur. Araştırma konuları Tablo 3'de verilmiştir.



**Tablo 3***Araştırma konuları*

| Konular         | Bitki büyüme dönemleri |            |          | Sulama sayısı | Toplam sulama suyu (mm) |
|-----------------|------------------------|------------|----------|---------------|-------------------------|
|                 | Sapa kalkma            | Başaklanma | Süt olum |               |                         |
| S <sub>1</sub>  | TK*                    | TK         | TK       | 3             | -                       |
| S <sub>2</sub>  | TK                     | TK         | -        | 2             | -                       |
| S <sub>3</sub>  | TK                     | -          | -        | 1             | -                       |
| S <sub>4</sub>  | 50                     | 50         | 50       | 3             | 150                     |
| S <sub>5</sub>  | 50                     | 50         | -        | 2             | 100                     |
| S <sub>6</sub>  | 50                     | -          | -        | 1             | 50                      |
| S <sub>7</sub>  | 70                     | 70         | 70       | 3             | 210                     |
| S <sub>8</sub>  | 70                     | 70         | -        | 2             | 140                     |
| S <sub>9</sub>  | 70                     | -          | -        | 1             | 70                      |
| S <sub>10</sub> | 90                     | 90         | 90       | 3             | 270                     |
| S <sub>11</sub> | 90                     | 90         | -        | 2             | 180                     |
| S <sub>12</sub> | 90                     | -          | -        | 1             | 90                      |
| S <sub>13</sub> | Yağışa bağlı (Susuz)   |            |          | -             | -                       |

\*TK: Tarla kapasitesi

Denemede S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> grubu konular, toprak nemine bağlı tam sulamanın yapıldığı konulardır. S<sub>1</sub> konusunda buğdayın; SK, B ve SO dönemlerinde, S<sub>2</sub> konusunda SK ve B dönemlerinde ve S<sub>3</sub> konusunda ise sadece SK döneminde toprak nemini tarla kapasitesi düzeyine ulaştıracak şekilde sulama yapılmıştır. S<sub>4</sub>, S<sub>7</sub> ve S<sub>10</sub> konularında, SK, B ve SO dönemlerinin her birinde konu sırasıyla 50, 70 ve 90 mm sulama yapılmıştır. S<sub>5</sub>, S<sub>8</sub> ve S<sub>11</sub> konularında, SK ve B dönemlerinin her birinde konu sırasıyla 50, 70 ve 90 mm sulama suyu uygulanmıştır. S<sub>6</sub>, S<sub>9</sub> ve S<sub>12</sub> konularında ise yalnızca SK döneminde konuya göre sırasıyla 50, 70 ve 90 mm sulama uygulanmıştır. Denemede S<sub>13</sub> konusunda ise sulama yapılmamıştır.

Tarla denemesinde damla sulama sistemi kullanılmıştır. Damlatıcı aralığı 0.3 m ve debisi 2 L/h olan 16 mm çaplı yuvarlak lateral borular parsellere 0.35 m aralıklarla yerleştirilmiştir. Sistem basıncı manometre ile takip edilmiştir. Toprak yüzeyinin tamamı ıslatıldığı için sulama suyu miktarını hesaplamada ıslatılan alan oranı %100 olarak kabul edilmiştir. Sulama suyu her parselde yerleştirilen debimetrelerden ölçülerek verilmiştir.

Denemede S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub> ve S<sub>3</sub> konularına uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde bitki gelişme dönemlerindeki toprak nem içeriği dikkate alınmıştır. Toprak nemi gravimetrik yöntemle belirlenmiş ve sulama suyu ihtiyacı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$I = \frac{FC - SM}{100} \times \gamma \times D_r \quad (1)$$

Eşitlikte; I: Sulama suyu miktarı (mm), FC: Tarla kapasitesi (g/g), SM: Toprak nemi (g/g),  $\gamma$ : Hacim ağırlığı (g/cm<sup>3</sup>), D<sub>r</sub>: Bitkinin etkili kök derinliği (mm).

Diğer tamamlayıcı sulama konularında (S<sub>4</sub>-S<sub>12</sub>), Tablo 3'te belirtilen sulama suyu miktarları uygulanmıştır.

Parsellere uygulanan sulama suyu miktarı aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$I_v = A \times D \quad (2)$$

Eşitlikte; I<sub>v</sub>: Sulama suyu miktarı (L), A: Parsel alanı (m<sup>2</sup>), D: Sulama suyu miktarı (mm).

Çalışma konularının dekardaki un verimleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$Y_{Un} = Y_T \times Y_f \quad (3)$$

Eşitlikte;  $Y_{Un}$ : Un verimi (kg/da),  $Y_T$ : Tane verimi (kg/da),  $Y_f$ : Un randımanı (%).

Deneme konularının sulama suyu un üretkenlikleri aşağıdaki eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır.

$$IWP_{Un} = \frac{Y_{Un} - Y_{Yb}}{I} \quad (4)$$

Eşitlikte;  $IWP_{Un}$ : Sulama suyu un üretkenliği (kg/m<sup>3</sup>),  $Y_{Un}$ : Sulama suyu uygulanan konunun un verimi (kg/da),  $Y_{Yb}$ : Yağışa bağlı konunun un verimi (kg/da),  $I$ : Sulama suyu (m<sup>3</sup>/da).

Arazide parsel biçerdöveri ile hasat edilen buğdaylardan alınan örnekler, AACC metot 26-95'e göre tavllanmış (%14.5 rutubet olacak şekilde) ve AACC metot 26-50'ye göre Brabender Junnior değirmende öğütülerek, deneme konularının un randımanları yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Committee, 2000).

Sulama konularının verileri varyans analizine tabi tutulmuş, sonrasında farklı grupları belirlemek için Tukey çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır (Yurtsever, 2011). Ayrıca faktörler arasındaki ilişkiyi belirlemek için Doğrusal Regresyon analizi yapılmıştır. İstatistik hesaplamalarında da anlamlılık düzeyi %5 alınarak SPSS (Versiyon 21) paket programı kullanılmıştır.

## BULGULAR

Konuların mevsimlik sulama suyu miktarları (I) iki yıl ortalaması olarak Tablo 4'te verilmiştir. Tablodan da görüldüğü gibi  $S_1$  ve  $S_{10}$  en çok sulama suyu uygulanan konular olmuştur. Bu konularda 3 dönemde (SK, B ve SO), toplam 321 ve 270 mm sulama yapılmıştır. Denemede,  $S_4$  ve  $S_7$  konuları toplamda 150 ve 210 mm ile üç dönemde de sulanan diğer konulardır. Buğdayın SK ve B dönemlerinde iki kez sulanan  $S_2$ ,  $S_5$ ,  $S_8$  ve  $S_{11}$  konularına, sırasıyla 201, 100, 140 ve 180 mm sulama suyu uygulanmıştır. Buğdayın SK döneminde bir kez sulanan  $S_3$ ,  $S_9$  ve  $S_{12}$  konularında ise sırasıyla; 80, 70 ve 90 mm sulama yapılmıştır. Denemede  $S_6$  konusu buğdayın SK döneminde 50 mm sulama ile en az sulama suyu uygulanan konu olmuştur.

**Tablo 4**

Konulara göre sulama suyu (I), sulama sayısı ve un randımanları (%)

| Konular                    | I (mm) | Sulama Sayısı | Un Randımanı |           | (%)                 |
|----------------------------|--------|---------------|--------------|-----------|---------------------|
|                            |        |               | 2018/2019    | 2019/2020 | Ortalama            |
| $S_1$                      | 321    | 3             | 71.7         | 70.8      | 71.2 <sup>a</sup>   |
| $S_2$                      | 201    | 2             | 69.0         | 69.0      | 69.0 <sup>bcd</sup> |
| $S_3$                      | 80     | 1             | 68.7         | 68.0      | 68.3 <sup>cde</sup> |
| $S_4$                      | 150    | 3             | 70.7         | 69.9      | 70.3 <sup>abc</sup> |
| $S_5$                      | 100    | 2             | 67.9         | 68.1      | 68.0 <sup>de</sup>  |
| $S_6$                      | 50     | 1             | 66.7         | 67.8      | 67.2 <sup>de</sup>  |
| $S_7$                      | 210    | 3             | 70.7         | 69.9      | 70.3 <sup>abc</sup> |
| $S_8$                      | 140    | 2             | 68.2         | 68.5      | 68.3 <sup>cde</sup> |
| $S_9$                      | 70     | 1             | 67.6         | 67.6      | 67.6 <sup>de</sup>  |
| $S_{10}$                   | 270    | 3             | 71.5         | 70.1      | 70.8 <sup>ab</sup>  |
| $S_{11}$                   | 180    | 2             | 68.3         | 68.9      | 68.6 <sup>cde</sup> |
| $S_{12}$                   | 90     | 1             | 68.2         | 68.0      | 68.1 <sup>de</sup>  |
| $S_{13}$                   | -      | -             | 66.5         | 67.3      | 66.9 <sup>e</sup>   |
| Standart Hata:             |        |               |              |           | 0.398               |
| $P_{Konular}$ :            |        |               |              |           | 0.0001              |
| $P_{Yıl}$ :                |        |               |              |           | 0.5575              |
| $P_{Konular \times Yıl}$ : |        |               |              |           | 0.6066              |

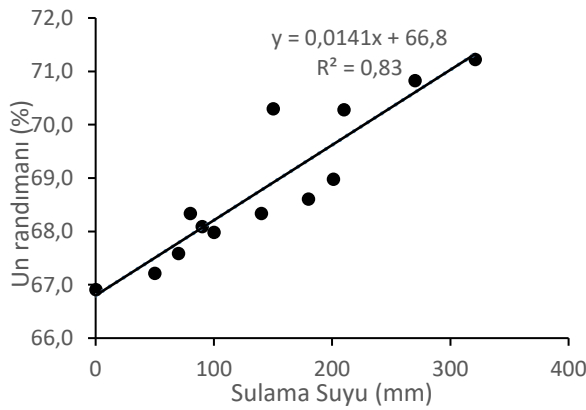
Sulama konularının iki yıllık ortalama un randımanlarına bakıldığında (Tablo 4), en yüksek un

randımanı  $S_1$  konusunda %71.2 olarak gerçekleşmiştir. En düşük un randımanı ise yağışa bağlı  $S_{13}$  konusunda %66.9 olmuştur. Un randımanı  $S_1$  konusundan sonra ikinci yüksek değer ile  $S_{10}$  konusu izlemiştir. Diğer tamamlayıcı sulama konularının un randımanları ise %67.2-%70.3 arasında değişmiştir. Şahin ve ark. (2016) yürütmüş oldukları uluslararası kışlık buğday projesi denemesinde yer alan 92 adet ekmeklik buğday hattının ortalama un randımanını %59.8 olarak tespit etmişlerdir. Benzer şekilde Evlice ve ark. (2016) 6 lokasyonda yürüttükleri 9 denemelik çalışmalarında, hat ve çeşitlere ait ortalama un randımanlarını sırasıyla; %67.4 ve %67.8 olarak belirlemişlerdir. Ayrıca İlgün ve Soylu (2019) 7 hat ve 3 standart çeşit ile sulu koşullarda yürüttükleri çalışmada un randımanlarının %63.65-%72.0 arasında değişim gösterdiğini belirlemişlerdir. Bir başka çalışmada, Tunca ve ark. (2020) kuru koşullardaki 20 hat ve 5 kontrol çeşidinin un randımanının %55-%60.4, sulu koşullardaki 20 hat ve 5 standart çeşidin un randımanının ise %51.1-%61.4 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Deneme konularının sulama suyu miktarları (I) değerleri ile un randımanları arasındaki ilişkinin fonksiyonel yapısını belirlemek için Doğrusal Regresyon analizi yapılmış ve regresyon denklemi ile düzeltilmiş  $R^2$  değeri Şekil 1’de verilmiştir. Buna göre, sulama konularının sulama suyu miktarlarının, konuların un randımanları üzerindeki etkisinin toplam varyansın %83’ünü açıkladığı gözlenmiştir.

### Şekil 1

Sulama suyu-un randımanı ilişkisi



Konuların dekara un verimleri ve sulama suyunun un üretkenlikleri ( $\text{kg/m}^3$ ) iki yıl ortalaması olarak Tablo 5’te verilmiştir.

**Tablo 5**

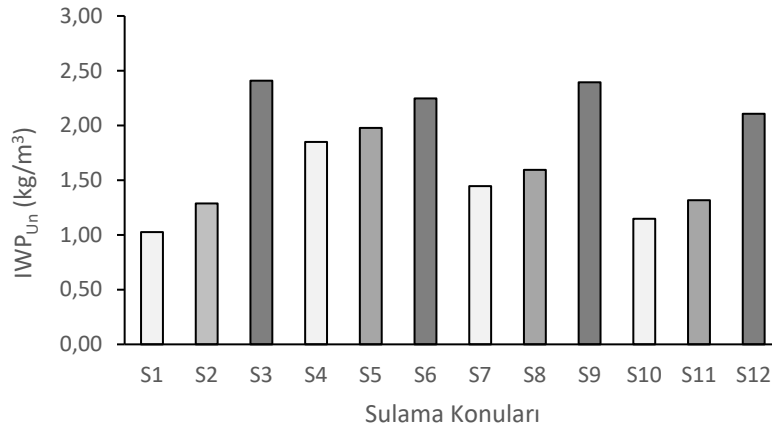
Konulara göre Un verimi ( $\text{kg/da}$ ) ve Sulama suyunun un üretkenlikleri ( $\text{kg/m}^3$ )

| Konular  | I (mm) | Un Verimi ( $\text{kg/da}$ )        |           |                     | IWP <sub>Un</sub> ( $\text{kg/m}^3$ ) |
|----------|--------|-------------------------------------|-----------|---------------------|---------------------------------------|
|          |        | 2018/2019                           | 2019/2020 | Ortalama            |                                       |
| $S_1$    | 321    | 564.7                               | 563.2     | 563.9 <sup>a</sup>  | 1.03                                  |
| $S_2$    | 201    | 493.1                               | 494.2     | 493.6 <sup>cd</sup> | 1.29                                  |
| $S_3$    | 80     | 428.0                               | 426.6     | 427.3 <sup>fg</sup> | 2.41                                  |
| $S_4$    | 150    | 510.6                               | 513.6     | 512.1 <sup>c</sup>  | 1.85                                  |
| $S_5$    | 100    | 431.4                               | 433.5     | 432.5 <sup>f</sup>  | 1.98                                  |
| $S_6$    | 50     | 342.2                               | 351.9     | 347.0 <sup>h</sup>  | 2.25                                  |
| $S_7$    | 210    | 540.6                               | 536.0     | 538.3 <sup>b</sup>  | 1.45                                  |
| $S_8$    | 140    | 452.0                               | 463.8     | 457.9 <sup>e</sup>  | 1.59                                  |
| $S_9$    | 70     | 401.6                               | 403.0     | 402.3 <sup>g</sup>  | 2.39                                  |
| $S_{10}$ | 270    | 549.3                               | 539.7     | 544.5 <sup>ab</sup> | 1.15                                  |
| $S_{11}$ | 180    | 469.5                               | 474.0     | 471.8 <sup>de</sup> | 1.32                                  |
| $S_{12}$ | 90     | 423.9                               | 424.7     | 424.3 <sup>fg</sup> | 2.11                                  |
| $S_{13}$ | -      | 232.2                               | 237.3     | 234.7 <sup>i</sup>  | -                                     |
|          |        | Standart Hata: 5.103                |           |                     |                                       |
|          |        | P <sub>Konular</sub> : 0.0001       |           |                     |                                       |
|          |        | P <sub>Yıl</sub> : 0.5544           |           |                     |                                       |
|          |        | P <sub>Konular x Yıl</sub> : 0.9877 |           |                     |                                       |

Deneme sonuçlarına göre dekara un verimi en yüksek konu (563.9 kg/da), buğdayın sapa kalkma (SK), başaklanma (B) ve süt olum (SO) dönemlerinde, her bir dönemde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S<sub>1</sub> konusundan elde edilmiştir. Bu konunun sulama suyu un üretkenliği 1.03 kg/m<sup>3</sup> olmuştur (Şekil 2). Dekara un verimi en düşük konu ise (234.7 kg/da) yağışa bağlı S<sub>13</sub> konusu olmuştur. Un verimi ikinci en yüksek konu (544.5 kg/da) S<sub>10</sub> konusu olmuş, bu konuda sulama suyu un üretkenliği 1.15 kg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Denemede un verimleri en yüksek olan konuları (S<sub>1</sub> ve S<sub>10</sub>), sırasıyla; 538.3 ve 512.1 kg/da un verimi ile S<sub>7</sub> ve S<sub>4</sub> konuları izlemiştir. Bu iki konunun sulama suyu un üretkenlikleri sırasıyla; 1.45 ve 1.85 kg/m<sup>3</sup> olarak gerçekleşmiştir. Diğer konuların dekara un verimleri 347.0 kg/da ile 493.6 kg/da arasında değişmiş ve sulama suyu un üretkenlikleri ise 1.29 kg/m<sup>3</sup> ile 2.41 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir.

