



2021

Cilt/Volume : 9

Sayı/Number : 1

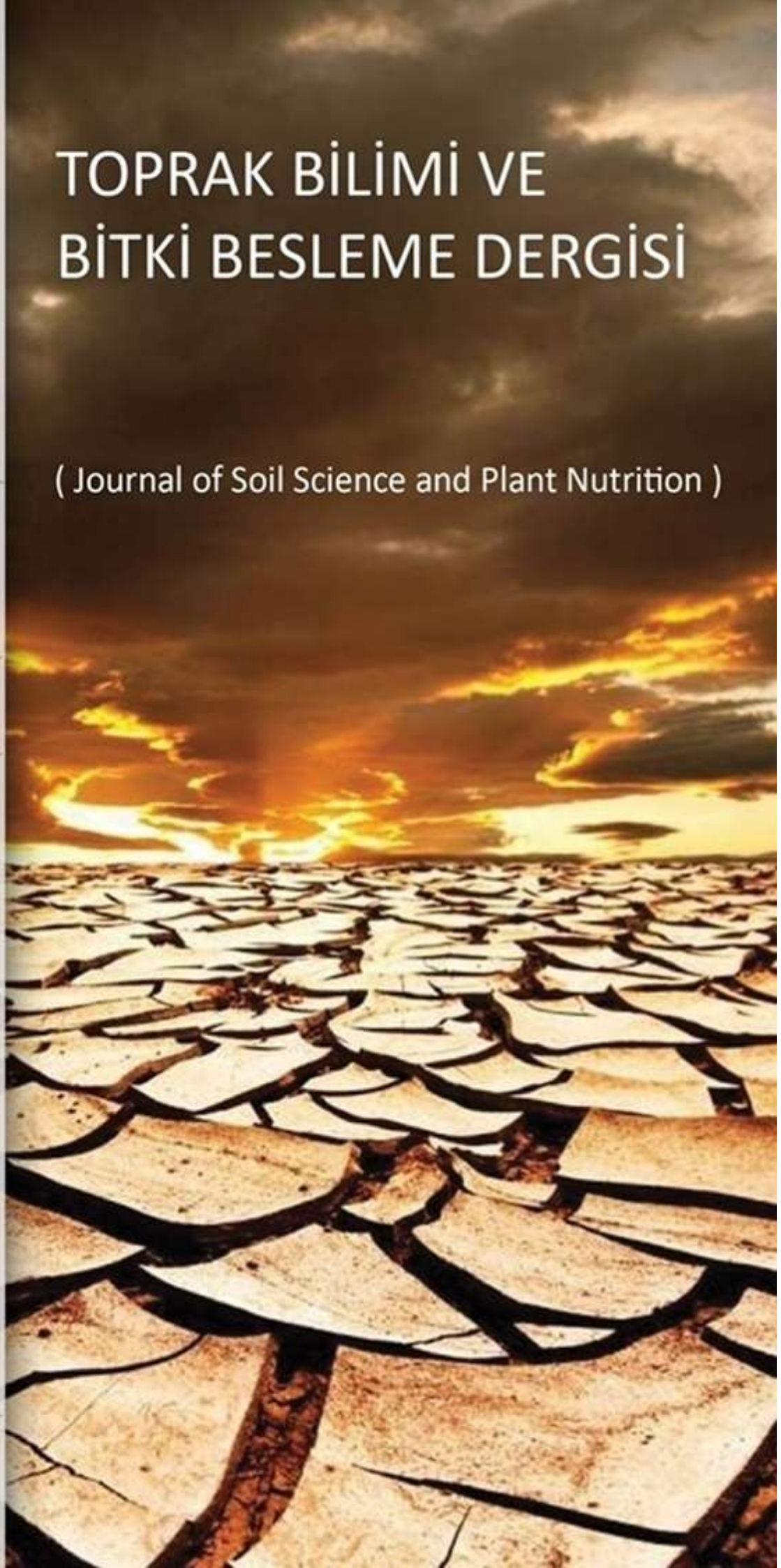
eISSN : 2146 - 8141

[www.toprak.org.tr](http://www.toprak.org.tr)

Türkiye Toprak Bilimi  
Derneği Yayınıdır

# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

( Journal of Soil Science and Plant Nutrition )





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



## SAHİBİ

Dr.Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

## EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr.Coşkun GÜLSER  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr.Rıdvan KIZILKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

## BÖLÜM EDİTÖRLERİ

Dr.Fusun GÜLSER, Toprak Kirliliği ve Islahı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van  
Dr.Hasan Sabri ÖZTÜRK, Toprak Fiziki, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Dr.İlhami BAYRAMİN, Toprak Etüd ve Haritalama, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Dr.Kadir SALTALI, Toprak Kimyası, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş  
Dr.Mehmet ZENGİN, Gübreler ve Gübreleme, Selçuk Üniversitesi, Konya  
Dr.Nur OKUR, Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası, Ege Üniversitesi, İzmir  
Dr.Orhan DENGİZ, Toprak Oluşumu ve Sınıflandırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun  
Dr.Sait GEZGİN, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği, Selçuk Üniversitesi, Konya  
Dr.Taşkın ÖZTAŞ, Arazi Yönetimi, Atatürk Üniversitesi, Erzurum  
Dr.Tayfun AŞKIN, Toprak ve Su Koruma, Ordu Üniversitesi, Ordu