## Şekil 2

Konuların sulama suyu un üretkenlikleri değişimi



## TARTIŞMA VE SONUÇ

Deneme sonuçlarına göre en yüksek un randımanı (%71.2), buğdayın sapa kalkma (SK), başaklanma (B) ve süt olum (SO) dönemlerinde, her bir dönemde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı S<sub>1</sub> konusundan elde edilmiştir. Bu konuya toplam 321 mm sulama uygulanmıştır. Un randımanı S<sub>1</sub> konusunu ikinci yüksek değer (%70.8) ile S<sub>10</sub> konusu izlemiştir. Bu konuda buğdayın SK, B ve SO dönemlerinde, her bir dönemde 90 mm sulama suyu uygulanmış ve toplamda 270 mm sulama yapılmıştır. Bu iki konuyu %70.3 un randımanı ile S<sub>4</sub> ve S<sub>7</sub> konuları izlemiştir. Bu iki konuya ise buğdayın SK, B ve SO dönemlerinde, her bir dönemde sırasıyla; 50 mm ve 70 mm sulama suyu uygulanmış ve toplamda sırasıyla; 150 mm ve 210 mm sulama yapılmıştır. Bu sonuçlarına göre sulama suyu miktarı arttıkça un randımanı artmıştır. Day ve Barmore (1971) buğdayın herhangi bir büyüme dönemindeki su stresinin un verimini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Ayrıca yapılan bir çalışmada kışlık buğdayın tüm büyüme dönemi boyunca 2-3 kez sulanması gerektiği bildirilmiştir (Yang ve ark., 2004).

Denemenin; S<sub>1</sub>, S<sub>10</sub>, S<sub>4</sub> ve S<sub>7</sub> konularının un randımanları istatistiki olarak farklı gruba girmiş olsalar da aralarında çok büyük farklar oluşmamıştır (%71.2 - %70.3). Özellikle S<sub>4</sub> ve S<sub>7</sub> konularının un randımanları (%70.3) aynı iken, S<sub>4</sub> konusunda S<sub>7</sub> konusuna göre 60 mm daha az sulama suyu kullanılmıştır. Dolayısıyla S<sub>4</sub> uygulaması, S<sub>7</sub> konusuna göre su tasarrufu açısından avantaj sağlamıştır. Yine S<sub>4</sub> konusuna, S<sub>1</sub> (%71.2) konusuna göre 171 mm, S<sub>10</sub> (%70.8) konusuna göre ise 120 mm daha az sulama suyu uygulanarak, S<sub>1</sub>, S<sub>10</sub> ve S<sub>7</sub> konularına göre sırasıyla; %53, %44 ve %29 su tasarrufu sağlamıştır. Bu koşullarda S<sub>4</sub> konusu, S<sub>1</sub>, S<sub>10</sub> ve S<sub>7</sub> konularına göre ön plana çıkmaktadır. Zira S<sub>4</sub> konusu uygulandığında 60 ila 171 mm su kazancı sağlanacaktır. Güler (2001) ekmeklik buğdayın belirli gelişme

dönemlerindeki su stresinin bazı kalite özelliklerine etkisini araştırmıştır. Çalışmada, 300 mm sulama suyu uygulanan konuda un randımanını iki yıl ortalaması olarak %72.03, 225 mm sulama suyu uygulanan konuda %71.32 ve 150 mm sulama suyu uygulanan konuda %70.1 olarak tespit etmiştir. Çalışma sonucuna göre un randımanları arasında çok büyük farklar oluşmamış, tam su konusuna göre kısıt uygulanan konularda 75 ila 150 mm daha az sulama suyu kullanılmıştır.

Sulama konularının dekara un verimleri ve sulama suyu un üretkenliklerine baktığımızda ise, S<sub>4</sub> konusu diğer konulara (S<sub>1</sub>, S<sub>10</sub> ve S<sub>7</sub>) göre yine ön plana çıkmaktadır. Örneğin, S<sub>1</sub> konusunda dekara 563.9 kg un elde edilirken, 1 m<sup>3</sup> sulama suyu ile sadece 1.03 kg un elde edilebilmiştir. Yine S<sub>10</sub> konusundan dekarda 544.5 kg un elde edilirken, 1 m<sup>3</sup> sulama suyu ile 1.15 kg un elde edilmiş, S<sub>7</sub> konusunda ise dekarda 538.3 kg, 1 m<sup>3</sup> sulama suyu ile de 1.45 kg un elde edilebilmiştir. Her ne kadar dekara un verimi bu konulara göre düşük olsa da (512.1 kg) S<sub>4</sub> konusunda 1 m<sup>3</sup> sulama suyu ile 1.85 kg un elde edilmiştir. Böylece, S<sub>4</sub> konusu; S<sub>1</sub>, S<sub>10</sub> ve S<sub>7</sub> konularına göre sulama suyunun un üretkenliğini sırasıyla; %79.6, %60.9 ve %27.6 artırmıştır. Zeng ve ark. (2021) buğdayın kardeşlenme ve sapa kalkma aşamalarında yapılan iki kısıntılı sulamanın, kışlık buğdayın önemli büyüme dönemlerinde su stresini hafifleterek verim ve sulama suyu üretkenliği (IWP)'nin artmasına katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Denemenin yağışa bağlı konusunda (S<sub>13</sub>) dekara un verimi 234.7 kg/da olarak belirlenirken, denemenin tam su konusunda (S<sub>1</sub>) un verimi 563.9 kg/da olarak en yüksek değeri almıştır. Buna göre, buğdayın sapa kalkma (SK), başaklanma (B) ve süt olum (SO) dönemlerinde, her bir dönemde toprağın mevcut neminin tarla kapasitesine tamamlandığı tam su konusu, yağışa bağlı susuz konuya göre un verimini %140 artırmıştır. Ayrıca S<sub>4</sub>, S<sub>7</sub> ve S<sub>10</sub> konuları yağışa bağlı konuya (S<sub>13</sub>) göre un verimini sırasıyla; %118, %129 ve %132 artırmıştır. Buradan hareketle, sulu tarım arazilerinde buğday tarımının yaygınlaştırılması ile ülkemizin un üretimini artırmak mümkündür. Son 10 yıldır dünyanın en büyük un ihracatçısı olan ülkemizin un üretiminin artırılması ile daha fazla istihdam ve döviz girişi sağlanacaktır.

Bu sonuçlar dikkate alındığında, Konya ve benzer yarı kurak iklim koşullarına sahip bölgelerde, buğdayın SK, B ve SO dönemlerinde, her bir dönemde 50 mm ve toplamda 150 mm sulama suyu uygulanması (S<sub>4</sub> konusu), buğdayda optimum un verimi için yeterlidir.

#### **Yazar Katkıları**

Tasarım: Yazar 1 (%60) – Yazar 2 (%40)

Veri Toplama veya veri girişi yapma: Yazar 1 (%90) – Yazar 2 (%10)

Analiz ve yorum: Yazar 1 (%60) – Yazar 2 (%40)

Literatür tarama: Yazar 1 (%90) – Yazar 2 (%10)

Yazma: Yazar 1 (%60) – Yazar 2 (%40)

#### **Finansman**

Yok

#### **Çıkar Çatışması**

Yazarlar çıkar çatışması belirtmemiştir.

#### **Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 4 Temiz Su ve Sanitasyon

6.4. 2030'a kadar bütün sektörlerde su kullanım etkinliğinin büyük ölçüde artırılması, su kıtlığı sorununu çözmek için sürdürülebilir tatlısu tedarikinin sağlanması ve su kıtlığından mustarip insan

sayısının önemli ölçüde azaltılması.

### **Teşekkür**

Bu makale Mehmet Ali DÜNDAR'ın Doktora tez çalışması kapsamında yürüttüğü tarla denemesi sonuçları kullanılarak üretilmiştir.



## REFERANSLAR

- Anonim (2017). Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri. Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM>
- Ayrancı R. (2012). Farklı Kuraklık Tiplerinde Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Fizyolojik, Morfolojik, Verim ve Kalite Özellikleri Yönüyle İslahta Kullanılabilecek Uygun Parametrelerin Belirlenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi*, Konya.
- Bilgiçli, N., Soylu, S. (2016). Buğday ve Un Kalitesinin Sektörel Açından Değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5 (2), 58-67.
- Committee, A. A. O. C. C. A. M. (2000). Approved methods of the American association of cereal chemists, Amer Assn of Cereal Chemists, p.
- Day A.D., Barmore, M.A. (1971). Effects of Soil-Moisture Stress on the Yield and Quality of Flour from Wheat (*Triticum aestivum* L.) *Agronomy Journal*, Vol. 63, January-February.
- DESMÜD (2024). Değirmen ve Sektör Makinaları Üreticileri Derneği. <https://www.desmud.org/>
- Dizlek, H., Özer, M. S., Gül, H., Dizlek, E., Özkan, H. (2013). 2002-2003 Ürün Yılında Çukurova Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü Arazilerinde Yetiştirilen 24 Farklı Buğday Çeşidinin Kalitatif Özelliklerinin Belirlenmesi, *Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 8, 34-50.
- DSİ (2021). Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. <https://www.dsi.gov.tr/>
- Elgün, A., Ertugay, Z. (1992). Tahıl İşleme Teknolojisi. Atatürk Üniversitesi Yayınları, Erzurum.
- Evlice, A.K., Pehlivan, A., Külen, S., Keçeli, A., Şanal, T., Karaca, K., Salantur, A. (2016). Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.) Genotiplerinde Ekmek Hacmi ve Bazı Kalite Parametreleri Arasındaki İlişkilerin İncelenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 25 (Özel sayı-1), 12-18.
- Güler, M. (2001). Ekmeklik Buğday (*Triticum aestivum* L.)'ın Belirli Gelişme Dönemlerindeki Su Stresinin Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7 (3), 21-28.
- İlgün, S.Y., Soylu, S. (2019). Orta Anadolu Bölgesi Sulu Şartları İçin Geliştirilmiş Bazı Ekmeklik Buğday Hatlarının Verim ve Kalite Performanslarının Değerlendirilmesi. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 8 (2): 232-238.
- MBM (2021). Uzun yıllar (1985-2020) ortalaması bazı meteorolojik veriler. Meteoroloji 8. Bölge Müdürlüğü kayıtları. Konya.
- Nuttall, J.G., O’Leary, G.J., Panozzo, J.F., Walker, C.K., Barlow, K.M., Fitzgerald, G.J. (2017). Models of grain quality in wheat-A review. *Field Crops Research*, 202 (2017) 136–145.
- TMO (2024). Toprak Mahsulleri Ofisi Genel Müdürlüğü. 86. Hesap Dönemi Faaliyet Raporu 2023. Mart 2024. <https://www.tmo.gov.tr/>
- TOBB (2023). Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği. Sanayi Veritabanı. <https://www.tobb.org.tr/Sayfalar/AnaSayfa.php>
- TŞÇMAE (2020). Toprak Su ve Çölleşme ile Mücadele Araştırma Enstitüsü, Meteoroloji İstasyonu kayıtları. Konya.
- Tunca, Z.Ş., Karaduman, Y., Topal, A., Önder, O., Akın, A., Belen, S., Dayıoğlu, R., Sönmez, A.C. (2020). Kuru ve Sulu Koşullarda Seçilmiş Yumuşak Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Bisküvilik Kalite Özelliklerinin Araştırılması. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, Türkiye 13. Ulusal, I.

Uluslararası Tarla Bitkileri Kongresi Özel Sayısı:1-7.

TUSAF (2024). Türkiye Un Sanayicileri Federasyonu. <https://www.tusaf.org/>

TÜİK (2024). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr>.

Şahin, M., Akçacık, A.G, Aydoğan, S., Hamzaoglu, S., Demir, B., Özdemir, F. (2016). Ekmeklik Buğday, Buğday Unu ve Kepek Protein Oranlarının Karşılaştırılması. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 5 (1), 22-27.

Yang, J., Zhang, J., Wang, Z., Xu, G., Zhu, Q. (2004). Activities of key enzymes in sucrose-to-starch conversion in wheat grains subjected to water deficit during grain filling. *Plant Physiol.* 135, 1621-1629.

Yurtsever, N. (2011). Deneysel istatistiksel yöntemler. Yayın No: 56:121. Toprak-Gübre ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsü.

Zadoks, J. C., Chang, T. T., Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *J. Weed research*, 14 (6), 415-421.

Zeng, R., Yao, F., Zhang, S., Yang, S., Bai, Y., Zhang, J., Wang, J., Wang, X. (2021). Assessing the effects of precipitation and irrigation on winter wheat yield and water productivity in North China Plain. *Agric. Water Manag.* 256, 107063.

# Determination Of The Suitable Nutrient Medium For the Immature Embryo Culture In Different Genotypes of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Ayşe Nuran ÇİL<sup>1\*</sup> Abdullah ÇİL<sup>3</sup> Hacer Burun<sup>2</sup> Zeynep Üçdağ<sup>1</sup> Rüştü Hatipoğlu<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute Directorate, Adana, Türkiye

<sup>2</sup> Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crops, Adana, Türkiye

<sup>3</sup> Biological Control Research Institute, Adana, Türkiye

| Article Info                                                                                                            | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Received:</b> 14.04.2025<br><b>Accepted:</b> 16.06.2025<br><b>Published:</b> 30.06.2025                              | Despite its adequacy in many agricultural products, Türkiye has a large deficit in vegetable oil production. For this reason, it is necessary to focus on the studies conducted on new oil crops that will contribute to vegetable oil production and be effective in eliminating our oil deficit. Safflower is one of the plants that make up this group. In this study, it was aimed to determine the most suitable nutrient medium in order to speed up the obtaining homozygote lines in the breeding programs of safflower through the immature embryo culture technique in different Safflower genotypes. The study was carried out at the Speed Breeding Center of the Eastern Mediterranean Agricultural Research Institute. In the study, five safflower genotypes (Line-1, Line-2, Line-3, Line-4 and Dinçer) and three media (MS, NN and B5) were tested. Immature embryos isolated 14 days after pollination from the seeds of plants grown under open field conditions were tested. Plant weight, plant root length, plant height and number of leaves per plant were investigated in the regenerated plants from the cultured embryos. The research findings showed that the average values of plant weight, plant root length, plant height, number of leaves per plantlet and regeneration rate varied as 0.15-0.28 g, 2.22-2.84 cm, 1.59-1.80 pieces, 1.35-1.59 cm, respectively, depending on the media. The averaged values of the mentioned characteristics varied as 0.14-0.27 g, 1.41-1.61 cm, 2.09-3.12, 1.53-1.82 pieces and 0.8-33.8% respectively, depending on the genotypes. Based on the research results, it was concluded that the immature embryo culture technique could be used to accelerate the obtainment of homozygous lines in safflower breeding, that the genotype and nutrient medium significantly affect the application efficiency of the technique, and that the nutrient medium to be used is dependent on the genotype. |
| <b>Keywords:</b><br>Safflower<br>( <i>Carthamus tinctorius</i> L.),<br>Embryo Culture,<br>Genotype,<br>Nutrient Medium. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |

## Farklı Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Genotiplerinde Olgunlaşmamış Embriyo Kültürü İçin Uygun Besi Ortamının Belirlenmesi

| Makale Bilgisi                                                                                        | ÖZET                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Geliş Tarihi:</b> 14.04.2025<br><b>Kabul Tarihi:</b> 16.06.2025<br><b>Yayın Tarihi:</b> 30.06.2025 | Türkiye, birçok tarımsal ürünlerdeki yeterliliğine karşın, bitkisel yağ üretiminde büyük açık vermektedir. Yağ bitkileri ve bitkisel yağ üretimimiz tüketimimizi karşılayamadığı için her yıl ham ve rafine yağ ile yağlı tohum küspesi olarak üç milyar doların üzerinde yağlı tohum ithalatı yapılmaktadır. Türkiye'nin bitkisel yağ açığı her geçen yıl ürkütücü boyutlarda artış göstermektedir. Oysa, Türkiye ekolojisi pek çok yağ bitkisi için geniş bir üretim potansiyeline sahiptir. Bu potansiyel harekete geçirilebilirse, Türkiye bitkisel yağ ithalatçısı ülkeler arasından sıyrılarak, kolaylıkla bitkisel yağ ihracatçısı ülkeler arasına girebilir. Bu nedenle bitkisel yağ üretimine katkıda bulunacak ve yağ açığımızın giderilmesinde etkili olacak yeni yağ bitkileri üzerinde önemle durulması gerekir. Aspir bitkisi de bu grubu oluşturan bitkilerden birisidir. Bu çalışmada, farklı aspir ( <i>Carthamus tinctorius</i> L.) genotiplerinde olgunlaşmamış embriyo kültürü tekniğiyle homozigot hatların elde edilmesini hızlandırabilmek amacıyla en uygun besiy ortamının belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü bünyesindeki Generasyon Atlatma Merkezi'nde yürütülmüştür. Çalışmada material olarak dört aspir hattı (Hat-1, Hat-2, Hat-3, Hat-4 ve bir aspir çeşidi (Dinçer) olmak üzere beş aspir genotipi ve üç besiy ortamı (MS, NN ve B5) test edilmiştir. Açık arazi koşullarında yetiştirilen bitkilerden tozlanmadan 14 gün sonra alınan olgunlaşmamış embriyolar in vitro koşullarda test edilen besiy ortamlarında kültüre alınmıştır. Kültüre alınan embriyolardan rejenere olan bitkilerde bitki ağırlığı, bitki kök uzunluğu, bitki boyu ve bitki başına yaprak sayısı incelenmiştir. Araştırma bulguları, incelenen besiy ortamlarında ortalama bitki ağırlığı, bitki kök uzunluğu, bitki boyu bitkicik başına yaprak sayısı ve rejenarasyon oranı değerleri sırasıyla 0.15-0.28 g, 2.22-2.84 cm, 1.59-1.80 adet, 1.35-1.59 cm arasında değiştiğini, genotiplere bağlı olarak ise bu değerlerin, 0.14-0.27 g, 1.41-1.61 cm, 2.09-3.12 ve 1.53-1.82 adet ve % 0.8-33.8 olarak değiştiğini göstermiştir. Araştırma sonuçlarına dayanarak, olgunlaşmamış embriyo kültürü tekniğinin aspir ıslahında homozigot hatların elde edilmesinin hızlandırılmasında kullanılabilirliği, genotip ve besiy ortamının tekniğin uygulanma etkinliğini önemli derecede etkilediği, kullanılacak besiy ortamının genotipe bağımlılık gösterdiği sonucuna varılmıştır. |

### Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Çil, A. N., & Çil, A. & Burun, H. & Üçdağ, Z. & Hatipoğlu, R. (2025). Farklı aspir (*carthamus tinctorius* L.) genotiplerinde olgunlaşmamış embriyo kültürü için uygun besiy ortamının belirlenmesi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt*(Sayı), 22-30. <https://doi.org/10.54498/ETBD.2025.39>

\*Sorumlu Yazar: Ayşe Nuran Çil, [aysenuran.cil@tarimormam.gov.tr](mailto:aysenuran.cil@tarimormam.gov.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## INTRODUCTION

Safflower (*Carthamus tinctorius L.*) is an annual oilseed crop originating from Eurasia, including Türkiye and its neighbouring countries (Esendal 2001). The oil content of safflower seeds ranges of 30-45%, making it valuable for both food and industrial applications. In addition to oil production, safflower seeds are commonly used as bird feed, and its fresh flowers contribute to high- quality honey production. Interspecific hybridization studies have been conducted to broaden the genetic base of this crop species.

Safflower oil is used both as cooking oil and is preferred in biodiesel production. It is also a plant that is used in various sectors such as margarine, paint, varnish, pharmaceutical and feed industry. The dye obtained from safflower flowers is often used by mixing it with saffron. Safflower plant has great importance in cultivation due to its advantages such as being resistant to drought conditions, being resistant to diseases and pests, and being suitable for mechanized agriculture. It also plays a major role in the evaluation of dry farming areas. The pulp remaining after the oil is extracted is used as animal feed due to its 22-24% crude protein content (Babaoğlu, 2007; Demir and Karaca, 2018).

Safflower is a valuable oil plant that can be easily grown in difficult land conditions and contains 30-45% oil in its seeds (Eryılmaz *et al.*, 2014; Serim *et al.*, 2015). The total unsaturated fatty acid ratio, which is important for human health, is quite high, usually between 90-93%. There are two different types of safflower oil. The first one contains a high level of linoleic acid (Omega-6) and its fatty acid ratio is 78%. This type is generally used in the chemical and feed industries. The other one contains a high level of oleic acid (Omega-9) and is a high-quality cooking oil. Varieties with an oleic acid ratio of approximately 85% have been developed (Babaoğlu, 2006).

Safflower plant has a bright future in closing the oil gap in our country. According to TÜİK 2023 data, it has been produced in our country with 39000 tons and it is known that the production in Kırşehir province where the trial was conducted is 3639 tons (TÜİK, 2023). According to FAO 2022 data, safflower production in the world is 995507 tons and it is known that the production is mostly in the Asian continent with 599103 tons. Kazakhstan ranks first as the country with the highest production with 447456 tons (FAO, 2022).

In order to broaden the gene pool of safflower, interspecific crossings are possible. However, development of hybrid embryos is impossible due to the differences between parental genomes in some cases (*C.tinctorius* 2n=24 *C. lanatus* 2n=44). Survival rate of F1 plants is low when the chromosome numbers of hybrid plants are different (Golkar 2014). It is needed to develop the embryo rescue technique to overcome genetic and cytological barrier after hybridization between wild and cultivated species. On the other hand, obtaining the homozygote lines of safflower in the breeding program is possible to speed up through the immature embryo culture.

In this research, effects of different media on the regeneration rate of the immature embryos of genotypes were examined.

## MATERIALS AND METHODS

In the research, four lines of safflower (H1, H2, H3, H4), which are developed in the safflower breeding program of the East Mediterranean Agricultural Research Institute, Adana, and one safflower cultivar (Dincer), which is registered by GAP Agricultural Research Institute, Şanlıurfa, were used as plant material. Three different media, MS (Murashige & Skoog, 1962), NN (Nitsch & Nitsch, 1969) and B5 (Gamborg *et al.* 1968), were tested. The pH of the nutrient media was adjusted to 5.8 using 1N KOH and 1N HCl. The sterilization of the nutrient media was provided in the autoclave at 1.2 atmospheric pressure and 121°C for 15 minutes. The laboratory experiment was arranged according to the completely randomized design in split plots with four replications, by taking genotypes as the main

plot and the nutrient medium as sub-plot. 40 embryos were cultured in 4 petri dishes for each genotype - medium combination.

The single safflower receptacle harvested 14 days after pollination was labeled for which genotype it belongs to, and then it was taken into the laboratory environment. In the embryo culture, the embryos in the fruits of the first 5 rows on the outermost part of the receptacle were used. After the fruits separated from each receptacle are subjected to surface sterilization with 70% alcohol for a very short time in a sterile cabinet in a glass container, alcohol is poured and sterilization solution containing 20% bleach (containing 5% sodium hypochlorite, without perfume) + 3-5 drops of Tween 80 was added into the container.

Fruits were sterilized by rinsing in the solution for 10 minutes (Dağüstü *et al.*, 2012). Then, the fruits were rinsed 4-5 times with sterile distilled water and surface sterilization was completed. For embryo isolation and culture of isolated embryos, the skins of fruits subjected to surface sterilization were cut and embryos were removed; after the embryos were removed and separated from the embryo sac, 10 embryos were cultured in each 60 x 15 mm petri dish with 7 ml embryo development medium. All cultures were kept in a climate cabinet providing photoperiod of 20 hours of light (6000-8000 Lux light intensity)/ 4 hours of darkness and  $24 \pm 2^\circ\text{C}$  temperature conditions. After 3-4 weeks from the beginning of the culture, the embryos that germinated and formed a plant were counted in each petri dish, and the regeneration rate was determined by proportioning the number of embryos that formed plants to the number of embryos cultured in the petri dish. At this stage, plant weight, plant root length and plant height measurements were also taken in regenerated plants.

Variance analysis was applied to the data obtained from the research, using the JMP 7.0 (Copyright © 2007 SAS Institute Inc.) statistical package program according to completely randomized desing in the split plots. The statistically significant factor means were compared with the LSD test.

## RESULTS AND DISCUSSION

According to the variance analysis results, sunflower genotypes, nutrient medium and genotype x nutrient medium interaction were found to be significant in all traits examined (Tables 1, 2, 3, 4 and 5).

### Regeneration Rate(%)

Genotype, culture medium and genotype x culture medium interaction did statistically significant affect the regeneration rate of immature embryos in the safflower. The mean regeneration rates of immature embryos of different safflower genotypes cultured in different culture mediums are given in Table 1.

As seen in Table 1, regeneration ratio of the embryos isolated from the genotypes showed statistically significant differences between the genotypes. The embryos of the Line-3 showed statistically significant higher reneration rate than those of the other genotypes. The embryos of the Line-1 gave significantly lower reneretaion rate than those of other genotypes. Embryos of the Lin-4 showed significantly higher regeneration rate than tothose of the Line-2 and Dinçer.

As an average of genotypes, B5 and MS media provided statistically significantly higher regeneration rates than the NN medium. However, the statistical significance of genotype x nutrient medium interaction reveals that the effect of nutrient media on regeneration rate of safflower embryos varied significantly depending on the genotypes. In fact, while immature embryos of the Line-4 and Cultivar Dinçer showed statistically significant higher regeneration rate on NN medium than in other media, embryos of the Line-1 cultured on the B5 medium showed significantly higher regeneration rate

than those on the other media. On the other hand, embryos of the Line-2 cultured on MS medium gave higher regeneration rate than those on the other media.

**Table 1**

*Averaged Values (%) of the Regeneration Rate of Immature Embryos of the different Safflower Genotypes Cultured on Different Media*

| Genotypes | B5 Medium |                | MS Medium  |    | NN Medium |    | Average      |    |
|-----------|-----------|----------------|------------|----|-----------|----|--------------|----|
| Line-1    | 77.7      | b <sup>2</sup> | 31.0       | g  | 9.0       | h  | 39.2         | d* |
| Line -2   | 67.0      | cd             | 79.0       | ab | 8.3       | h  | 51.4         | c  |
| Line -3   | 75.0      | bc             | 67.0       | cd | 59.0      | de | 67.0         | a  |
| Line-4    | 50.7      | ef             | 46.0       | f  | 87.7      | a  | 61.4         | b  |
| Dinçer    | 26.7      | g              | 53.7       | ef | 65.0      | d  | 48.4         | c  |
| Average   | 59.4      | A <sup>1</sup> | 55.3       | A  | 45.8      | B  | 53.5         |    |
| CV(%)     | 10.63     | LSD(0.05)      | Gen:5.49** |    | M:4.25**  |    | Gen*M:9.51** |    |

\* Mean values with similar low case letters in the same column are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1)</sup> Mean values with similar upper case letters in the same row are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

Dağüstü *et al.* (2012) reported that the transformation rate of sunflower embryos varied between 0.8 and 33.8%, whereas Çil *et al.* (2021a) reported that this rate varied between 56.39 and 72.81%, and again Çil *et al.* (2021b) reported that this rate varied between 26.7 and 100%. It can be said that the different regeneration rates of immature embryos of different species are different due to the differences in the plant species, genotypes and nutrient media tested in the studies.

### Plant Height(cm)

According to results of the variance analyses, significant differences were determined at the  $P \leq 0.01$  level among the genotypes, media and genotype x nutrient medium combinations in plant height (Table 2). The plant height varied between 1.41 cm and 1.61 cm depending on the genotypes. Plants regenerated from the embryos of the Line-4 showed statistically significant higher averaged plant height than those of the lines 1 and 3. The plants regenerated on the B5 and MS medium showed statistically significant higher plant height than those regenerated on the NN medium. However, significance of the genotype x medium interaction means that effect of the medium on the plant height did significantly varied depending on the genotypes. Thus, embryos of the line 1 cultured on the B5 medium regenerated the plants with significantly higher plant height in comparison with those cultured on MS or NN medium. Embryos of the line 2 cultured on MS medium and those of line 4 on the NN medium gave the plants with significantly higher plant height than those cultured other media. On the other hand, embryos of the line 3 cultured NN medium gave the plants with significantly lower plant height than those cultured other media. Media tested did not significantly changed the plant height of the regenerated plants of the cultivar Dinçer.

Çil *et al.* (2021a) determined the plant height values changing between 1.30 - 4.47 cm sunflower plants regenerated immature embryos of sunflower cultured on different media. They reported that the most suitable nutrient medium was NN nutrient medium. This results are not coincide with those of our study. This disagreement can be explained through the difference of the plant species in the studies.



**Table 2**

*Averaged Values (cm) of the Plant Height of Plants Regenerated from Immature Embryos of the different Safflower Genotypes Cultured on Different Media*

| Genotypes | Nutrient Mediums |                      |                 |          |                 |          |                     |           |
|-----------|------------------|----------------------|-----------------|----------|-----------------|----------|---------------------|-----------|
|           | B5 Medium        |                      | MS Medium       |          | NN Medium       |          | Average             |           |
| Line-1    | 1.60             | b-d <sup>2</sup>     | 1.33            | e        | 1.30            | e        | <b>3.12</b>         | <b>b*</b> |
| Line -2   | 1.63             | bc                   | 1.90            | a        | 0.93            | f        | <b>2.35</b>         | <b>ab</b> |
| Line -3   | 1.47             | c-e                  | 1.63            | bc       | 1.33            | e        | <b>2.57</b>         | <b>b</b>  |
| Line-4    | 1.63             | bc                   | 1.40            | de       | 1.80            | ab       | <b>2.65</b>         | <b>a</b>  |
| Dinçer    | 1.60             | b-d                  | 1.60            | b-d      | 1.40            | de       | <b>2.09</b>         | <b>ab</b> |
| Average   | <b>1.59</b>      | <b>A<sup>1</sup></b> | <b>1.57</b>     | <b>A</b> | <b>1.35</b>     | <b>B</b> | <b>2.56</b>         |           |
| CV(%)     | <b>8.21</b>      | <b>LSD(0.05)</b>     | <b>Gen:0.13</b> |          | <b>M:0.09**</b> |          | <b>Gen*M:0.21**</b> |           |

\* Mean values with similar low case letters in the same column are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1)</sup> Mean values with similar upper case letters in the same row are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

### Plant Weight(g)

In terms of plant weight values, the differences between genotypes, nutrient media and genotype x nutrient media interaction values were statistically significant at  $\leq 0.01$  level (Table 3). In terms of plant weight, the average values obtained from genotypes varied between 0.14 - 0.27 g. The embryos of the line 1 and cultivar Dinçer gave the plants with significantly higher plant weight than those of other lines. On the other hand, The embryos cultured on the NN medium regenerated plants with higher plant weight than those cultured other media. However, significance of genotype x medium interaction showed that the effect of the medium on the plant weight significantly varied depending on the genotypes. Thus, embryos of the Line-1 and culvar Dinçer cultured on NN medium gave the plants with significantly higher weight than those cultured on the other media. The embryos of the Line-2 cultured on MS medium gave the plants with significantly higher plant weight than those cultured NN medium, while the embryos of the Line-3 and Line-4 cultured on B5 showed the plants with significantly higher plant weight than those cultured on NN medium.

**Table 3**

*Averaged Values (g) of the Plant Weight of Plants Regenerated from Immature Embryos of the different Safflower Genotypes Cultured on Different Media*

| Genotypes | Nutrient Mediums |                      |                    |          |                  |          |                    |           |
|-----------|------------------|----------------------|--------------------|----------|------------------|----------|--------------------|-----------|
|           | B5 Medium        |                      | MS Medium          |          | NN Medium        |          | Average            |           |
| Line-1    | 0.15             | cd <sup>2</sup>      | 0.14               | c-e      | 0.50             | a        | <b>0.27</b>        | <b>a*</b> |
| Line -2   | 0.16             | bc                   | 0.18               | b        | 0.15             | cd       | <b>0.16</b>        | <b>b</b>  |
| Line -3   | 0.16             | bc                   | 0.15               | cd       | 0.12             | de       | <b>0.15</b>        | <b>bc</b> |
| Line-4    | 0.16             | bc                   | 0.14               | c-e      | 0.12             | e        | <b>0.14</b>        | <b>c</b>  |
| Dinçer    | 0.15             | bc                   | 0.16               | bc       | 0.50             | a        | <b>0.27</b>        | <b>a</b>  |
| Average   | <b>0.16</b>      | <b>B<sup>1</sup></b> | <b>0.15</b>        | <b>B</b> | <b>0.28</b>      | <b>A</b> | <b>0.2</b>         |           |
| CV(%)     | <b>8.9</b>       | <b>LSD(0.05)</b>     | <b>Gen:0.017**</b> |          | <b>M:0.013**</b> |          | <b>G*M:0.030**</b> |           |

\* Mean values with similar low case letters in the same column are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1)</sup> Mean values with similar upper case letters in the same row are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

Çil *et al.* (2021a) determined that plant weight varied between 0.12 and 0.50 g in the plants regenerated from the embryos of different sunflower genotypes. It was reported that the most suitable nutrient medium was B5 nutrient medium.

### Number Of Leaves Per Plant

In the study, genotypes, media and genotype x media interaction did statistically significant affect the number of leaves per plant. The number of leaves per plant varied between 1.53 – 1.82 number depending on the genotypes. Embryos of the Line-1 gave the plants with significantly higher number of leaves per plant than those of the other genotypes. The plants regenerated from the embryos of the cultivar Dinçer showed significantly lower number of leaves per plant than those regenerated from embryos of the other genotypes. The number of leaves per plant varied between 1.59 – 1.80 depending on the medium, and the highest value of the number of leaves per plant was obtained from the plants regenerated from the embryos on B5 nutrient medium (Table 4).

**Table 4**

*Averaged Values of the Number of Leaves Per Plant of Plants Regenerated from Immature Embryos of the different Safflower Genotypes Cultured on Different Media*

| Genotypes | Nutrient Mediums |                |            |          |           |     |            |    |
|-----------|------------------|----------------|------------|----------|-----------|-----|------------|----|
|           | B5 Medium        |                | MS Medium  |          | NN Medium |     | Average    |    |
| Line-1    | 2.03             | a <sup>2</sup> | 1.77       | b        | 1.67      | b-d | 1.82       | a* |
| Line -2   | 1.73             | b              | 1.43       | e        | 1.83      | b   | 1.67       | c  |
| Line -3   | 1.80             | b              | 1.53       | c-e      | 1.77      | b   | 1.70       | b  |
| Line-4    | 1.70             | bc             | 1.70       | bc       | 1.77      | b   | 1.72       | b  |
| Dinçer    | 1.73             | b              | 1.50       | de       | 1.37      | e   | 1.53       | d  |
| Average   | 1.80             | A <sup>1</sup> | 1.59       | C        | 1.68      | B   | 1.69       |    |
| CV(%)     | 6.69             |                | LSD(0.05): | Gen:0.21 | M:0.087*  |     | Gen*M:0.19 |    |

\* Mean values with similar low case letters in the same column are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1)</sup> Mean values with similar upper case letters in the same row are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ . <sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

However, significance of genotype x medium interaction reveals that effect of the media on the number of leaves per plant significantly varied depending on the genotype. Thus, the plants regenerated from the embryos of the Line-1 and cultivar Dinçer cultured on B5 medium gave significantly higher number of the leaves per plant than those cultured on the other media. On the other hand, the plants regenerated from the embryos of the Line-2 and Line 3 cultured on MS medium showed significantly lower number of leaves per plant than those cultured other media. The number of the leaves per plant in the plants regenerated from the embryos of the Line- 4 were not significantly influenced by medium.