## EDİTÖRLER KURULU

Dr.Alexandre F. D'ANDREA, Federal Institute of Education, Science & Technology of Paraíba, Brazil  
Dr.Amrakh I. MAMEDOV, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan  
Dr.Bülent OKUR, Ege Üniversitesi, İzmir  
Dr.David PINSKY, Institute of Physico-chemical & Biological Problems in Soil Science, Russia  
Dr.Evgeny SHEIN, Lomonosov Moscow State University, Russia  
Dr.Guguli DUMBADZE, Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia  
Dr.Günay ERPUL, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Dr.Hasan Sabri ÖZTÜRK, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Dr.İbrahim ERDAL, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta  
Dr.İbrahim ORTAŞ, Çukurova Üniversitesi, Adana  
Dr.İmanverdi EKBERLİ, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun  
Dr.Mustafa BOLCA, Ege Üniversitesi, İzmir  
Dr.Markéta MIHALIKOVA, Czech University of Life Sciences Prague, Czech Republic  
Dr.Mustafa BAŞARAN, Erciyes Üniversitesi, Kayseri  
Dr.Mustafa Yıldırım CANBOLAT, Atatürk Üniversitesi, Erzurum  
Dr.Oğuz Can TURGAY, Ankara Üniversitesi, Ankara  
Dr.Ömer Lütfü ELMACI, Ege Üniversitesi, İzmir  
Dr.Sezai DELİBACAK, Ege Üniversitesi, İzmir  
Dr.Suat ŞENOL, Çukurova Üniversitesi, Adana  
Dr.Svetlana SUSHKOVA, Southern Federal University, Russia  
Dr.Tomasz ZALESKI, University of Agriculture in Krakow, Poland  
Dr.Tuğrul YAKUPOĞLU, Yozgat Bozok Üniversitesi, Yozgat  
Dr.Valentina VOICU, National Research-Development, Institute for Soil Sci., Agro-Chemistry & Environment, Romania  
Dr.Yasemin KAVDİR, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

## DERGİ HAKKINDA

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, Türkiye Toprak Bilimi Derneğinin hakemli açık erişimli resmi dergisi olup, toprak, bitki ve çevreyle ilişkili temel ve uygulamalı çalışmalara ait araştırma makalelerinin yanı sıra bu alandaki güncel derlemeleri de yayınlamaktadır. Derginin kapsamı; toprak fiziki ve mekaniği, toprak kimyası, toprak biyolojisi ve biyokimyası, toprak su ve koruma, toprak verimliliği, toprak oluşumu, sınıflandırma ve haritalama, toprak sağlığı ve kalitesi, toprak hidrolojisi, toprak yönetimi ve ıslahı, toprak mineralojisi ve mikromorfolojisi, toprak kirliliği ve ıslahı, toprak kaynaklı patojenler, bitki besleme ve gübreleme, jeostatistik, uzaktan algılama ve CBS gibi toprak bilimi alanındaki konuları içermektedir.

**TARANDIĞI İNDEKSLER** : Google Akademik, CABI, TR Dizin, EBSCOHOST





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2021

CİLT : 9

SAYI : 1

SAYFA : 1 - 78

## İÇİNDEKİLER

- Bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ile Fe/Zn oranına etkisi** 1  
*Güney Akınoğlu, Ahmet Korkmaz, Ayhan Horuz*
- Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi ile yapraklarında kloroz dereceleri** 8  
*Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu, Ayhan Horuz*
- Sarımsak hasatıyla meydana gelen toprak kaybının belirlenmesi: Balıkesir-Altıeylül İlçesi örneği** 15  
*Mehmet Parlak, Timuçin Everest*
- Taban suyu tablası yüksekliğinin değişimine bağlı olarak taban suyu seviyesinin matematiksel modellenmesi** 23  
*İmanverdi Ekberli, Coşkun Gülser*
- Farklı kaynaklardan elde edilen organik materyalin kumlu tın bünyeli toprağın bazı özellikleri üzerine etkileri** 30  
*Remzi İlay, Meltem Aktaş, Nuri Burak Aslantekin, Hasan Özcan*
- Güney - Kazakistan'da sulu tarım yapılan toprakların bazı fiziksel özellikleri ve geçirgenlikleri** 39  
*Maussymzhan Beisenbayeva, Sydyk Dosymbek, Aigul Zhapparova, Kadisha Toktibayeva, Gulnur Utenbayeva, Bolat Murzabayev, Zhainagul Yertayeva*
- Doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak arazi değerlendirme çalışması; Çarşamba Sefalı Köyü Örneği** 43  
*Murat Çakır, Orhan Dengiz*
- Çinko (Zn) uygulamalarının marul (*Lactuca Sativa* L.) bitkisinin bazı yaprak besin element içeriklerine etkisi** 57  
*Bülent Yağmur, Şenay Aydın*
- Organik atık ve polimer uygulamalarının toprakta doğrusal uzama katsayısı ve hacimsel büzülme değeri üzerine etkileri** 64  
*Zerrin Civelek, Nutullah Özdemir*
- Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinin toprak özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkiler** 71  
*Abdurrahman Ay, Ridvan Kızılkaya*