Çil *et al.* (2021a) determined that the number of leaves per plant regenerated from the embryos of different sunflower genotypes varied between 1.26 and 3.38. These values are consistent with the plant height values obtained in our study.

### Root Length(cm)

According to the results of the variance analyses, significant differences were determined at the 0.01 level among genotypes, nutrient media and genotype x nutrient medium interactions in root length. It was determined that root length varied between 1.41 – 1.53 cm depending on genotypes, these values

varied between 2.22 - 2.84 cm depending on nutrient medium (Table 5).

**Table 5**

*Averaged Values (cm) of the Root Length of Plants Regenerated from Immature Embryos of the different Safflower Genotypes Cultured on Different Media*

| Genotypes | Nutrient Mediums |                      |                   |          |                 |          |                     |           |
|-----------|------------------|----------------------|-------------------|----------|-----------------|----------|---------------------|-----------|
|           | B5 Medium        |                      | MS Medium         |          | NN Medium       |          | Average             |           |
| Line-1    | 3.73             | a <sup>2</sup>       | 2.97              | b-d      | 2.67            | d-g      | <b>3.12</b>         | <b>a*</b> |
| Line -2   | 2.73             | c-f                  | 1.30              | i        | 3.03            | bc       | <b>2.35</b>         | <b>c</b>  |
| Line -3   | 2.70             | d-g                  | 1.93              | h        | 3.07            | b        | <b>2.57</b>         | <b>b</b>  |
| Line-4    | 2.63             | e-g                  | 2.50              | fg       | 2.83            | b-e      | <b>2.65</b>         | <b>b</b>  |
| Dinçer    | 2.40             | g                    | 2.40              | g        | 1.47            | i        | <b>2.09</b>         | <b>d</b>  |
| Average   | <b>2.84</b>      | <b>A<sup>1</sup></b> | <b>2.22</b>       | <b>C</b> | <b>2.61</b>     | <b>B</b> | <b>2.56</b>         |           |
| CV(%)     | <b>6.98</b>      | <b>LSD(0.05)</b>     | <b>Gen:0.16**</b> |          | <b>M:0.14**</b> |          | <b>Gen*M:0.30**</b> |           |

\* Mean values with similar low case letters in the same column are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>1)</sup> Mean values with similar upper case letters in the same row are not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

<sup>2)</sup> Mean values of genotype-medium combinations with similar low case letters not statistically significant different from each other according to the LSD test at  $P \leq 0.01$ .

Embryos of the Line-1 gave the plants with significantly higher root length than those of the other genotypes, while the embryos of the cultivar Dinçer gave the plants with significantly lower root length than those of the other genotype. The embryos cultured on the B5 medium gave the plants with significantly higher root length than those cultured on the other media. The plants regenerated from embryos cultured on the MS medium showed significantly lower root length than those regenerated from the embryos cultured on the other media. However, significance of genotype  $\times$  medium interaction shows that effect of the media on the root length was dependent on the genotypes. Thus, the plants from the embryos of the Line-1 cultured on B5 medium showed significantly higher root length than those regenerated from the embryos on the other media. The plants regenerated from the embryos of Line-2 and Line-3 cultured on MS medium showed significantly lower root length than those regenerated from the embryos cultured on the other media. The plants regenerated from the embryos of the cultivar Dinçer cultured on NN medium showed significantly lower root length than those regenerated from the embryos cultured on the other media.

Çil *et al.* (2021a) determined that the plant root length varied between 3.52-4.20 in the plants regenerated from the embryos of the different sunflower genotypes. These values are consistent with the plant height values obtained in our study. Again, Çil *et al.* (2021b) determined that these values varied between 2.66 and 9.25 cm in a similar study they conducted on sunflower.

## CONCLUSION

The results of this research showed that the immature embryo culture technique can provide sunflower plants a month after fertilization as compared to 2-2.5 months after fertilization under in vivo conditions. Thus shortening the reproduction cycle of safflower and thus allowing to obtain 3-5 generations per year instead of 1-2 generations. The results of the research showed that the genotypes of the embryos and nutrient medium are a very important factor in the success of embryo culture technique, but the optimum medium varied depending on the genotype due to significant nutrient medium  $\times$  genotype interaction.

## REFERANSLAR

- Nicholl, K. (2020, May). A royal spark. *Vanity Fair*, 62(5), 56–65, 100.
- Babaoğlu, M. (2006). Dünya ve Türkiye’de Aspir Bitkisinin Tarihi, Kullanım Alanları ve 21. Yüzyılda Önemi. *Fen ve Teknik Dergisi*, 11(22), 72-80.
- Babaoğlu, M. (2007). *Aspir ve Tarımı*. Trakya Tarımsal Araştırmalar Enstitüsü Yayınları, Edirne.
- Çil A., Çil A. N., Burun H. M., Hatipoğlu R., 2021a. Determination Of The Suitable Nutrient Medium For Immature Embryo Culture In Sunflower Genotypes With Different Maturation Times. *Agricultural Researches Resourcebook*, İksad Publishing, Ankara, P:195-224.
- Çil A., Çil A. N., Burun H. M., Hatice, H., Sevilmiş, U., Hatipoğlu R., 2021b. Ayçiçeğinde Olgunlaşmamış Embriyo Kültürünün Generasyon Atlama Amaçlı Kullanımında Uygun Embriyo Yaşının Saptanması. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 10 (2): 6-11.
- Dagustu, N., Bayram, G., Sincik, M., Bayraktaroglu, M., 2012. The short breeding cycle protocol effective on diverse genotypes of sunflower (*Helianthus annuus* L.), *Turkish Journal of Field Crops*, 17 (2):124-128.
- Demir, İ. & Karaca, K. (2018). Kurak Koşullarda Farklı Azot ve Fosfor Dozlarının Aspirde (*Carthamus tinctorius* L.) Verim ve Verim Ögelerine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 6(8): 971- 976.
- Eryılmaz, T., Cesur, C., Yeşilyurt, M. K. & Aydın, E. (2014). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), Remzibey-05 Tohum Yağı Metil Esteri: Potansiyel Dizel Motor Uygulamaları için Yakıt Özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 1(1): 85– 90, 2014.
- Esendal E (2001) Safflower production and research in Turkey. In: Bergman JW, Mündel HH (eds) *Proceedings of the Vth International Safflower Conference*. Williston, North Dakota and Sidney, Montana, USA, pp 203–206
- FAO. (2022). *Crops And Livestock Products, Safflower Seed*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, www. faostat.org (Access date: 12.05.2025).
- Gamborg, O.L., Miller, R.A. and Ojima, K. (1968) Nutrient Requirements of Suspension Cultures of Soybean Root Cells. *Experimental Cell Research*, 50, 151-158. [http://dx.doi.org/10.1016/0014-4827\(68\)90403-5](http://dx.doi.org/10.1016/0014-4827(68)90403-5)
- Murashige, T. and Skoog, F. (1962) A Revised Medium for Rapid Growth and Bio Assays with Tobacco Tissue Cultures. *Plant Physiology*, 15, 473-497. <https://doi.org/10.1111/j.1399-3054.1962.tb08052.x>
- Nitsch, J.P. and Nitsch, C. (1969) Haploid Plants from Pollen Grains. *Science*, 163, 85- 87. <http://dx.doi.org/10.1126/science.163.3862.85>
- SAS Institute (2007) *SAS User’s Guide in Statistics*. 9th Edition, SAS Institute, Inc., Cary.
- Serim, A, T., Asav, Ü. & Türkseven, S. (2015). Ankara İli Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Ekiliş Alanlarında Bulunan Yabancı Otların Tespiti, *Turkish Journal of Weed Science*, 18(1): 19-23, Bornova, İzmir.

TÜİK. (2023). Yağlı Tohumlar, Türkiye İstatistik Kurumu, [www.data.tuik.gov.tr](http://www.data.tuik.gov.tr). (Access date: 12.05.2025).

# Determination of The Performance of Sand, Zeolite and Vermiculite Mixture in Removal of Phosphorus From Wastewater

Hasan Ali İRİK<sup>1</sup>  Furkan Ömer KANARYA<sup>2\*</sup> 

<sup>1</sup> Erciyes University, Department of Biosystems Engineering, Kayseri, Türkiye

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan University, Department of Biosystems Engineering, Konya, Türkiye

| Article Info                                                                               | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|--------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Received:</b> 16.05.2025<br><b>Accepted:</b> 16.06.2025<br><b>Published:</b> 30.06.2025 | Domestic and industrial wastewater discharged directly into the receiving environment without treatment causes serious deterioration in aquatic ecosystems due to their high phosphorus content, which threatens life. Phosphorus accelerates the eutrophication process, especially in stagnant water bodies such as lakes and dams, causing algae formation, decreased oxygen levels and disruption of ecosystem balance. For this reason, wastewater should never be discharged into the receiving environment without ensuring phosphorus removal within the limit values specified in the Water Pollution and Control Regulation of the Republic of Türkiye. This effective, phosphorus removal method is one of the natural filters found in abundance in Türkiye, can choose adsorptive phosphorus removal. This is aimed at natural filter materials sand, zeolite and vermiculite are sieved from each of them and materials remaining between sieves with a diameter of 1 and 2 cm are formed (50 cm <sup>3</sup> ) homogeneous mixtures with a total volume of 150 cm <sup>3</sup> and tested using chromatography columns with an inner diameter of 3 cm from a micro distance representing wetlands in the laboratory environment. In the experiments, synthetic wastewater solutions containing phosphorus at concentrations of 25, 50 and 100 ppm were transferred to the columns with a peristaltic pump at flow rates of 1 and 2 ml/min and samples were taken at 3rd, 6th, 12th, 24th and 48th hours and filtered, and pH, electrical conductivity (EC) and total phosphorus analyses were performed. According to the results obtained, the highest phosphorus removal efficiency was obtained as 99% in 3 hours at 2 ml/min flow rate and 50 ppm concentration, while the lowest efficiency was observed as 3% in 48 hours at 100 ppm and 2 ml/min conditions. It has been determined that the materials used in mixture form have higher performance than their pure forms. |
| <b>Keywords:</b><br>Column Studies,<br>Phosphorus,<br>Sand,<br>Zeolite,<br>Vermiculite.    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |

## Kum, Zeolit ve Vermikülit Karışımının Atık Sulardan Fosfor Giderim Performansının Belirlenmesi

| Article Info                                                                                          | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Geliş Tarihi:</b> 16.05.2025<br><b>Kabul Tarihi:</b> 16.06.2025<br><b>Yayın Tarihi:</b> 30.06.2025 | Artılmadan doğrudan alıcı ortama deşarj edilen evsel ve endüstriyel atık sular, yüksek fosfor içerikleri nedeniyle sucul ekosistemlerde ciddi bozulmalara neden olmakta ve bu durum canlı yaşamını oldukça tehdit etmektedir. Fosfor, özellikle göller ve barajlar gibi durgun su kütlelerinde ötrofikasyon sürecini hızlandırarak alg oluşumuna, oksijen seviyelerinin düşmesine ve ekosistem dengesinin bozulmasına neden olmaktadır. Bu nedenle atık sular, Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı'nın Su Kirliliği ve Kontrolü Yönetmeliği'nde belirtilen sınır değerler dahilinde fosfor giderimi sağlanmadan asla alıcı ortama deşarj edilmemelidir. Bu çalışmada, fosfor giderim yöntemlerinden biri olan ve Türkiye'de bolca bulunan doğal filtre materyalleri kullanılarak gerçekleştirilen adsorptif fosfor giderimi incelenmiştir. Bu amaçla, doğal filtre materyallerinden olan kum, zeolit ve vermikülitin her birinden elenerek 1 ve 2 cm gözenek çapına sahip elekler arasında kalan materyallerden 50 cm <sup>3</sup> alınarak toplam 150 cm <sup>3</sup> hacme sahip homojen karışımlar oluşturulmuş ve laboratuvar ortamında yapay sulak alanları temsilen mikro ölçekli iç çapı 3 cm olan kromatografi kolonları kullanılarak test edilmiştir. Deneylerde, 25, 50 ve 100 ppm konsantrasyonlarında fosfor içeren sentetik atık su çözeltileri peristaltik pompa ile 1 ve 2 ml/dak akış hızlarında kolonlara aktarılmış ve 3, 6, 12, 24 ve 48. saatlerde örnekler alınarak filtre edilmiş olup pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam fosfor analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, en yüksek fosfor giderim verimi 3 saatte 2 ml/dak akış hızı ve 50 ppm konsantrasyonda %99 olarak elde edilirken, en düşük verim 48 saatte 100 ppm ve 2 ml/dak koşullarında %3 olarak gözlenmiştir. Karışım halinde kullanılan malzemelerin saf hallerine göre daha yüksek performans gösterdiği belirlenmiştir. |
| <b>Anahtar Kelimeler:</b><br>Kolon Denemeleri,<br>Fosfor,<br>Kum,<br>Zeolit,<br>Vermikülit.           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

### Bu makaleye atıfta bulunmak için:

İrik, H. A., & Kanarya, F. Ö. (2025). Determination of the performance of sand, zeolite and vermiculite mixture in removal of phosphorus from wastewater. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), 31-40. <https://doi.org/10.54498/ETBD.2025.40>

\*Sorumlu Yazar: Furkan Ömer Kanarya, [furkanomer.kanarya@erbakan.edu.tr](mailto:furkanomer.kanarya@erbakan.edu.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)



## INTRODUCTION

It is known that water is essential for all living things. Water is the most critical factor in the survival of all plants and animals, including humans, in our ecosystem (Armağan and Işık, 2022). Approximately 97% of the world's total 1.4 billion km<sup>3</sup> of water is saltwater, and the remaining 3% is freshwater. Since most of the fresh water in our world is only found in the poles and underground, the low amount of water that living things can use can be clearly expressed in numbers. It is a known fact that usable water is limited to the increasing world population. With the growing demand for industrial, agricultural, and domestic water, competition arises between sectors in the use of water. Today, limited water resources must be utilized effectively in all sectors in a manner that is compatible with the environment (Çakmak et al., 2003). Although seas and has many dams and rivers, it creates the image that it is rich in terms of water resources. However, Türkiye is among the countries suffering from a water shortage according to international criteria. The scarcity of usable water resources also brings about a food problem. Therefore, it is necessary to utilize existing water resources efficiently and to prioritize the reuse of treated wastewater. Various technologies are used in different parts of the world for wastewater treatment. These technologies consist of physical, chemical or biological processes and are mainly preferred depending on treatment costs. Constructed wetlands are preferred especially in rural areas because of the low investment costs. Constructed wetlands are highly effective in removing nutrients, particularly due to the filter materials and plants they contain (EPA, 1993).

Constructed wetlands are a natural wastewater treatment system that has been rapidly used in recent years as an alternative to conventional treatment systems for domestic and industrial wastewater treatment and can be easily applied in small to medium-sized areas with low energy requirements (Anonymous, 1993; Anonymous, 1999; Tunçsiper and Akça, 2006; Çiftçi et al., 2007). Nitrate, phosphorus and heavy metals can mix into groundwater or groundwater through leaks from the bottoms of constructed wetland ponds, waste storage areas and resting and processing ponds built for manure management in animal shelters.

Nitrate is a factor that can cause pollution in groundwater at levels that are hazardous to the environment and human health. Pollution that occurs with water leaking from storage and treatment areas is defined as point source pollution. Spalding and Exner (1993) have demonstrated that nitrate is the most common chemical pollutant in groundwater. Water contaminated with nitrate through groundwater flows can reach surface waters and disrupt the nitrogen: phosphorus balance in these environments, causing eutrophication and algae formation (Bolger and Stevens, 1999). The most significant source of nitrate that threatens groundwater is agricultural waste.