# Bazı çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ile Fe/Zn oranına etkisi

✉ Güney Akınoğlu\*, ✉ Ahmet Korkmaz, ✉ Ayhan Horuz

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

## Özet

Bu çalışmanın amacı, çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ile Fe/Zn oranına etkisini belirlemektir. Çalışmada 5 farklı çeltik çeşidine kum kültüründe demir sülfat heptahidrat formunda, i) 45  $\mu\text{M}$  Fe (yeterli Fe), ii) 3.50 mM Fe (toksik-Fe), iii) 3.50 mM Fe (% 10 aktive bentonit içerikli kum ortamı) konsantrasyonlarında demir içeren tam besin çözeltisi uygulanmıştır. Denemede kullanılan bazı çeltik çeşitleri: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne'dir. Çeltik çeşitlerinin taze kökleri dithionite-sitrat-bikarbonat (DSB) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, ve bu ekstraktaki demir ve çinko konsantrasyonları atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında belirlenmiştir. Toksik düzeyde demir uygulaması taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir, çinko kapsamını ve Fe/Zn oranını arttırmıştır. Bentonit ilaveli ortamda taze köklerde ekstrakte edilebilir Fe, Zn kapsamı ve Fe/Zn oranı bentonitsiz ortamda yetiştirilen bitkilerin taze köklerine göre daha düşük bulunmuştur. Bentonitli ortamda taze köklerde Fe ve Zn tutulumu azalma göstermiştir. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir içeren besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Hamzadere > Biga incisi şeklinde sıralanmış; soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne > Biga incisi ~ Ronaldo şeklinde sıralanmış; taze kökte Fe/Zn oran değerleri ise Ronaldo ~ Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Ronaldo ve Edirne çeşitlerinde demir toksikliği ortamında çinko kapsamının daha fazla azaldığı tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çeltik çeşidi, taze kökte dithionite-sitrat-bikarbonat ile ekstrakte edilebilir demir ve çinko, demir toksisitesi

## The effect of toxic level iron application on fresh root with cold extractable iron and zinc content and Fe/Zn ratio in some rice varieties

### Abstract

The aim of this study is to determine the effect of toxic iron content complete nutrient solution application on cold extractable iron and zinc content and Fe / Zn ratio in fresh root in some rice cultivars. 5 different rice varieties were used in the study. These varieties used in the study are Biga İncisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo and Edirne. Complete nutrient solution in the form of iron sulphate heptahydrate, i) 45  $\mu\text{M}$  Fe (sufficient Fe), ii) 3.50 mM Fe (toxic Fe), iii) 3.50 mM Fe (containing 10 % activated bentonite) was applied to the rice varieties grown in sand culture. Fresh roots of rice varieties were extracted with dithionite-citrate-bicarbonate (DSB) solution, and iron and zinc concentrations in this extract were determined in atomic absorption spectrophotometer device. Toxic iron application increased cold extractable iron, zinc content and Fe/Zn ratio in fresh root. Extractable Fe, Zn content and Fe / Zn ratio in fresh roots in bentonite-added medium were found to be lower than in fresh roots of plants grown in bentonite-free medium. Fe and Zn uptake decreased in fresh roots in bentonite-added sand media. Rice varieties grown with the application of a toxic level of iron containing nutrient solution in bentonite-free sand media listed as Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Hamzadere > Biga İncisi in terms of cold extractable iron content values in fresh roots, while cold extractable zinc content values listed as Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne > Biga İncisi ~ Ronaldo. Fe/Zn ratio values in fresh roots of paddy varieties grown with the application of a nutrient solution containing toxic levels of iron in bentonite-free sand environment listed as Ronaldo ~ Edirne > Biga İncisi > Osmancık-97 > Hamzadere. It was determined that the zinc content of Ronaldo and Edirne varieties decreased more than other varieties under iron toxicity conditions.

**Keywords:** Rice variety, extractable iron and zinc with dithionite-citrate-bicarbonate in fresh root, iron toxicity

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 3121919

E-posta : [guney\\_akinoglu@ymail.com](mailto:guney_akinoglu@ymail.com)

Geliş Tarihi : 23 Mart 2021

Kabul Tarihi : 06 Nisan 2021

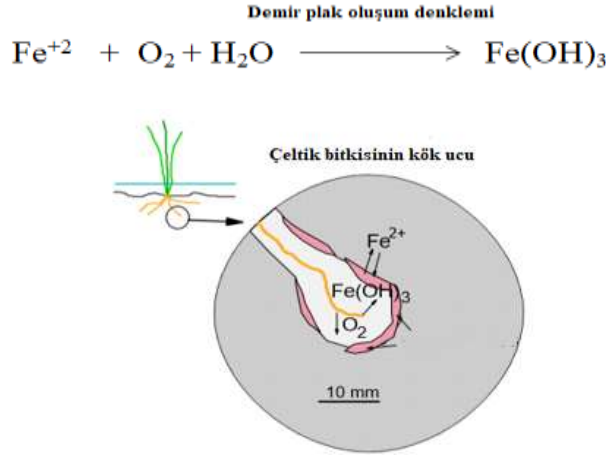
e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.901826



## Giriş

Toksik demir koşulları altında, çeltik bitkileri köklerinde Fe alınımının engellenmesi amacıyla kök bazı tolerans mekanizması olan Fe dışlama savunma mekanizması kullanır. Toprakta yerinde oluşan veya ara akış yoluyla taşınan  $Fe^{+2}$  iyonu, bitki kökleri tarafından emilmeden önce rizosferdeki oksidasyon bariyerini geçmelidir. Bu bariyeri oluşturmak için moleküler oksijen, gaz ileten bir doku veya aerenkima yoluyla gövdeden köklere kanalize olur. Bu aerenkima, artan etilen üretiminin neden olduğu indirgen koşulların oluşması üzerine şekillenir (Kawase, 1981). Sürgünlerden köklere oksijen taşınmasının ardından, genç ikincil kökler ve kök uçları oksijeni en yüksek oranlarda rizosfere yayar (Chen ve ark., 1980). Bu rizosfer bölgesinde fazla miktarda  $Fe^{+2}$  mikrobiyal veya kimyasal olarak oksitlenebilir, bu da hareketsiz  $Fe(OH)_3$  tortularının veya demir plağın oluşarak birikmesine neden olur (Şekil 1).