Phosphorus, which poses another critical threat, is found in inorganic and organic forms as phosphate compounds. It is mainly in the form of orthophosphate that can be used by algae and macrophytes. Organic phosphorus is generally formed as a result of biological processes and is found in raw wastewater, food residues, and human feces. Inorganic phosphorus is usually formed as a result of the use of detergents for cleaning purposes. Phosphorus fertilizers also contain significant amounts of inorganic phosphorus. While more than one process is carried out during the treatment of phosphorus from wastewater, removal is provided until a specific capacity is reached. No additional removal occurs after this level (EPA, 1993). Phosphorus removal requires advanced treatment technologies. Various methods such as activated carbon, reverse osmosis, and electrodialysis are used for phosphorus removal from wastewater (Yeoman et al., 1988; Taş et al., 2007). In recent years, research has focused on phosphorus removal by using solid retention materials. Cui et al. (2008) in their study on phosphorus adsorption characteristics and physico-chemical properties of nine different filter materials peat, topsoil, gravel, medium-sized sand, blast furnace slag, coal slag, artificial blast furnace slag, artificial coal slag and medium-sized artificial sand materials were tested. Peat material was determined to be the best

phosphorus absorbent material. Onar and Öztürk (1993) in their study on phosphorus adsorption by pumice grains obtained a phosphorus removal efficiency of over 80% and stated that pumice is a promising scavenger in phosphorus removal. Njau et al. (2003) in their study on the use of pumice as a filter material in constructed wetlands used for the treatment of domestic wastewater stated that pumice provided a pretty high level of phosphorus removal. Uzun et al. (2021) investigated the effectiveness of sand, pumice and zeolite in their study aiming at phosphorus removal from wastewater and found that pumice material was a better adsorbent than other materials.

Zeolites, which have a wide range of applications and properties among adsorbents, are increasingly being utilized in pollution control due to their ion exchange and adsorption properties. For this purpose, zeolites are used in the retention of radioactive wastes in water, retention of metal ions and nitrogen compounds in wastewater, adsorption of flue gases, cleaning of oil spills, landfilling and oxygen production. Many studies have been conducted on pollution control with zeolites. For example, they have been used for the treatment of metal pollutants such as zinc (Calvo et al., 2009), lead and copper (Wang et al., 2008; Stylianou et al., 2007; Sprynskyy, 2008), iron and chromium (Inglezakis et al., 2002) from wastewater. Clinoptilolite-type zeolite was used for the removal of  $\text{NH}_4^+$  ions from landfill leachate (Doğan et al., 2018). Apart from pollution control, zeolite has many areas of use. If we need to collect them under main headings, we can classify them as energy, agriculture and animal husbandry, mining and metallurgy and other areas of use. In the energy sector, zeolite is used in coal gasification, cleaning nitrogen oxides and hydrocarbons, purification of natural gas, removal of carbon dioxide, as heat exchangers in solar energy production and as catalysts in the production of petroleum products. Zeolites can be utilized as heat exchangers in solar energy systems by leveraging their water-absorbing and water-giving properties (DPT, 2001). Natural zeolites are widely used as fertilizer carriers in fertilization and soil preparation, as well as in agricultural applications. Zeolites are used in mining, exploration of mineral deposits and retention of some heavy metals in metallurgy. Other areas of use of zeolite, apart from the areas mentioned, are the paper sector, construction sector, health sector and detergent sector.

In this study, an attempt was made to determine the phosphorus removal efficiency of homogeneous mixtures of sand, zeolite, and vermiculite materials from wastewater.

## **MATERIAL AND METHOD**

The sand, zeolite, and vermiculite used in the study were supplied by a commercial business. The materials were sieved through sieves with 1-2 mm pore diameter, and the remaining part was used in the study. The experiments were carried out with three replications using synthetic wastewater with different concentrations (25, 50 and 100 ppm).

In this study, columns with an inner diameter of 3 cm and a length of 60 cm made of glass were used. The columns were filled with 150 cm<sup>3</sup> filter material representing constructed wetlands at a microscale. The system was operated by continuously feeding from the top at a flow rate of 5 ml/min using a peristaltic pump with a digital display. After the system was operated, samples were taken from the outlet sections of the columns at 3, 6, 12, 24, and 48 hours in order to determine the capacities of the materials depending on time (Fig. 1). The samples obtained were subjected to pH, EC, and total phosphorus analyses. In the study, pH and EC analyses were determined using a Hanna brand device. Total phosphorus contents were determined at a wavelength of 882 nm in a spectrophotometer according to the ammonium molybdate blue color method (Kuo and Sparks, 1996).

**Figure 1**

*The glass column test setup where the study was conducted*



## RESULTS

In the study carried out, solutions containing phosphorus at three different concentrations (25, 50, and 100 ppm) were applied to the filter materials in the columns at 1 and 2 ml/min flow rates for 48 hours. During this process, samples were taken at different times to determine the time-dependent capacities of the materials. pH, EC, and total phosphorus were determined in the obtained samples.

### Effect of Different Concentration Ratios on pH at Different Flow Rates

As a result of the experiment, the effect of different phosphorus concentrations and mixing ratios on pH is shown in Table 1 and change in pH values with hydraulic retention times is presented in Fig. 2. The pH value of the prepared solutions was determined as 8.34. When Table 1 is examined, it is observed that the pH values in the effluent analyses of the synthetic wastewater included in the columns increased after contact with the material and decreased during the continuation of the study. As a result of the experiment, different concentrations had a significant effect on the pH change, depending on the hydraulic retention times and mixing ratios. According to the Water Pollution and Control Regulation of the Ministry of Environment and Urbanization of the Republic of Türkiye, the pH range required for discharging wastewater into the receiving environment is 6.0-9.0 (WPCG, 2004).

**Table 1**

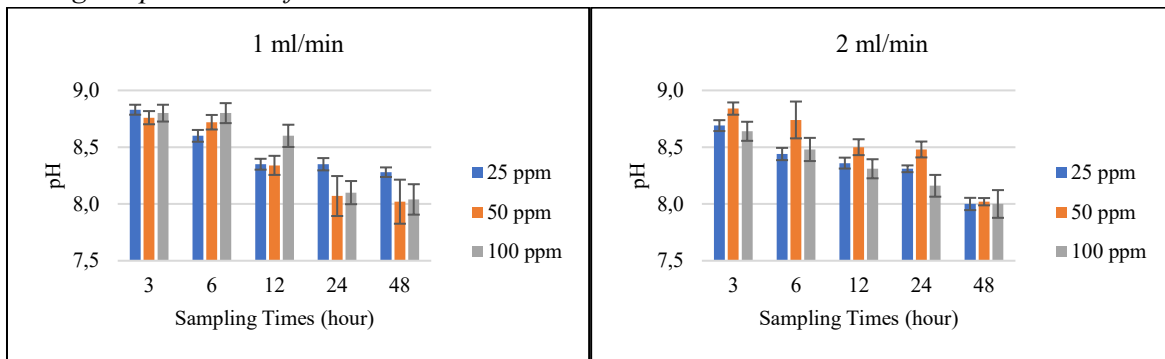
*Changes in pH values during the treatment process*

| Flow Rate<br>(ml/min) | Conc.<br>(ppm) | Sampling Times (hour) |      |      |      |      |
|-----------------------|----------------|-----------------------|------|------|------|------|
|                       |                | 3                     | 6    | 12   | 24   | 48   |
| 1                     | 25             | 8.83                  | 8.60 | 8.35 | 8.35 | 8.28 |
|                       | 50             | 8.76                  | 8.72 | 8.34 | 8.07 | 8.02 |
|                       | 100            | 8.80                  | 8.80 | 8.60 | 8.10 | 8.04 |
| 2                     | 25             | 8.69                  | 8.44 | 8.36 | 8.31 | 8.00 |
|                       | 50             | 8.84                  | 8.74 | 8.50 | 8.48 | 8.02 |
|                       | 100            | 8.64                  | 8.48 | 8.31 | 8.16 | 8.00 |

The pH values were determined as the lowest 8.76 and 8.64, and the highest 8.83 and 8.84 at the end of the 3-hour period at 1 ml/min and 2 ml/min flow rates, respectively; the lowest 8.60 and 8.44, and the highest 8.80 and 8.74 at the end of the 6-hour ; the lowest 8.34 and 8.31, and the highest 8.60 and 8.50 at the end of the 12-hour; the lowest 8.07 and 8.16, and the highest 8.35 and 8.48 at the end of the 24-hour ; the lowest 8.02 and 8.00, and the highest 8.28 and 8.00 at the end of the 48-hour.

**Figure 2**

*Change in pH values of mixture*



### Effect of Different Concentrations at Different Flow Rates on EC

As a result of the experiment, the effect of different phosphorus concentrations and mixing ratios on EC is shown in Table 2 and change in EC values with hydraulic retention times is presented in Fig. 3. The EC value of the prepared solutions was determined as 43.78  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . As a result of the experiment, different concentrations had a significant effect on the EC change, depending on the hydraulic retention times and mixing ratios. According to the Water Pollution and Control Regulation of the Ministry of Environment and Urbanization of the Republic of Türkiye, the EC amount required for wastewater to be discharged into the receiving environment should be below 2000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (WPCG, 2004).

**Table 2**

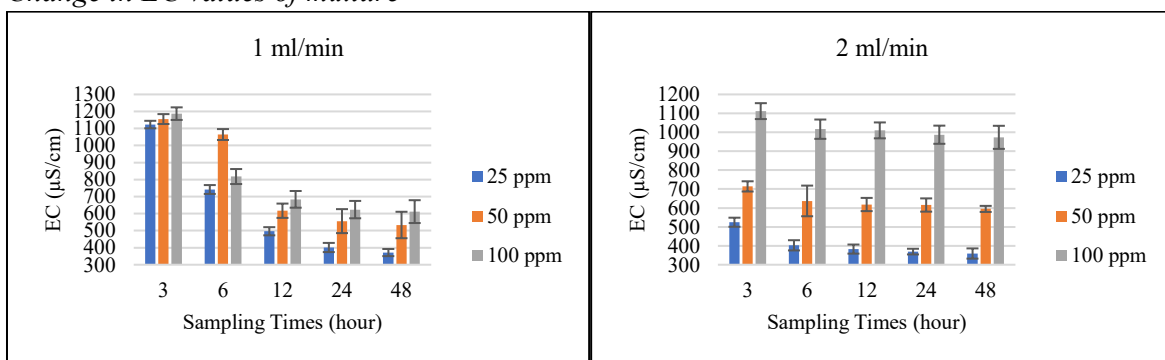
*Changes in EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) values during the treatment process*

| Flow Rate (ml/min) | Conc. (ppm) | Sampling Times (hour) |         |         |        |        |
|--------------------|-------------|-----------------------|---------|---------|--------|--------|
|                    |             | 3                     | 6       | 12      | 24     | 48     |
| 1                  | 25          | 1123.00               | 741.67  | 496.60  | 401.23 | 371.53 |
|                    | 50          | 1155.33               | 1064.43 | 617.07  | 556.07 | 533.37 |
|                    | 100         | 1187.00               | 817.83  | 683.90  | 623.70 | 611.93 |
| 2                  | 25          | 524.60                | 402.60  | 382.70  | 369.50 | 359.37 |
|                    | 50          | 713.97                | 637.17  | 618.23  | 615.60 | 595.07 |
|                    | 100         | 1111.67               | 1016.27 | 1009.93 | 987.07 | 973.20 |

EC values ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) were determined as the lowest 1123 and 524.6, and the highest 1187 and 1111.67 after 3 hours at 1 ml/min and 2 ml/min flow rates, respectively; as the lowest 741.67 and 402.60, and the highest 1064.43 and 1016.27 after 6 hours; as the lowest 496.6 and 382.7, and the highest 683.9 and 1009.93 after 12 hours; as the lowest 401.23 and 369.5, and the highest 623.7 and 987.07 after 24 hours; as the lowest 371.53 and 359.37, and the highest 611.93 and 973.2 after 48 hours.

**Figure 3**

*Change in EC values of mixture*



### Effect of Different Concentrations at Different Flow Rates on TP

The prepared phosphorus solutions of 25, 50, and 100 ppm were transferred to the columns containing the filter material and the results obtained as a result of the analyses are given in Table 3 and change in TP values with hydraulic retention times is presented in Fig. 4. As a result of the experiment, it was determined that different mixing ratios had a significant effect on the TP change depending on the hydraulic retention times of different concentrations. According to the Water Pollution and Control Regulation of the Ministry of Environment and Urbanization of the Republic of Türkiye, the TP limit required for discharging wastewater into the receiving environment is 10 ppm (WPCG, 2004).

**Table 3**

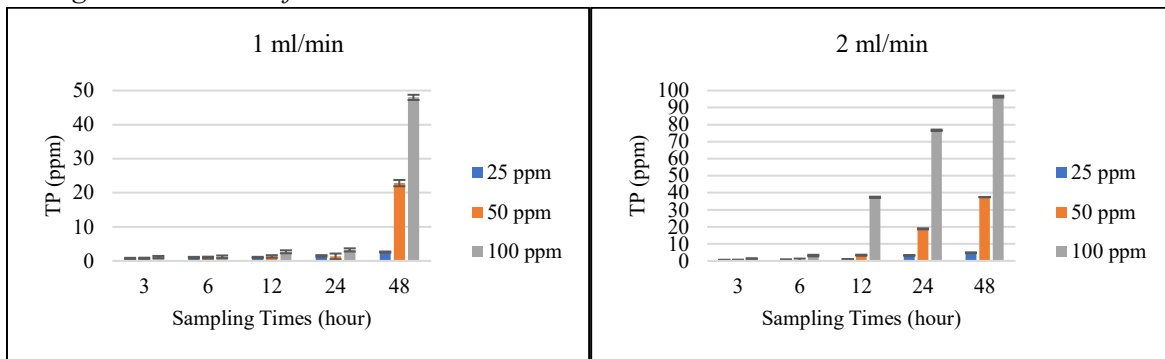
*Changes in TP (ppm) values during the treatment process*

| Flow Rate<br>(ml/min) | Conc.<br>(ppm) | Sampling Times (hour) |      |       |       |       |
|-----------------------|----------------|-----------------------|------|-------|-------|-------|
|                       |                | 3                     | 6    | 12    | 24    | 48    |
| 1                     | 25             | 0.73                  | 0.97 | 1.00  | 1.47  | 2.60  |
|                       | 50             | 0.70                  | 0.97 | 1.30  | 1.33  | 22.83 |
|                       | 100            | 1.13                  | 1.20 | 2.67  | 3.23  | 48.00 |
| 2                     | 25             | 0.50                  | 0.73 | 0.90  | 3.20  | 4.80  |
|                       | 50             | 0.50                  | 0.60 | 3.33  | 18.83 | 37.42 |
|                       | 100            | 1.20                  | 3.13 | 37.33 | 76.67 | 96.45 |

TP values (ppm) were determined as the lowest 0.7 and 0.5, and highest 1.13 and 1.2 at the end of the 3-hour period at 1 ml/min and 2 ml/min flow rates, respectively; as the lowest 0.97 and 0.6, and highest 1.2 and 3.13 at the end of the 6-hour period; as the lowest 1.0 and 0.9, and highest 2.67 and 37.33 at the end of the 12-hour period; as the lowest 1.33 and 3.2, and highest 3.23 and 76.67 at the end of the 24-hour period; as the lowest 2.6 and 4.8, and highest 48 and 96.45 at the end of the 48-hour period.

**Figure 4**

*Change in TP values of mixture*



### Removal Rates of Different Concentrations at Different Flow Rates

As a result of total phosphorus analyses, the removal performance of the material used in the study was determined by applying solutions with different concentrations at different flow rates to the filter material (Table 4).

**Table 4**  
*Changes in TP (%) values during the treatment process*

| Flow Rate<br>(ml/min) | Conc.<br>(ppm) | Sampling Times (hour) |       |       |       |       |
|-----------------------|----------------|-----------------------|-------|-------|-------|-------|
|                       |                | 3                     | 6     | 12    | 24    | 48    |
| 1                     | 25             | 97.07                 | 96.13 | 96.00 | 94.13 | 89.60 |
|                       | 50             | 98.60                 | 98.07 | 97.40 | 97.33 | 54.33 |
|                       | 100            | 98.87                 | 98.80 | 97.33 | 96.77 | 52.00 |
| 2                     | 25             | 98.00                 | 97.07 | 96.40 | 87.20 | 80.80 |
|                       | 50             | 99.00                 | 98.80 | 93.33 | 62.33 | 25.16 |
|                       | 100            | 98.80                 | 96.87 | 62.67 | 23.33 | 3.55  |

TP removal (%) of the filter material was determined as the lowest 97.07 and 98.0, and highest 98.87 and 99.0 at the flow rate of 1 ml/min and 2 ml/min, respectively, for 3 hours; as the lowest 96.13 and 96.87, and highest 98.80 and 98.80 at the end of 6 hours; as the lowest 96.0 and 62.67, and highest 97.4 and 96.4 at the end of 12 hours; as the lowest 94.13 and 23.33, and highest 97.33 and 87.2 at the end of 24 hours; as the lowest 52.00 and 3.55, and highest 89.6 and 80.80 at the end of 48 hours.

## CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

In this study, which was carried out in the form of column experiments, homogeneous mixtures of sand, zeolite and vermiculite were applied to constructed wastewater containing phosphorus at three different concentrations (25, 50 and 100 ppm) for 48 hours and sampling was carried out at five different times (3rd, 6th, 12th, 24th and 48th hours).

According to the data obtained as a result of the study, it was concluded that after the treatment process, pH and EC values were at the desired levels and there was no obstacle in the discharge to the receiving environments.

As a result of the phosphorus analyses, it was determined that there was no obstacle to the discharge of solutions containing phosphorus at a concentration of 25 ppm after the application of 150 cm<sup>3</sup> of filter material for 48 hours. However, it was also found that solutions with concentrations of 50 and 100 ppm should not be discharged.

As a result of the study, it was revealed that the choice of filter materials to be used in constructed wetlands is crucial. In the planned constructed wetlands, the homogeneous mixing of sand, zeolite, and vermiculite for phosphorus from wastewater will provide more effective results. It has been determined that the expected performance will increase in the treatment of wastewater with low flow rates and low phosphorus content in constructed wetlands in order to improve the effectiveness of the materials. In addition, it has been determined that wastewater with low pH values is easier to treat. Therefore, it will be more effective to subject wastewater with high pH values to adsorption processes after reducing their pH values. It has been suggested that focusing on increasing the exchange capacity of the materials in studies aimed at enhancing their capacities would be more effective.

## Yazar Katkıları/Author Contributions

Tasarım/Design: Yazar 1 (%50) – Yazar 2 (%50)

Veri Toplama /Data Collection: Yazar 1 (%30) – Yazar 2 (%70)

Analiz ve yorum/Analysis or Interpretation: Yazar 1 (%70) – Yazar 2 (%30)

Literatür tarama/Literature Search: Yazar 1 (%60) – Yazar 2 (%40)

Yazma/Writing: Yazar 1 (%20) – Yazar 2 (%80)



**Finansman/ Funding**

Yok/No.

**Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest**

Yazarlar çıkar çatışması belirtmemiştir The authors have declared no conflict of interest.

**Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)/ Sustainable Development Goals**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 6 Temiz Su ve Sanitasyon/ Sustainable Development Goals:  
6 Clean Water and Sanitation

**Teşekkür/Acknowledgement**

Bu çalışma Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından FYL-2021-11466 proje numarası ile desteklenmiştir./This study was supported by Scientific Research Projects Department of Erciyes University with a project number of FYL-2021-11466.

## REFERANSLAR

- Anonymous, (1993). Subsurface Flow Constructed Wetlands for Wastewater Treatment, A Technology Assessment, United States Environmental Protection Agency, U.S.A.
- Anonymous, (1999). Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewater, Manual, United States Environmental Protection Agency, U.S.A.
- Armağan, M. & Işık, M.İ. (2022). Karapınar (Konya) Tuzcul Alanlarındaki Kuraklığa Dayanıklı, Mera Islahında Kullanılabilecek Bitkiler. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(2), 67-74.
- Bolger, P. & Stevens, M. (1999). Contamination of Australian Groundwater Systems with Nitrate. Land and Water Resources Research and Development Corporation Occasional Paper, Australia
- Calvo, B., Canoira, L., Morante, F., Martinez-Bedia, J. M., Vinagre, C., Garcia-Gonzalez, J. E., ... & Alcantara, R. (2009). Continuous elimination of Pb<sup>2+</sup>, Cu<sup>2+</sup>, Zn<sup>2+</sup>, H<sup>+</sup> and NH<sub>4</sub><sup>+</sup> from acidic waters by ionic exchange on natural zeolites. *Journal of Hazardous Materials*, 166.
- Cui, L., Zhu, X., Ma, M., Ouyang, Y., Dong, Mei, Zhu, W. & Luo, S. (2008). Phosphorus Sorption Capacities and Physicochemical Properties of Nine Substrate Materials for Constructed Wetland. *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 55:210-217.
- Çakmak, B., Yıldırım, M. & Aküzüm, T. (2003). Türkiye’de Tarımsal Su Yönetimi, Sorunlar ve Çözüm Önerileri, TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi, 215-224.
- Çiftçi, H., Kaplan, Ş., Köseoğlu, H., Karakaya, E. & Kitiş, M. (2007). Yapay Sulakalanlarda Atıksu Arıtımı ve Ekolojik Yaşam. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 23 (1-2): 149-160.
- Dogan, S., Aygün, A., Argun, M.E., & Esmeray, E. (2018). Optimization of struvite precipitation for landfill leachate treatment. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 23(1), 65-76.
- DPT, (2001). Sekizinci Beş Yıllık Kalkınma Planı Madencilik Özel İhtisas Komisyonu Raporu, Endüstriyel Hammaddeler Alt Komisyonu Genel Endüstri Mineralleri.
- EPA, (1993). Constructed wetlands for wastewater treatment and wild life habitat: 17 Case Studies. United States Environmental Protection Agency, EPA832-R-93- 005.
- Inglezakis, V.J., Loizidou, M.D., & Grigoropoulou, H.P. (2002). Equilibrium and kinetic ion exchange studies of Pb<sup>2+</sup>, Cr<sup>3+</sup>, Fe<sup>3+</sup> and Cu<sup>2+</sup> on natural clinoptilolite. *Water research*, 36(11), 2784-2792.
- Kuo, S., & Sparks, D.L. (1996). Methods of soil analysis—part 3. *Chemical Methods (Soil Sci. Soc. Am. Madison, USA*.
- Njau, K.N., Minja, R.J. & Katima, J.H. (2003). Pumice soil: a potential wetland substrate for treatment of domestic wastewater. *Water Science and Technology*, 48(5), 85-92.
- Onar, A.N. & Öztürk, B. (1993). Adsorption of phosphate onto pumice powder. *Environmental technology*, 14(11), 1081-1087.
- WPCG (2004). Republic of Türkiye, Water Pollution Control Regulation, <http://www.csb.gov.tr>
- Spalding, R.F. & Exner, M.E. (1993). Occurrence of Nitrate in Groundwater - a Review. *Journal of Environmental Quality*. 22:392–402
- Sprynskyy, M. (2009). Solid–Liquid–Solid Extraction of Heavy Metals (Cr, Cu, Cd, Ni and Pb) in Aqueous Systems of Zeolite–Sewage Sludge, *Journal of Hazardous Materials*, 161, 1377–1383.
- Stylianou, M.A., Hadjiconstantinou, M.P., Inglezakis, V.J., Moustakas, K.G. & Loizidou, M.D.

- (2007). Use of Natural Clinoptilolite for the Removal of Lead, Copper and Zinc in Fixed Bed Column, *Journal of Hazardous Materials*, 143, 575-581.
- Taş, İ., Özkay, F., Gökalp, Z. & Tekiner, M. (2007). Atıksu Arıtmada Ters Osmoz Sistemlerinin Kullanılması, Ulusal Çevre Sempozyumu, Mersin.
- Tunçsiper, B. & Akça, L. (2006). Pilot Ölçekli bir Yapay Sulakalan Sisteminin Arıtma Performansının İncelenmesi, *İTÜ Dergisi/d Mühendislik*, Cilt 5, Sayı 3, Kısım 1, 13-22.
- Uzun, O., Gokalp, Z., Irik, H.A., Varol, I.S., & Kanarya, F.O. (2021). Zeolite and pumice-amended mixtures to improve phosphorus removal efficiency of substrate materials from wastewaters. *Journal of Cleaner Production*, 317, 128444.
- Wang, S., Terdkiatburana, T. & Tade, M.O. (2008). Adsorption of Cu(II), Pb(II) and Humic Acid on Natural Zeolite Tuff in Single and Binary Systems, *Seperation and Purification Technology*, 62, 64-70
- Yeoman S., Stephenson T., Lester J.N. & Perry R. (1988). The Removal of Phosphorus during Wastewater Treatment: A review. *Environ. Pollut.*, 49, 183-233.

# Effects of Thyme Hydrolate on Rooting of Grapevine Cuttings

Yasin GAYRETLİ 

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan University Ereğli Agriculture Faculty, Konya, Türkiye

| Article Info                                                                                                                | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Received:</b> 27.02.2025<br><b>Accepted:</b> 29.05.2025<br><b>Published:</b> 30.06.2025                                  | Recently, the sustainability of agricultural production, influenced by intensive agricultural practices and climate change, has become increasingly important, particularly through the adoption of environmentally friendly methods. Researchers are showing growing interest in precision agriculture techniques, and sustainable farming practices are being actively developed. Phylloxera ( <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> Fitch) infestations have led to the widespread adoption of grafted vines as one of the most sustainable methods in viticulture. However, some grapevine rootstocks exhibit poor rooting and grafting success. To address this issue, synthetic chemicals are often used to enhance the rooting rate of cuttings. Nevertheless, the harmful effects of these chemicals on human health and the environment have increased interest in biostimulants in recent years. This study investigates the effects of thyme hydrolate on the rooting of grapevine cuttings. To this end, cuttings from the 41 B ( <i>V. vinifera</i> x <i>V. berlandieri</i> ) rootstock and the 'Narince' ( <i>V. vinifera</i> L.) table grape variety were dipped in thyme hydrolate for three seconds before being planted in a rooting medium. The untreated cuttings served as the control group. Root number, root length (cm), fresh and dry root weights (g), shoot length (cm), and shoot diameter (mm) were measured. The results showed that thyme hydrolate application significantly increased root number, root length, and both fresh and dry root weights while reducing shoot diameter in both genotypes. The 'Narince' variety treated with thyme hydrolate exhibited the highest values for root length (24.67 cm), root number (12.67), root fresh weight (4.07 g), and root dry weight (0.70 g). In contrast, the control vines of the 'Narince' showed the greatest shoot length (25.67 cm) and shoot diameter (4.32 mm). Overall, the findings indicate that thyme hydrolate is a promising, environmentally friendly approach for enhancing root development in grapevine saplings. |
| <b>Keywords:</b><br>Biostimulant,<br>Grapevine Rooting,<br>Nursery Practices,<br>Precision Agriculture,<br>Thyme Hydrolate. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

## Kekik Hidrolatının Asma Çeliklerinde Köklenmeye Etkileri

| Makale Bilgisi                                                                                                                  | ÖZET                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Geliş Tarihi:</b> 27.02.2025<br><b>Kabul Tarihi:</b> 29.05.2025<br><b>Yayın Tarihi:</b> 30.06.2025                           | Yoğun tarım faaliyetleri ve iklim değişikliğinin etkisi altındaki tarımsal üretimin çevre dostu uygulamalarla sürdürülebilirliğinin sağlanması son yıllarda önem kazanmıştır. Bu bağlamda, araştırmacıların hassas tarım tekniklerine olan ilgisi her geçen gün artmakta ve sürdürülebilir tarım yöntemleri geliştirilmektedir. Sürdürülebilirlik, gelecek nesillerin ihtiyaç duyduğu kaynakların bulunabilirliğini ve kalitesini koruyarak mevcut nesillerin gereksinimlerini karşılamak anlamına gelir. Filoksra ( <i>Daktulosphaira vitifoliae</i> Fitch) saldırıları nedeniyle, bağcılıkta en sürdürülebilir yöntemlerden biri aşılı asma kullanmaktır. Ancak bazı asma anaçlarının köklenme ve aşı tutma kabiliyeti zayıftır. Bu nedenle çeliklerin köklenme oranını artırmak amacıyla bazı sentetik kimyasallar kullanılmaktadır. Ancak sentetik kimyasalların insan sağlığı ve çevreye verdiği zararlar nedeniyle son yıllarda biyostimulantlara ilgi artmıştır. Bu çalışmada, kekik izolatının asma çeliklerinin köklenmesi üzerine etkileri belirlenmiştir. Bu amaçla 41 B ( <i>V. vinifera</i> x <i>V. berlandieri</i> ) asma anacı ile 'Narince' ( <i>V. vinifera</i> L.) sofralık üzüm çeşidinin odun çelikleri kekik hidrolatına üçer saniye batırılarak köklendirme ortamına dikilmiştir. Herhangi bir uygulamanın yapılmadığı çelikler ise kontrol grubunu oluşturmuştur. Çeliklerde kök sayısı (adet), kök uzunluğu (cm), kök yaş ağırlığı (g) ve kök kuru ağırlığı (g), sürgün uzunluğu (cm) ve sürgün çapı (mm) belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, kekik hidrolatı uygulaması iki genotipte de kök sayısı, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığını artırırken, sürgün çapını azaltmıştır. En yüksek kök uzunluğu (24.67 cm), kök sayısı (12.67 adet), kök taze (4.07 g) ve kuru (0.70 g) ağırlıkları 'Narince' çeşidinde kekik hidrolatı uygulamasında belirlenmiştir. En yüksek sürgün uzunluğu (25.67 cm) ve çapı (4.32 mm) ise 'Narince' kontrol asmalarında bulunmuştur. Genel bulgular, asma fidanı köklendirmede çevre dostu uygulama olarak kekik hidrolatının önerebileceğini göstermiştir. |
| <b>Anahtar Kelimeler:</b><br>Asma Köklendirme,<br>Biyostimulant,<br>Fidanlık Uygulamaları,<br>Hassas Tarım,<br>Kekik Hidrolatı. |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |

### Bu makaleye atıfta bulunmak için:

Gayretli, Y. (2025). Effects of thyme hydrolate on rooting of grapevine cuttings. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 5(1), Sayfa 41-53. <https://doi.org/10.54498/ETBD.2024.41>

\*Sorumlu Yazar: Yasin Gayretli, [yasin.gayretli@erbakan.edu.tr](mailto:yasin.gayretli@erbakan.edu.tr)



This article is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License (CC BY-NC 4.0)

## INTRODUCTION

Global grape production totals 74,942,572.95 tons, cultivated across 6,730,179 hectares of land. The largest producers are China (12,672,896.21 tons), Italy (8,437,970 tons), France (6,199,950 tons), Spain (5,902,040 tons), the United States (5,372,800 tons), and Turkey (4,165,000 tons) (FAO, 2024). However, as the global population continues to grow, food demand is rising, prompting the adoption of intensive agricultural practices to meet these increasing needs.

Various methods, including chemical treatments, cultural practices, and the use of resistant varieties, are employed to combat diseases and pests (Allam *et al.*, 2022). The intensive use of chemical applications to sustainably meet the nutritional demands of the rapidly growing global population has resulted in environmental pollution. Consequently, the growing pressures of intensive agricultural practices and the challenges posed by climate change are amplifying the significance of environmentally sustainable precision agriculture techniques as a means to ensure the continued viability of agricultural production (Gayretli *et al.*, 2023). However, despite the promising advancements in organic farming in recent years, the amount of organic production remains insufficient (Ağızan *et al.*, 2024). In this context, there is a growing scholarly interest in organic applications, and sustainable agricultural methods are being consistently developed.

Sustainability involves meeting the needs of the present generation while ensuring that the resources required by future generations remain available and of adequate quality. Factors such as the growing global population, technological advancements, urbanization, and industrialization contribute to an increase in greenhouse gas emissions, the depletion of water resources, land degradation, and various health issues (Akay and Demir, 2020). In agriculture, sustainability is further constrained by challenges such as soil degradation and water scarcity, which could lead to significant food shortages in the future (Muhammed Loay *et al.*, 2022).

The most sustainable approach to combating phylloxera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) infestations, a major challenge in viticulture, is the use of grafted grapevines. However, certain vine rootstocks exhibit low rooting and grafting success rates. As a result, synthetic chemicals are often employed to enhance the rooting success of cuttings.

Auxin-derived hormones, such as indole-3-butyric acid (IBA), naphthalene acetic acid (NAA), and indole-3-acetic acid (IAA), are currently the most commonly used chemicals to promote rooting in cuttings (Estrella-Maldonado *et al.*, 2022; Sabır *et al.*, 2004; Salis *et al.*, 2017). However, growing concerns regarding the detrimental effects of synthetic chemicals on human health and the environment have led to a rise in interest in biostimulants in recent years.

In sustainable agriculture, minimizing the use of synthetic chemicals and adopting alternative products is an effective strategy for ensuring the renewal of natural resources (Küçük *et al.*, 2024; Özyiğit, 2021). Plant extracts, in particular, have attracted considerable research attention in recent years due to their rich content of bioactive compounds. These compounds typically include organic substances such as polyphenols, vitamins, plant hormones, and amino acids, as well as both macro- and microelements (Karaşahin, 2022). Plant extracts have demonstrated positive effects on various plant traits, including seed germination (Ben-Jabeur *et al.*, 2019), rooting of cuttings (Gayretli and Sabır, 2024), physiological (Lucini *et al.*, 2018) and vegetative (Chaouch *et al.*, 2023; El-Hefny and Hussien, 2025; Solgi *et al.*, 2025) properties. Thyme (*Thymus spp.* L.), a member of the Lamiaceae family, has been increasingly studied in recent years for its biostimulant properties (Ben-Jabeur *et al.*, 2015; Beni *et al.*, 2020; Bill *et al.*, 2014; Bînzari *et al.*, 2022).

Water-soluble extracts of thyme are primarily composed of amino acids, aliphatic compounds, vitamins such as ascorbic acid (vitamin C), organic acids like citric and formic acids, carbohydrates including sucrose and glucose, as well as aromatic and phenolic compounds. Thyme oil and hydrolate have been applied to various plant species, where they have been shown to promote plant growth (Ben-Jabeur *et al.*, 2015; Ben-Jabeur *et al.*, 2019; Beni *et al.*, 2020; Chaouch *et al.*, 2023; Gayretli and Sabır, 2024; Karaşahin, 2022; Sokmen *et al.*, 2004).

Over the past 20 years, grapevine sapling production has doubled, increasing from 2 million to approximately 4 million. Similarly, the production of fruit saplings has experienced a significant rise, growing from 3 million to 112 million (BÜGEM, 2024). The overall findings will contribute not only to the production of grapevine saplings but also to the cultivation of other fruit saplings propagated through vegetative methods using organic practices.

This study investigates the effects of thyme hydrolate on the rooting of grapevine cuttings as an alternative to synthetic chemicals in grapevine sapling production. For this purpose, rootless cuttings of the 41 B (*V. vinifera* × *V. berlandieri*) grapevine rootstock, known for its low rooting capacity, and the Narince (*V. vinifera* L.) table grape cultivar, a *V. vinifera* L. species with high rooting ability, were used.