Şekil 1. Ferröz ( $Fe^{+2}$ ) demir oksitlendiğinde ve demir oksit olarak çökeildiğinde oluşan bir demir plak

Demir plaklar,  $Fe^{+2}$ 'nin kök dokularına alınımına engel olur (Becker ve Asch, 2005). Çeltik köklerinde demir plak oluşumu sadece toprak çözeltisindeki  $Fe^{+2}$  konsantrasyonunu azaltmakla kalmaz, aynı zamanda indirgenmiş demirin daha ileri taşınmasında fiziksel bir bariyer oluşturur (Tanaka ve ark., 1966). Kök plak oluşumu, radyal oksijen kaybı (ROK) ve enzimatik oksidasyonda dahil olmak üzere kök oksitleyici kuvvetler tarafından desteklenir (Armstrong, 1967). Kök oksidasyon gücü, esas olarak sürgünlerden aerenkima yoluyla köklere taşınan moleküler oksijene bağlıdır ve daha sonra kök uçları ve yan köklere yayılır (Chen ve ark., 1980). Aerenkima yoluyla kök bölgesinde oksidasyon ile demir dışlanma oranı, çeltik bitkisinin fenolojik aşamasına ve bitkinin kök sisteminin büyüme aşamasına bağlıdır. Sürgünlerin öz boşluğunun daha büyük bir çapı ile birlikte, Fe dışlayıcı genotip, aerenkima hacmindeki artış ve iç oksijen hareketini destekleyen yanal köklerin sayısı ile yüksek kök oksidasyon gücüne sahiptir (Wu ve ark., 2014). Su taşkınları ya da etilen tarafından indüklenen aerenkima oluşumu 2-4 haftalık bitkilerde başlar. Bitki kökünün oksidasyon gücü maksimum kardeşlenme aşamasında en yüksek seviyeye çıkar (Tadano, 1975). Kökler yaşlandıkça, aerenkima parçalanmaya başlar, böylece gaz taşıma kapasitesini kaybeder. Çeltik bitkisinin çiçeklenme aşamasından sonra kök bölgesinde çok az Fe oksidasyonu meydana gelir. Sonuç olarak, çeltiklik toprağında yetiştirilen çeltik bitkisinin bayrak yapraklarında mevsim sonunda oluşan Fe toksisite semptomları temel olarak kök oksidasyon gücünün bozulması ile ilişkilendirilmiştir (Tinh, 1999). Kökün oksidasyon gücünün önemi göz önüne alındığında, kuvvetli ve erken gelişimin yanı sıra aerenkimanın uzun ömürlülüğü Fe toleransı için istenen özelliklerdir (Jayawardena ve ark., 1977). Öte yandan, Mikroarray analizler ile yapılan çalışmalar OsIRT1, OsIRT2, OsYSL2, OsYSL15 ve OsNRAMP1 gibi Fe alım ve taşıma ile ilgili genlerin ekspresyonunun, makul ila yüksek Fe seviyelerinin varlığında köklerde oldukça baskılandığını göstermiştir (Aung ve ark., 2018). Dahası, OsNAS1, OsNAS2, OsNAAT1 ve OsDMAS1 gibi mugineik asitlerin biyosentezinde yer alan genlerin ekspresyonu, köklerde yüksek oranda baskılanır, bu da bitkilerin aşırı Fe koşulları altında rizosfere deoksimugineik asit (DMA) salımını kısıtladığını düşündürmektedir (Aung ve ark., 2018).

Bu çalışmanın amacı, kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ile Fe/Zn oranına etkisini belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Sera denemesinde kullanılan çeltik tohumları; Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Bu çeşitler: Biga incisi, Osmancık-97, Hamzadere, Ronaldo ve Edirne çeltik çeşitleridir.

### Deneme

Çeltik tohumları %5.0'luk (v/v) sodyum hipoklorit çözeltisi içerisinde 15 dakika bekletilerek, tohumların sterilizasyonu sağlanmıştır. Daha sonra çeltik tohumları deiyonize su ile yıkanıp nemli bez torbalarda çimlendirildi. Çimlenen tohumlar, içerisinde perlit bulunan 40x25x5 cm boyutundaki beyaz plastik küvetlere aktarılarak 10 gün içinde çeltik fideleri haline gelmesi sağlandı. Çeltik fideleri 1 kg kuvars kumu dolu plastik saksılara (12x12 cm) her saksıda 10 bitki olacak şekilde dikilmiştir.

Çeltik çeşitlerine demir sülfat ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ) formunda; I) 0  $\mu\text{M}$  Fe (Kontrol), II) 45  $\mu\text{M}$  Fe (yeterli Fe), III) 3.50 mM Fe (toksik Fe), IV) 3.50 mM Fe + % 10 bentonit (soda ile aktive edilmiş bentonit) şeklinde olmak üzere üç farklı muamele uygulanmıştır.

Denemede saksılardaki kum yüzeyinden itibaren 3 cm su katmanı olacak şekilde besin çözeltisi 5 farklı çeltik çeşidine eşit hacimlerde ilave edilmiştir. Bitki besin çözeltisinin pH'sı seyreltik HCl ya da KOH çözeltisi kullanılarak 5.5'e ayarlanmıştır. Deneme 50 gün sürmüştür.

Denemede Zhang ve ark., (1998) tarafından bildirilen ve demir içermeyen aşağıdaki konsantrasyonlarda mutlak gerekli besin maddelerini içeren bitki besin çözeltisi kullanılmıştır.