## MATERIALS AND METHODS

This study was carried out in 2024 at the Research and Application Greenhouse of the Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Selçuk University (38°01.814' N, 032°30.546' E, and an altitude of 1158 meters).

### Material

In this study, two grapevine genotypes with varying rooting abilities (one with low rooting potential and the other with high rooting potential) were utilized to assess the effects of thyme hydrolate on rooting. For this purpose, rootless cuttings of 41 B (*V. vinifera* × *V. berlandieri*) grapevine rootstock and the 'Narince' (*V. vinifera* L.) table grape variety were pruned in March and stored under cold conditions (+4°C and 80% humidity) until the start of the experiment. Thyme hydrolate was obtained from *Thymus vulgaris*, a species within the *Thymus* genus. Sterile agricultural perlite (with particle sizes larger than 3 mm in diameter) was used as the rooting medium for the cuttings.

### Research Design

In the experiment, the 'Narince' variety and 41 B rootstock were designated as the main plots. Each main plot was further divided into two subplots, representing the control and thyme hydrolate treatments. Each treatment was replicated three times, with 20 cuttings used in each replication.

### Measurements and Analysis

The number of roots was determined by counting the primary roots that emerged from the basal part of the cuttings. The lengths of the roots originating from the basal portion of the cuttings were measured using a ruler, and the root length (cm) was recorded. The fresh weight of the roots was determined by cutting the cuttings at the root collar and weighing them (g). Subsequently, the roots were dried at 65°C for 48 hours, and their dry weight was measured (g). The length of the shoots on the cuttings was measured using a ruler (cm). The shoot diameter was determined (mm) using a digital caliper at the midpoint between the 2nd and 3rd nodes of the same shoots, measured in two directions (Gayretli and Sabır, 2024).

To obtain thyme hydrolate for the experiment, water and volatile oil were evaporated, concentrated in the cooler, and collected in a collection container (Kürkçüoğlu, 1995).



### Statistical Analysis

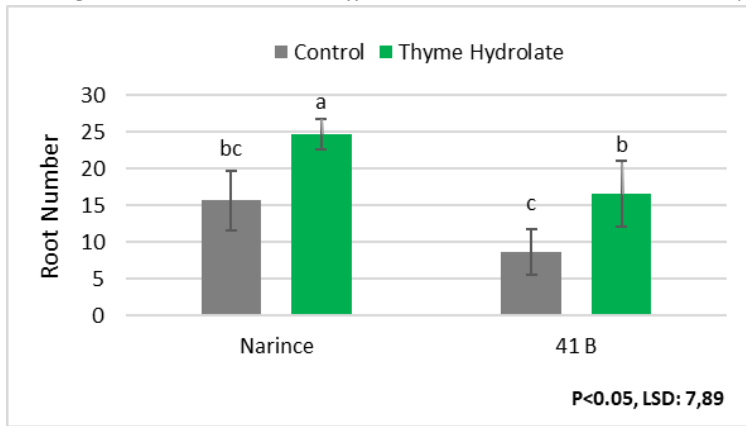
The data obtained were analyzed using the JMP statistical program (SAS Institute Inc., Cary, NC, USA, version 5.0.1). Significant differences between the means were determined using the LSD test at a significance level of  $P < 0.05$ , based on the genotype  $\times$  treatment interaction.

### RESULTS

Thyme hydrolate application significantly increased the number of roots in both grapevine genotypes (Fig. 1). The highest root count was observed in the 'Narince' with the thyme hydrolate treatment, followed by the TH application in the 41B rootstock (24.67 and 16.67, respectively). The lowest root number was recorded in the control group of the 41B rootstock (8.67). As anticipated, the 'Narince' variety exhibited a higher root count than the 41B rootstock in both treatments.

**Figure 1**

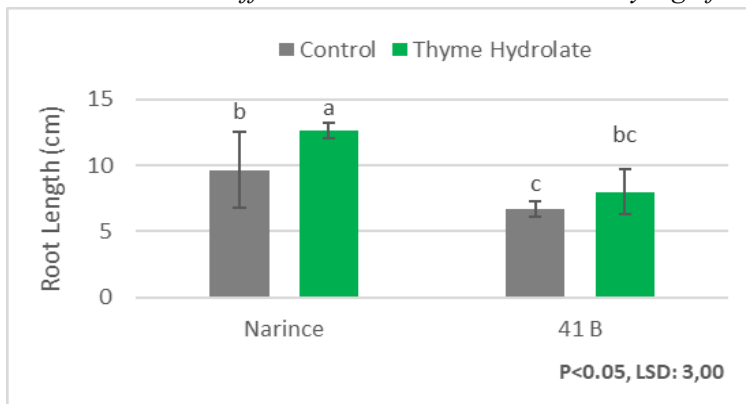
*Effects of thyme hydrolate application on the root number of 41 B rootstock and Narince variety cuttings. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).*



Thyme hydrolate significantly influenced the root length of the grapevine genotypes, as shown in Figure 2. The longest roots were observed in the thyme hydrolate-treated 'Narince' variety (12.67 cm), while the shortest roots were found in the control treatment of the 41B rootstock (6.67 cm). The positive effects of thyme hydrolate on both root length and root number were evident.

**Figure 2**

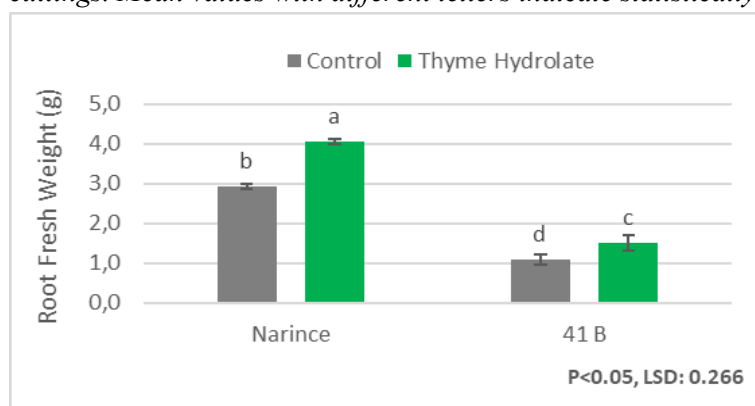
*Effects of thyme hydrolate application on root length of 41 B rootstock and Narince variety cuttings. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).*



Thyme hydrolate application significantly increased the fresh weight of the roots (Fig. 3). The highest root fresh weight was observed in the thyme hydrolate-treated 'Narince' variety (4.07 g). In contrast, the lowest fresh weights were recorded in the control (1.10 g) and thyme hydrolate (1.50 g) treatments of the 41B rootstock, respectively.

**Figure 3**

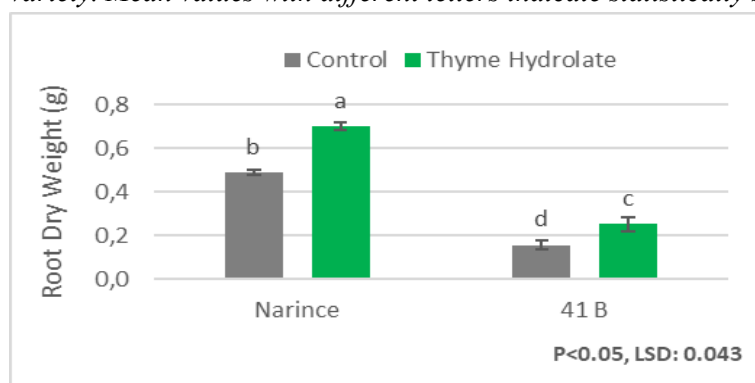
Effects of thyme hydrolate application on root fresh weight of 41 B rootstock and Narince variety cuttings. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).



As shown in Figure 4, thyme hydrolate application had a significant effect on root dry weight. The highest root dry weight was observed in the thyme hydrolate-treated 'Narince' variety (0.70 g), while the lowest values were recorded in the control treatment of the 41B rootstock (0.16 g). Thyme hydrolate application increased dry matter accumulation in the roots of both genotypes.

**Figure 4**

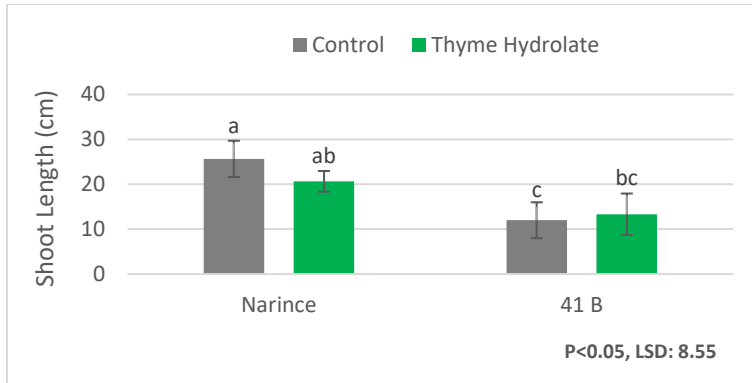
Effects of thyme hydrolate application on root dry weight in cuttings of 41 B rootstock and Narince variety. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).



Statistically significant differences were observed in the response of shoot length to thyme hydrolate treatment (Fig. 5). The longest shoot length was recorded in the control (25.67 cm) and thyme hydrolate (20.67 cm) treatments for the 'Narince' variety. The shortest shoot length was observed in the control treatment of the 41B rootstock (12 cm). The reduction in shoot length due to thyme hydrolate application in the 'Narince' variety was particularly notable. Furthermore, while thyme hydrolate had contrasting effects on shoot length and root number in the 'Narince' variety, this effect was not observed in the 41B rootstock

**Figure 5**

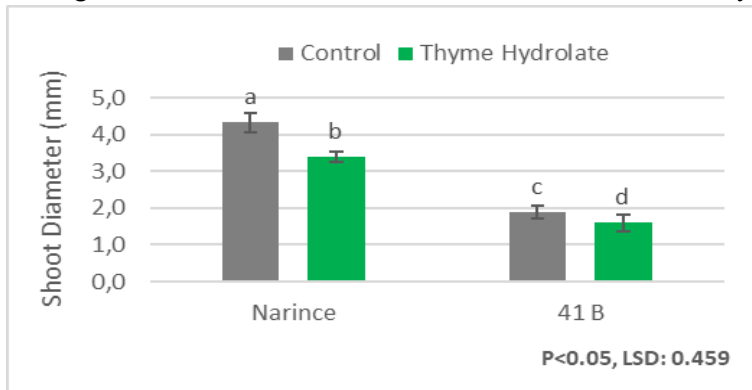
Effects of thyme hydrolate application on shoot length in cuttings of 41 B rootstock and Narince variety. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).



Thyme hydrolate application significantly reduced the shoot diameter of the genotypes (Fig. 6). The largest shoot diameter was recorded in the control vines of the 'Narince' variety (4.32 mm), followed by the thyme hydrolate treatment (3.39 mm). The smallest shoot diameter was observed in the thyme hydrolate-treated 41 B rootstock (1.59 mm). Interestingly, thyme hydrolate application decreased shoot diameter in both genotypes, which contrasts with its positive effects on rooting parameters.

**Figure 6**

Effects of thyme hydrolate application on shoot diameter of 41 B rootstock and Narince variety cuttings. Mean values with different letters indicate statistically significant differences ( $P < 0.05$ ).



## DISCUSSION

Plant extracts possess biostimulant properties due to the bioactive compounds they contain, including hormones, vitamins, and macro- and micronutrient elements (Karaşahin, 2022). In addition to their applications in human (Alp, 2020; Gökbaş, 2021) and animal health (Çölçimen *et al.*, 2020), plant extracts have recently been increasingly utilized as biostimulants to ensure sustainability in agriculture. This has led to extensive research into their practical use in agricultural practices (Godlewska *et al.*, 2021). Previous studies have demonstrated that plant extracts impact the levels of polyphenols, hormones (Lucini *et al.*, 2018), organic acids and sugars (Abou Chehade *et al.*, 2018). These primary and secondary metabolites regulate essential biological activities that influence both physiological responses (Barrajón-Catalán *et al.*, 2014) and phenotype of plants (Godlewska *et al.*, 2021).

Posmyk and Szafrńska (2016) emphasized that plant extracts function differently from fertilizers

or phytohormones, possessing biostimulant properties that promote plant growth. The use of natural, readily available, and cost-effective resources in plant cultivation is essential (Jang and Kuk, 2019). In this context, plant extracts hold significant potential for supporting sustainable agriculture.

The biostimulant effects of plant extracts have been studied across various plant species. For instance, a 5% root extract of *Gypsophila perfoliata* L. was found to enhance both root and shoot lengths in Hungarian vetch (Işık *et al.*, 2024). Mallow extract has been shown to increase plant height and fresh weight in lavender, as reported by (El-Hefny and Hussien, 2025). Furthermore, extract derived from the zahter plant (at concentrations of 10% and 20%) enhanced root fresh weight, root dry weight, root length, and plant height in rosemary (Solgi *et al.*, 2025). Thyme oil was found to enhance antioxidant enzyme activity and improve resistance to anthracnose disease in avocados (Bill *et al.*, 2014). Additionally, Sabır (2024) highlighted that plant oil extracts significantly enhanced callus formation and shoot growth at the grafting point of grapevines.

In grapevines, it has been reported that fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) extract increases the mineral content in grapevine leaves (Ebrahim, 2017). Soybean (*Glycine max*) extract has been shown to reduce the symptoms of downy mildew disease in grapevines through its antimicrobial effect (Lachhab *et al.*, 2014). Additionally, different doses of thyme hydrolate have been found to promote root and shoot development in grapevines (Gayretli and Sabır, 2024), while thyme oil reduces weight loss in grapes during storage (Abdolahi *et al.*, 2010). The literature review revealed a lack of sufficient studies on the effects of plant extracts on grapevines. Furthermore, research investigating the biostimulant properties of thyme remains limited.

Thyme extracts are particularly rich in ascorbic acid and various amino acids, both of which are known to exhibit biostimulant effects (Posmyk and Szafrńska, 2016). Additionally, thyme extracts may contain aliphatic compounds, vitamins, organic acids, carbohydrates, aromatic and phenolic compounds, as well as essential elements such as Fe, Cu, Zn, Mn, B, and Al (Broadley *et al.*, 2012). These components enable thyme extracts to activate the enzymatic systems within plant cells. Notably, compounds like carvacrol, eugenol, and thymol possess antimicrobial properties and play a role in enhancing plant defense mechanisms against pathogenic microorganisms (Gurjar *et al.*, 2012).

Thyme extracts act as biostimulants, protecting plants from oxidative stress through their nutrient content and antioxidant properties. Oxidative stress arises from the accumulation of reactive oxygen and nitrogen species, including hydrogen peroxide (Şahin, 2017), singlet oxygen (Lal *et al.*, 2019), hydroxyl (Karabulut and Gülay, 2016), superoxide (Mittler *et al.*, 2022), and peroxynitrite (Can, 2015). Oxidative stress results from an imbalance between reactive oxygen species and antioxidants in living organisms. This imbalance can give rise to cellular damage, affecting proteins, lipids, and DNA by disrupting normal cellular functions. (Temiz and Daye, 2024).

Reactive oxygen species lead to the inactivation of genes involved in polar auxin transport and auxin signaling. Furthermore, it has been suggested that thyme oil, owing to its antioxidant properties, can help protect hormonal functions (Iglesias *et al.*, 2010). The role of thyme oil in protecting phytohormones can be attributed to its high content of natural phenolic compounds, such as  $\delta$ -terpinene and carvacrol, which are the primary bioactive components in the essential oils of the *Lamiaceae* family (Tohidi *et al.*, 2017). Dash *et al.* (2021) reported that carvacrol, a key component in thyme extract, is the most effective antioxidant, and it also possesses antibacterial, antimicrobial, antifungal, and antiviral properties. According to Binzari *et al.* (2022), thyme oil does not inhibit cell proliferation in root meristems.

Ben-Jabeur *et al.* (2019) found that in wheat seeds coated with thyme oil, the levels of ABA decreased, while the levels of phenolic compounds increased, thereby promoting rooting. It has been

reported that polyphenols prevent the enzymatic degradation of endogenous auxin during the rooting process and act as cofactors for auxin (James and Thurbon, 1981).

Thyme oil was applied to the root medium of tomatoes grown in a hydroponic system, and after two days, the accumulation of phenolic compounds in the roots and, after five days, in the leaves was found to be higher compared to the control plants (Ben-Jabeur *et al.*, 2015). The researchers also reported that thyme oil enhanced peroxidase enzyme activity.

Although it has not been conclusively demonstrated that thyme oil exerts effects identical to those of phytohormones, it interacts with plant receptors or signaling pathways, eliciting responses comparable to those triggered by natural phytohormones. The application of thyme oil to strawberries has been shown to enhance shoot length, increase root number, promote root elongation, and facilitate earlier rooting (Chaouch *et al.*, 2023).

Based on this information, it is suggested that the components present in the thyme hydrolate used in our study exhibited biostimulant and nutritional effects, minimizing cellular damage during the rooting phase due to its antioxidant properties, and promoting root and shoot development in the cuttings. In the present study, the root number, root length, and both fresh and dry root weights were found to be lower in the 41 B grapevine rootstock compared to the 'Narince' variety. It is well-known that the 41 B rootstock has a weak rooting ability, a characteristic inherited from one of its parent species, *V. berlandieri*. Consequently, a lower rooting rate is expected in the 41 B rootstock. In contrast, the 'Narince' variety exhibits a high rooting ability, as it belongs to the *V. vinifera* species. Our results confirm this expectation.

Gayretli and Sabır (2024) investigated the effects of different doses of thyme hydrolate on rooting in grapevine cuttings. Their study found that thyme hydrolate increased both root fresh and dry weights in the 'Ekşi Kara' variety. However, the same researchers reported that doses of 60% and 90% of thyme hydrolate negatively affected shoot length and diameter in the 110 R rootstock.

In this study, the application of thyme hydrolate increased root number, root length, and both root fresh and dry weights, while it decreased shoot diameter in both genotypes. These results are consistent with the findings of Gayretli and Sabır (2024). Additionally, it is believed that thyme isolate may have stimulated auxin production and, consequently, enhanced rooting by reducing ABA accumulation in the cuttings, as reported by Ben-Jabeur *et al.* (2019) and Chaouch *et al.* (2023), and increasing the concentration of phenolic compounds (Ben-Jabeur *et al.*, 2015).

## CONCLUSION AND SUGGESTIONS

Environmental sustainability and resource management are among the most pressing issues in today's world. Sustainable agriculture seeks to reduce the reliance on chemical fertilizers and pesticides, which cause irreversible harm to human health and the environment. As a result, there has been a growing interest in research on alternative and sustainable production methods.

In the present study, thyme hydrolate likely inhibited ABA synthesis, promoted auxin production, and facilitated the protection of the produced auxin, possibly due to its bioactive compounds and antioxidants such as phenolic acids and flavanols, as reported in the literature. As a result, thyme hydrolate led to an increase in the root number of cuttings. Additionally, it had a positive effect on both root fresh and dry weight. Therefore, thyme hydrolate can be recommended as an environmentally friendly, sustainable approach for enhancing rooting in grapevine sapling production.

Further studies are needed to investigate the effects of different doses of thyme hydrolate on both rooting and graft retention across various genotypes. These studies will offer more comprehensive insights into the use of environmentally friendly, biostimulant plant extracts. Proper application of plant

extracts, particularly in *V. berlandieri* hybrids (such as 41B and 110 R) grapevine rootstocks, could enhance rooting and graft success. Furthermore, it has been concluded that thyme hydrolate can be utilized in organic sapling production through organic methods. Therefore, thyme hydrolate presents a valuable alternative biostimulant for environmentally friendly, cost-effective, and sustainable agriculture by reducing the reliance on synthetic chemicals in grapevine rooting.

The results of this study could contribute not only to grapevine sapling production but also to the organic cultivation of other fruit saplings propagated vegetatively.

#### **Yazar Katkıları/Author Contributions**

Tasarım/Design: Yazar 1 (%100)

Veri Toplama /Data Collection: Yazar 1 (%100)

Analiz ve yorum/Analysis or Interpretation: Yazar 1 (%100)

Literatür tarama/Literature Search: Yazar 1 (%100)

Yazma/Writing: Yazar 1 (%100)

#### **Finansman/ Funding**

Yok/No.

#### **Çıkar Çatışması/ Conflict of Interest**

Yazarlar çıkar çatışması belirtmemiştir The authors have declared no conflict of interest.

#### **Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SDG)/ Sustainable Development Goals**

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 3 Sağlık ve Kaliteli Yaşam

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 6 Temiz Su ve Sanitasyon

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 12 Sorumlu Üretim ve Tüketim

Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları: 13 İklim Eylemi



## REFERANSLAR

- Abdolahi, A., Hassani, A., Ghosta, Y., Bernousi, I., & Meshkatsadat, M. (2010). Study on the potential use of essential oils for decay control and quality preservation of Tabarzeh table grape. *Journal of Plant Protection Research*, 50(1), 45-52.
- Abou Chehade, L., Al Chami, Z., De Pascali, S. A., Cavoški, I., & Fanizzi, F. P. (2018). Biostimulants from food processing by-products: agronomic, quality and metabolic impacts on organic tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 98(4), 1426-1436.
- Ağızhan, K., Bayramoğlu, Z., Özbek, O., & Gökdoğan, O. (2024). Determination of energy use efficiency, greenhouse gas emissions and production costs in organic table grape production in Turkey. *Applied Fruit Science*, 66(1), 269-278.
- Akay, G., & Demir, L. S. (2020). Toplum beslenmesinde sürdürülebilirlik ve çevre. *Selçuk Tıp Dergisi*, 36(3), 282-287.
- Allam, N., Kıymacı, G., Kal, Ü., & Türkmen, Ö. (2022). Bazı nitelikli kapa biber hatlarının TSWV'ne dayanım düzeylerinin belirlenmesi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(2), 62-66.
- Alp, H. B. (2020). Konya-Akyokuş yöresinde yetiştirilen *Althaea Officinalis*-Hatmi bitkisinin etanol ekstraktının toplam flavonoid miktarı. *Genel Sağlık Bilimleri Dergisi*, 2(3), 159-166.
- Barrajón-Catalán, E., Herranz-López, M., Joven, J., Segura-Carretero, A., Alonso-Villaverde, C., Menéndez, J. A., & Micol, V. (2014). Oxidative Stress and Inflammation in Non-communicable Diseases - Molecular Mechanisms and Perspectives in Therapeutics. In J. Camps. (Ed.), *Advances in Experimental Medicine and Biology* (Vol. 824, pp. 1-223). Switzerland: Springer Cham.
- Ben-Jabeur, M., Ghabri, E., Myriam, M., & Hamada, W. (2015). Thyme essential oil as a defense inducer of tomato against gray mold and *Fusarium wilt*. *Plant Physiology and Biochemistry*, 94, 35-40.
- Ben-Jabeur, M., Vicente, R., López-Cristoffanini, C., Alesami, N., Djébalı, N., Gracia-Romero, A., Serret, M. D., López-Carbonell, M., Araus, J. L., & Hamada, W. (2019). A novel aspect of essential oils: coating seeds with thyme essential oil induces drought resistance in wheat. *Plants*, 8(10), 371-388.
- Beni, C., Casorri, L., Masciarelli, E., Ficociello, B., Masetti, O., Neri, U., Aromolo, R., Rinaldi, S., Papetti, P., & Cichelli, A. (2020). Characterization of thyme and tansy extracts used as basic substances in zucchini crop protection. *J. Agricult. Stud*, 8, 95-110.
- Bill, M., Sivakumar, D., Korsten, L., & Thompson, A. K. (2014). The efficacy of combined application of edible coatings and thyme oil in inducing resistance components in avocado (*Persea americana* Mill.) against anthracnose during post-harvest storage. *Crop Protection*, 64, 159-167.
- Bînzari, V., Gheorghe, D.-I., Lupu, C., Constantinescu-Aruxandei, D., & Oancea, F. (2022). Clastogenic effects of thyme essential oil on *Vicia faba*. *Chemistry Proceedings*, 7(1), 30-31.
- Broadley, M., Brown, P. H., Cakmak, I., Maj, F., Rengel, Z., & Zhao, F. J. (2012). Beneficial elements. In P. Marschner. (Ed.), *Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants* (pp. 191-248). London, UK: Academic Press. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-384905-2.00008-X>
- BÜGEM. (2024). *Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, tohumculuk istatistikleri, sertifikalı çilek ve fidan*

üretimi.

[https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Duyurular/A\\_OrganikTarimkontroloregitimi/deneme/2024%20G%C3%BCbre%20Analizinde%20Yetkilendirilen%20Laboratuvarlar%20ve%20Referans%20Kurulu%C5%9Flar%C4%B1%20G%C3%BCncellenmi%C5%9Ftir/B%C3%9CGEM%20G%C3%9CBRE%20ANAL%C4%B0Z%20PROTOKOL%20DUYURUSU/Bitkisel%20%C3%9Cretim/Tohumculuk/%C4%B0statistikler/sertifikal%C4%B1%20cilek%20ve%20fidan%20%C3%BCretim%20mik.pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Belgeler/Duyurular/A_OrganikTarimkontroloregitimi/deneme/2024%20G%C3%BCbre%20Analizinde%20Yetkilendirilen%20Laboratuvarlar%20ve%20Referans%20Kurulu%C5%9Flar%C4%B1%20G%C3%BCncellenmi%C5%9Ftir/B%C3%9CGEM%20G%C3%9CBRE%20ANAL%C4%B0Z%20PROTOKOL%20DUYURUSU/Bitkisel%20%C3%9Cretim/Tohumculuk/%C4%B0statistikler/sertifikal%C4%B1%20cilek%20ve%20fidan%20%C3%BCretim%20mik.pdf) (Accessed 31.10.2024).

Can, Ü. (2015). Effects of high-fat diet and acrylamide on tissue oxidant and antioxidant levels in rats. *Selçuk Tıp Dergisi*, 32(2), 38-42.

Chaouch, R., Kthiri, Z., Soufi, S., Jabeur, M. B., & Bettaieb, T. (2023). Assessing the biostimulant effect of micro-algae and thyme essential oil during in-vitro and ex-vitro rooting of strawberry. *South African Journal of Botany*, 162, 120-128.

Çölçimen, N., Arihan, O., Gümüşok, S., & Kılıç, C. (2020). Effect of the *Opopanax Hispidus* plant's aerial parts extract on mice ovary. *Selçuk Tıp Dergisi*, 36(1).

Dash, K. T., Jena, S., Ray, A., Sahoo, A., Kar, S. K., Sahoo, R. K., Subudhi, E., Panda, P. C., & Nayak, S. (2021). Chemical composition of carvacrol rich leaf essential oil of *Thymus vulgaris* from India: Assessment of antimicrobial, antioxidant and cytotoxic potential. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 24(5), 1134-1145.

Ebrahim, A. A. (2017). Effect of spraying extracts of rocket and fenugreek seed sprouts on yield and quality of Flame Seedless grapevines. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 44(5), 1581-1588.

El-Hefny, M., & Hussien, M. K. (2025). Enhancing the growth and essential oil components of *Lavandula latifolia* using *Malva parviflora* extract and humic acid as biostimulants in a field experiment. *Scientific Reports*, 15(1), 774.

Estrella-Maldonado, H., Solís, J. R. M., & Rodríguez-Quibrera, C. G. (2022). Disinfection procedure for stem cuttings and *in vitro* production of axillary buds for the Persian lime sanitation. *International Journal of Science and Research Archive*, 7(1), 470-476.

FAO. (2024). *Production indices*. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QI> (Accessed 31.10.2024).

Gayretli, Y., Abdulhadi, S. A. A., Türkoğlu, İ., & Sabır, A. (2023). Farklı dozlarda çiftlik gübresi uygulamalarının asma genotiplerinde fizyolojik ve vejetatif özelliklere etkileri. *Bahçe*, 52(Özel Sayı 1), 202-213.

Gayretli, Y., & Sabır, A. (2024, December). *Effects of different doses of thyme hydrolate on rooting in grapevine sapling production*. 1. International Ankara Scientific Research Congress, Ankara.

Godlewska, K., Ronga, D., & Michalak, I. (2021). Plant extracts-importance in sustainable agriculture. *Italian Journal of Agronomy*, 16(2), 1851-1874.

Gökbaş, Ç. (2021). Ginkgo Biloba ekstrelerinin (EGb-761) İzole İnsan umbilikal arteri kasılma yanıtları üzerine vasküler etkileri. *Selçuk Tıp Dergisi*, 37(2), 158-165.

Gurjar, M. S., Ali, S., Akhtar, M., & Singh, K. S. (2012). Efficacy of plant extracts in plant disease management. *Agricultural Sciences*, 3(3), 425-433. <https://doi.org/https://doi.org/10.4236/as.2012.33050>

Iglesias, M. J., Terrile, M. C., Bartoli, C. G., D'Ippólito, S., & Casalongué, C. A. (2010). Auxin signaling participates in the adaptative response against oxidative stress and salinity by

- interacting with redox metabolism in *Arabidopsis*. *Plant Molecular Biology*, 74, 215-222.
- Işık, M. İ., Güleç, A., Türkoğlu, A., & Armağan, M. (2024). Exploring the impact of *Gypsophila perfoliata* L. root extract on germination and seedling growth parameters of sweet sorghum and hungarian vetch. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 17(2), 327-337.
- James, D. J., & Thurbon, I. J. (1981). Phenolic compounds and other factors controlling rhizogenesis *in vitro* in the apple rootstocks M. 9 and M. 26. *Zeitschrift für Pflanzenphysiologie*, 105(1), 11-20.
- Jang, S. J., & Kuk, Y. I. (2019). Growth promotion effects of plant extracts on various leafy vegetable crops. *Horticultural Science and Technology*, 37(3), 322-336.
- Karabulut, H., & Gülay, M. Ş. (2016). Serbest radikaller. *Mehmet Akif Ersoy University Journal of Health Sciences Institute*, 4(1), 50-59.
- Karaşahin, M. (2022). Biyostimulant olarak bitki ekstraktları ve çimlenmiş buğday tohumu ekstraktı. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi*, 11(2), 190-200.
- Küçük, R., Ersoy, L., Altuntaş, Ö., & Durak, A. (2024). K-Feldispat uygulamalarının iceberg marul yetiştiriciliğinde verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 4(1), 41-49.
- Kürkçüoğlu, M. (1995). *Türk gül yağı, konketi ve absölütünün üretimi ve özellikleri* [PhD], Anadolu University Institute of Health Sciences, Eskişehir.
- Lachhab, N., Sanzani, S. M., Adrian, M., Chiltz, A., Balacey, S., Boselli, M., Ippolito, A., & Poinssot, B. (2014). Soybean and casein hydrolysates induce grapevine immune responses and resistance against *Plasmopara viticola*. *Frontiers in Plant Science*, 5, 716.
- Lal, M., Kumari, A., & Pooja Sheokand, S. (2019). Reactive oxygen species, reactive nitrogen species and oxidative metabolism under waterlogging stress. In M. Hasanuzzaman, V. Fotopoulos, K. Nahar, & M. Fujita. (Eds.), *Reactive Oxygen, Nitrogen and Sulfur Species in Plants: Production, Metabolism, Signaling and Defense Mechanisms* (pp. 777-812).
- Lucini, L., Roupahel, Y., Cardarelli, M., Bonini, P., Baffi, C., & Colla, G. (2018). A vegetal biopolymer-based biostimulant promoted root growth in melon while triggering brassinosteroids and stress-related compounds. *Frontiers in Plant Science*, 9, 472.
- Mittler, R., Zandalinas, S. I., Fichman, Y., & Van Breusegem, F. (2022). Reactive oxygen species signalling in plant stress responses. *Nature reviews Molecular cell biology*, 23(10), 663-679.
- Muhammed Loay, A., Şensoy, S., & Bitik, S. (2022). Ispanakta farklı elektrik akımı (DC) uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri. *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(2), 48-61.
- Özyiğit, İ. İ. (2021). Tarım topraklarında ağır metaller; kökenleri, yayılışları ve etkileri. *Necmettin Erbakan Üniversitesi Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1), 46-72.
- Posmyk, M. M., & Szafrńska, K. (2016). Biostimulators: a new trend towards solving an old problem. *Frontiers in Plant Science*, 7, 748.
- Sabır, A. (2024). Pre-grafting treatments of plant fatty acid extract, seaweed (*Ascophylum nodosum* L.) and micronized calcite increase the grafting success in grapevine propagation. *Agriculture and Food Sciences Research*, 11(2), 222-227.
- Sabır, A., Kara, Z., Küçükbasmacı, F., & Yücel, N. K. (2004). Effects of different rooting media and auxin treatments on the rooting ability of *Rupestis du Lot* (*Vitis rupestris*) rootstock cuttings.

- Journal of Food, Agriculture & Environment*, 2(2), 307-309.
- Salis, C., Papadakis, I. E., Kintzios, S., & Hagidimitriou, M. (2017). In vitro propagation and assessment of genetic relationships of citrus rootstocks using ISSR molecular markers. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 45(2), 383-391.
- Sokmen, A., Gulluce, M., Akpulat, H. A., Daferera, D., Tepe, B., Polissiou, M., Sokmen, M., & Sahin, F. (2004). The *in vitro* antimicrobial and antioxidant activities of the essential oils and methanol extracts of endemic *Thymus spathulifolius*. *Food Control*, 15(8), 627-634.
- Solgi, M., Bagnazari, M., Mohammadi, M., & Azizi, A. (2025). *Thymbra spicata* extract and arbuscular mycorrhizae improved the morphophysiological traits, biochemical properties, and essential oil content and composition of Rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) under salinity stress. *BMC Plant Biology*, 25, 220.
- Şahin, Z. (2017). Effect of geraniol on brain cholesterol, vitamin a and e levels in the hydrogen peroxide-treated rats. *Selçuk Tıp Dergisi*, 34(1), 18-22.
- Temiz, S. A., & Daye, M. (2024). Monocyte/High-Density lipoprotein ratio: An indicator of oxidative stress and disease severity in lichen planus patients. *Selçuk Tıp Dergisi*, 40(1), 29-33.
- Tohidi, B., Rahimmalek, M., & Arzani, A. (2017). Essential oil composition, total phenolic, flavonoid contents, and antioxidant activity of *Thymus* species collected from different regions of Iran. *Food Chemistry*, 220, 153-161.