500  $\mu\text{M}$   $\text{NH}_4\text{NO}_3$ ; 60  $\mu\text{M}$   $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ; 230  $\mu\text{M}$   $\text{K}_2\text{SO}_4$ ; 210  $\mu\text{M}$   $\text{CaCl}_2$ ; 160  $\mu\text{M}$   $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ; 2.5  $\mu\text{M}$   $\text{MnCl}_2$ ; 0.75  $\mu\text{M}$   $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24}$ ; 3.2  $\mu\text{M}$   $\text{H}_3\text{BO}_3$ ; 0.1  $\mu\text{M}$   $\text{CuSO}_4$ ; 2.0  $\mu\text{M}$   $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$

Deneme süresi bitiminde çeltik çeşitlerinin taze kökleri dithionite-sitrat-bikarbonat (DSB) çözeltisi ile ekstrakte edilmiş, ve bu ekstraktaki demir ve çinko konsantrasyon ölçümleri, atomik absorpsiyon spektrofotometre cihazında belirlenmiştir. Gerekli hesaplamaların yapılmasının ardından bitkinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko konsantrasyonları % olarak ifade edilmiştir (Taylor ve Crowder, 1983). Ayrıca taze kökte Fe/Zn oranları hesap edilmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Faktöriyel deneme deseni 5 x 3 olup, varyans analizi SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir ve çinko kapsamı ile Fe/Zn oranı

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1'de, ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisi ilişkin değerler ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları					
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu x Çeşit etkisi	
SD	F	SD	F	SD	F
2	10.55**	4	50.0**	8	100.0**

\* $p < 0.01$ ; \*\* $p < 0.05$ ; SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 2. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı (%)			Ortalama
	45 $\mu\text{M}$ Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe + % 10 Bentonit	
Biga incisi	0.030jk	1.43e	0.98f	0.81C
Osmancık-97	0.020k	2.04a	0.70h	0.92B
Hamzadere	0.031jk	1.55d	0.81g	0.79C
Ronaldo	0.12i	1.93b	0.79g	0.95A
Edirne	0.070j	1.69c	0.66h	0.80C
Ortalama	0.05C	1.73A	0.79B	

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 1 ve 2'nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, demir dozunun, çeşitlerin ve demir dozu×çeşit interaksyonunun taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına etkileri  $p < 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulaması ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  formunda) taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamını, yeterli demir düzeyine göre önemli bir şekilde arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeşitlerinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı, bentonitsiz kum ortamda yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalmıştır. Diğer bir ifadeyle, kum ortamına bentonit ilavesi (% 10), çeşitlerin demir alımını azaltarak, taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamları yönünden istatistiksel olarak; Ronaldo > Osmancık-97 > Biga incisi ~ Edirne ~ Hamzadere şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2).

Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Hamzadere > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır. Bentonitsiz kum ortamında demir toksisitesi şartlarında Osmancık-97 çeşitinin taze köklerinde demir plak içerisinde demir konsantrasyonunun diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu görülmüştür.

Diğer yandan, bentonit ilaveli kum ortamında ise bu sıralama; Biga incisi > Hamzadere ~ Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne şeklinde gerçekleşmiştir. Bentonit ilaveli ortamda ise Biga incisi çeşidinin taze köklerdeki demir konsantrasyonunun diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde ( $45 \mu M Fe$ ) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo > Edirne ~ Hamzadere ~ Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır.

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te, ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 3'in incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir dozunun, çeşitlerin ve demir dozu×çeşit interaksyonunun taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkileri  $p < 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toksik düzeyde demir uygulaması ( $FeSO_4 \cdot 7H_2O$  formunda) taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamını, yeterli demir düzeyine göre önemli bir şekilde arttırmıştır. Bu artışın nedeninin, kökte çinkonun demir oksitlere bağlanmış olabileceği düşünülmektedir. Bu durum çinko toksisitesini azaltıcı bir etkiye sahiptir. Greipsson ve Crowder (1992), demir plak oluşumunun bitkilerin gelişimini artırabileceğini ve çeltik fidelerindeki aşırı Cu, Ni ve Zn toksisitesini azaltabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Çizelge 3. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları					
Demir sülfat dozu		Çeşit		Demir sülfat dozu× Çeşit interaksyonu	
SD	F	SD	F	SD	F
2	349.0**	4	349.0**	8	349.0**

\* $p < 0.01$ ; \*\* $p < 0.05$ ; SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 4. Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına etkisi

Çeltik Çeşidi	Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı (%)			Ortalama
	45 $\mu M Fe$	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe +% 10 Bentonit	
Biga incisi	0.030f	0.050d	0.050d	0.044D
Osmancık-97	0.071b	0.080a	0.050d	0.067A
Hamzadere	0.020g	0.070b	0.070b	0.053B
Ronaldo	0.039e	0.049d	0.049d	0.044C
Edirne	0.050d	0.060c	0.050d	0.053B
Ortalama	0.042C	0.062A	0.054B	

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur



Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamı, bentonitsiz kum ortamda yetiştirilen çeşitlerinkine kıyasla önemli derecede azalmıştır. Diğer bir ifadeyle, kum ortamına bentonit ilavesi, çeşitlerin çinko alımını azaltarak, taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamını önemli derecede azaltmıştır. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamları yönünden istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Hamzadere ~ Edirne > Ronaldo > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 4). Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çeşitlerine bağlı bulunmuştur.

Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne > Biga incisi ~ Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Bentonitsiz ortamda ise Osmancık-97 çeşidinin taze köklerindeki çinko konsantrasyonunun diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Hamzadere > Biga incisi ~ Osmancık-97 ~ Edirne ~ Ronaldo şeklinde gerçekleşmiştir. Bentonit ilaveli ortamda ise Hamzadere çeşidinin taze köklerindeki çinko konsantrasyonunun diğer çeşitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.

Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde (45  $\mu\text{M}$  Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Edirne > Ronaldo > Biga incisi > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır.

Demir toksisitesi ortamında bentonit kili demir ve çinkoyu tutarak taze köklerde demir plak içerisinde demir ve çinko birikiminin azalmasına yol açmıştır. [Tadano \(1976\)](#), çeltik çeşitlerinde demir toksisitesi değişkenliğinden sorumlu üç mekanizma olabileceğini bildirmiştir. Bu mekanizmalar: i) rizosferde  $\text{Fe}^{+2}$ 'nin oksidasyonu, ii)  $\text{Fe}^{+2}$ 'nin kök yüzeyinden uzak tutulması ve iii) Kök dokularında demirin tutulmasını takiben kökten sürgünlere bu elementin taşınımının engellenmesidir.

[Mendelssohn ve ark. \(1995\)](#), kök demir plak oluşumunun varlığı ve derecesinin çoklu abiyotik ve biyotik faktörler tarafından kontrol edildiğini bildirmişlerdir. [Snowden ve Wheeler \(1995\)](#), çeltik bitkilerinin köklerinde bir dışlama mekanizması yoluyla bir demir plağın oluştuğunu ve bu sayede bitkide demir ve bazı minerallerin emiliminin sınırlanabileceğini bildirmişlerdir. [Smolders ve Roelofs \(1996\)](#), bitki kökünde demir plak oluşumunun, anoksik ve su taşkınlarına maruz kalan ortamlarda yetiştirilen sulak alan bitkileri için bir hayatta kalma stratejisi olduğunu rapor etmişlerdir. [Zhang ve ark., \(1998\)](#) çeltik köklerindeki demir plağın, gelişme ortamından çinko ve fosforu alıp, biriktirebileceğini rapor etmişlerdir. [Liu ve ark. \(2004\)](#), demir plakların yaygın olarak Oryza sativa, Typha latifolia L. ve Phragmites australis (kamuş) gibi sucul bitki türlerinin köklerinde oluştuğunu bildirmişlerdir. Demir plakların amorf veya kristal olabileceği bildirilmiştir ([Bacha ve Hossner, 1977](#); [Chen ve ark., 1980](#)). Demir plakların; esas olarak ferrihidrit (% 63), götit (% 32) ve az miktarda siderit (% 5) içerdiği bildirilmiştir ([Hansel ve ark., 2001](#)).

[Liu ve ark., \(2004\)](#), artan konsantrasyonda Fe stresine maruz bırakılan bitkilerin köklerinde oluşan demir plakların ihtiva ettiği demir miktarının bitki genotiplerine göre farklılık gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca demir plağın varlığının, potansiyel fitotoksik metallere ve metaloidlerin bitki dokularına alımını azaltmak için bir bariyer veya bir tampon gibi hareket edebileceğini ileri sürmüşlerdir. Bununla birlikte araştırmacılar kök demir plağının, çeltik bitkilerinde Al, As, Sb, Pb ve Zn alımını azalttığını bildirmişlerdir.

Çeltik çeşitlerinde toksik düzeyde demir içerikli besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 5'te, ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına etkisine ilişkin değerler ise Çizelge 6'da verilmiştir. Çizelge 5 ve 6'nın incelenmesinden anlaşılacağı üzere demir dozunun, çeşidin ve demir dozu $\times$ çeşit interaksyonunun taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına etkileri  $p < 0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Toksik düzeyde demir uygulaması ( $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  formunda) taze kökte ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranını, yeterli demir düzeyine kıyasla önemli bir şekilde arttırmıştır. Bentonit ilaveli kum ortamında toksik düzeyde demir uygulaması sonucu taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranı, bentonitsiz ortamdakine göre daha düşük bulunmuştur. Ayrıca, bentonitsiz ve bentonit ilaveli kum ortamlarında yetiştirilen çeşitlerin taze köklerinde soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oran değerleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genel ortalamalar dikkate alındığında, çeltik çeşitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oran değerleri bakımından büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Biga incisi > Edirne > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Diğer bir ifadeyle, Osmancık ve Hamzadere çeltik

çesitlerinde taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsamının diğer çeltik çesitlerine göre daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına uygulanan demir dozlarının etkisi çeltik çesitlerine bağlı bulunmuştur. Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çesitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oran değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo ~ Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Bentonitsiz ortamda ise Ronaldo ve Edirne çesitlerinin taze köklerdeki Fe/Zn oranının diğer çesitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum ilgili çesitlerde çinko noksanlık riskini arttırabilir.

Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Biga incisi > Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Bentonit ilaveli ortamda ise Biga incisi çesidinin taze köklerdeki Fe / Zn oranının diğer çesitlere göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bu durum Biga incisinde çinko noksanlık riskini arttırabilir.

Ek olarak, kum ortamına yeterli düzeyde (45 µM Fe) demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çesitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oran değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo > Edirne ~ Hamzadere ~ Biga incisi ~ Osmancık-97 şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 5. Çeltik çesitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynakları					
Demir sülfat dozu		Çesit		Demir sülfat dozu× Çesit interaksyonu	
SD	F	SD	F	SD	F
2	4246.90**	4	119.50**	8	54.90**

\*p<0.01; \*p<0.05; SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 6. Çeltik çesitlerinde toksik düzeyde demir içerikli tam besin çözeltisi uygulamasının taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe/Zn oranına etkisi

Çeltik Çesidi	Taze köklerde soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsamı (%)			Ortalama
	45 µM Fe	3.50 mM Fe	3.50 mM Fe +% 10 Bentonit	
Biga incisi	0.99j	28.46b	19.43e	16.29B
Osmancık-97	0.29j	24.66c	14.06g	13.23D
Hamzadere	1.53j	22.20d	11.63h	11.79E
Ronaldo	3.03i	38.93a	16.03f	19.33A
Edirne	1.40j	27.96a	13.26g	14.21C
Ortalama	1.45C	287.58A	14.89B	

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde fark yoktur

## Sonuçlar

Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çesitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir demir kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Osmancık-97 > Ronaldo > Edirne > Hamzadere > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli kum ortamında ise bu sıralama; Biga incisi > Hamzadere ~ Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne şeklinde gerçekleşmiştir.

Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çesitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir çinko kapsam değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Osmancık-97 > Hamzadere > Edirne > Biga incisi ~ Ronaldo şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Hamzadere > Biga incisi ~ Osmancık-97 ~ Edirne ~ Ronaldo şeklinde gerçekleşmiştir.

Bentonitsiz kum ortamında toksik düzeyde demir sülfatlı besin çözeltisi uygulaması ile yetiştirilen çeltik çesitleri taze kökte soğuk ekstrakte edilebilir Fe / Zn oran değerleri bakımında büyükten küçüğe doğru istatistiksel olarak sırasıyla; Ronaldo ~ Edirne > Biga incisi > Osmancık-97 > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır. Diğer yandan, bentonit ilaveli (% 10) kum ortamında ise bu sıralama istatistiksel olarak; Biga incisi > Ronaldo > Osmancık-97 ~ Edirne > Hamzadere şeklinde sıralanmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Güney Akınoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.

Denemede materyal olarak kullanılan çeltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Armstrong W, 1979. Aeration in higher plants. *Adv. Bot. Res.*, 7:226-332.
- Aung MS, Masuda H, Kobayashi T, and Nishizawa NK, 2018. Physiological and transcriptomic analysis of responses to different levels of iron excess stress in various rice tissues. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 64:370-385.
- Bacha RE, Hossner LR, 1977. Characteristics of coatings formed on rice roots as affected by iron and manganese additions. *Soil Sci. Soc. Amer. J.*, 41:931-935.
- Becker M, Asch F, 2005. Iron Toxicity – Conditions and management concepts. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 168:558-573.
- Chen CC, Dixon JB, Turner FT, 1980. Iron coatings on rice roots: morphology and models of development. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44:1113-1119.
- Greipsson S, Crowder AA, 1992. Amelioration of copper and nickel toxicity by Fe plaque on roots of rice (*Oryza sativa*). *Can. J. Bot.*, 70:824-830.
- Hansel CM, Fendorf, S, Sutton S, Newville M, 2001. Characterization of Fe plaque and associated metals on the roots of mine-waste impacted aquatic plants. *Environ. Sci. and Technol.*, 35:3863-3868
- Jayawardena SDG, Watabe T, Tanaka K, 1977. Relation between root oxidizing power and resistance to iron toxicity in rice. *Crop Sci. Plant Breed. Soc. J.*, 22:38-47
- Kawase M, 1981. Anatomical and morphological adaptation of plants to waterlogging. *Hortsci.*, 16:30-34.
- Liu WJ, Zhu YG, Smith FA, Smith SE, 2004a. Do iron plaque and genotypes affect arsenate uptake and translocation by rice seedlings (*Oryza sativa* L.) grown in solution culture? *J. Exp. Bot.*, 55:1707-1713.
- Mendelssohn IR, Kleiss BA, Wakeley JS, 1995. Factors controlling the formation of oxidized root channels: a review. *Wetlands* 15:37-46.
- Smolders AJP, Roelofs JGM, 1996. The roles of internal iron hydroxide precipitation, sulphide toxicity and oxidizing ability in the survival of *Stratiotes aloides* roots at different iron concentrations in sediment pore water. *New Phytol.*, 133:253-260.
- Snowden R, Wheeler BD, 1995. Chemical changes in selected wetland plant species with increasing Fe supply, with specific reference to root precipitates and Fe tolerance. *New Phytol.*, 131:503-520. doi:10.1111/j.1469-8137.1995.tb03087.x
- Tadano T, 1975. Devices of rice roots to tolerant high iron concentrations in growth media. *Japan Agric. Res. Q.* 9:34-39.
- Tadano T, 1976. Studies on the methods to prevent iron toxicity in lowland rice. *Memoirs of the Faculty of Agriculture*, 10:22-88.
- Tanaka A, Loe R, Navasero SA, 1966. Some mechanisms involved in the development of iron toxicity symptoms in the rice plant. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 12:158-164.
- Taylor GJ, Crowder AA, Rodden R, 1983. Use of DCB technique for extraction of hydrous iron oxides from roots of wetland plants. *Am. J. Bot.*, 70:1254-1257.
- Tinh TK, 1999. Reduction chemistry of acid sulphate soils: Reduction rates and influence of rice cropping. *Acta Universitatis Agriculturae Sueciae, Agraria* 206, Uppsala, Sweden.
- Wu L, Shhadi MY, Gregorio G, Matthus E, Becker M, Frei M, 2014. Genetic and physiological analysis of tolerance to acute iron toxicity in rice. *Rice*, 7,8. DOI: 10.1186/s12284-014-0008-3
- Zhang X, Zhang F, Mao D, 1998. Effect of Fe plaque outside roots on nutrient uptake by rice (*Oryza sativa* L.): zinc uptake. *Plant Soil*, 202:33-39.





# Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi ile yapraklarında kloroz dereceleri

Ahmet Korkmaz, Güney Akınoğlu\*, Ayhan Horuz

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

## Özet

Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi ile yapraklarında kloroz derecelerini belirlemektir. Fitosiderofor salgısı üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi belirlemek amacıyla çeltik çeşitleri 10 gün süreyle demirsiz besin çözeltisi uygulayarak kum kültüründe yetiştirilmiştir. Ayrıca, kloroz derecesinin ve kloroza tolerans indeks değerinin belirlenmesi amacıyla 5×2 faktöriyel deneme deseninde çalışma yürütülmüş olup, bu çalışmada 5 farklı çeltik çeşidine 0 ve 45 µM Fe dozlarında Fe-EDDHA içeren besin çözeltisi uygulanmıştır. Taze kökte üretilen fitosiderofor miktarı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Köklerde fitosiderofor üretimleri bakımından geri kalan diğer çeşitler arası fark istatistiksel olarak önemsiz olup, birbirlerine yakın bulunmuştur. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze köklerde ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri sırasıyla %41.24 ve %41.52 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, araştırmada incelenen çeltik çeşitleri arasında demir noksanlığına en hassas çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Çeltik çeşidi, fitosiderofor, ferrik redüktaz aktivitesi, SPAD metre, kloroz derecesi

## Ferric reductase activity and production of phytosiderophore in fresh roots of rice varieties grown under iron deficiency conditions and chlorosis degrees in leaves

### Abstract

The aim of this study is to determine ferric reductase activity and production of phytosiderophore in fresh roots of rice varieties grown under iron deficiency conditions and chlorosis degrees in leaves. In order to determine phytosiderophore secretion production and ferric reductase activity, rice varieties were grown in sand culture by applying iron-free nutrient solution for 10 days. In addition, a 5×2 factorial trial design was conducted to determine the degree of chlorosis and the tolerance index value to chlorosis in rice varieties. In this study, a nutrient solution containing Fe-EDDHA in doses of 0 and 45 µM Fe was applied to 5 different rice varieties. Among the rice varieties, the most phytosiderophores produced in fresh roots were found in the Hamzadere rice variety. The difference between the remaining varieties in terms of phytosiderophore production in the roots was statistically insignificant and was found to be close to each other. Among the rice varieties grown under iron deficiency conditions, it was determined that Ronaldo variety had the highest ferric reductase activity in fresh roots, whereas the lowest variety was Biga incisi variety. The degree of chlorosis observed in the leaves of Hamzadere and Ronaldo rice varieties was found to be severe, and the tolerance index values of these varieties for iron deficiency were calculated as 41.24% and 41.52%, respectively. According to these results, it was determined that the most susceptible variety to iron deficiency among the rice varieties examined in the study was Hamzadere rice variety.

**Keywords:** Rice variety, phytosiderophore, ferric reductase activity, SPAD meter, chlorosis degree

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Demir (Fe), biyokütle üretiminin ve bitkisel ürün kalitesinin önemli bir belirleyicisidir (Briat ve ark., 2015). Fe eksikliğine toleranslı çeltik üretmek için kullanılan ilk yaklaşımın, bitkideki mugineik asitlerin (MA)

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 3121919

E-posta : [guney\\_akinoglu@ymail.com](mailto:guney_akinoglu@ymail.com)

Geliş Tarihi : 23 Mart 2021

Kabul Tarihi : 06 Nisan 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.901788

biyosentezini arttırmak olduğu; ikinci yaklaşımın, çeltik bitkisinde Fe (III) ferrik redüktaz aktivitesini arttırmak olduğu; üçüncü yaklaşımın ise çeltik bitkisinde Fe homeostazı ile ilgili genleri kontrol eden transkripsiyon faktörlerinin ekspresyonunu arttırmak olduğu bildirilmiştir (Masuda ve ark., 2017).

Oksitlenmiş topraklarda demir genellikle ferrik ( $Fe^{+3}$ ) formda olup, oksitler ve hidroksioksitler şeklinde bağlanır.  $Fe^{+3}$  demirin çözünürlüğü çok düşüktür. Bununla birlikte, bitkilerin başlıca demir alımı  $Fe^{+2}$  şeklinde gerçekleşir (Lindsay ve Schwab, 1982). Dolayısıyla demirin bitkiler tarafından alımı için  $Fe^{+2}$  formuna indirgenmesi gerekir. Aksi takdirde,  $Fe^{+3}$  formunun alımı ve kullanımı için köklerin içindeki şelatlama ajanları tarafından taşınması gerekir. Bu nedenle, büyüme ortamındaki olumsuzluğa cevaben bitkilerin geliştirdiği iki mekanizma vardır (Romheld ve Marschner, 1986; Rogers ve Guerinot, 2002; Epstein ve Bloom, 2005). Bu mekanizmalardan birincisi protonların ( $H^+$ ) bitki kökleri tarafından salınmasını takiben rizosferin pH değerinin düşmesidir. Rizosferdeki düşük pH düzeyi demiri çözebilir veya  $Fe^{+3}$  iyonunu  $Fe^{+2}$  formuna indirgeyebilir. Daha sonra indirgenmiş demir formu ise bitkide  $Fe^{+2}$  spesifik taşıma sistemi sayesinde plazma zarı boyunca taşınır. Bu mekanizma türü esas olarak dikotiledon bitkilerde ve otsu monokotiledonlarda gerçekleşir (Epstein ve Bloom, 2005). Bitkilerin demir alımı için indüklediği ikinci mekanizma ise bitki kökleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar  $Fe^{+3}$  iyonunu  $Fe^{+2}$  iyonuna indirgemenin  $Fe^{+3}$  ile bir kompleks oluşturur ve bu  $Fe^{+3}$ -siderofor kompleksi daha sonra bitkinin kök hücre plazma membranları boyunca taşınır (Epstein ve Bloom, 2005). Takagi ve ark. (1984), şelatlayıcı bileşiklerin veya fitosiderofor salınmasının, dikotiledon bitkilere özgü bir durum olmadığını, ancak bu durumun çim veya otsu bitkiler için spesifik olduğunu belirtmiştir. Şelatlama bileşikleri, protein yapısında olmayan amino asitler, mugineik asit ve avenik asitler olarak karakterize edilir. Demir eksikliği koşulları altında yetiştirilen bazı Gramineae familyasındaki bitkilerin, mugineik asit familyasındaki fitosiderofor (PS) denen bir maddeyi fazla miktarda salgıladığı bildirilmiştir. Buğdaygil bitkilerinin demir eksikliğine toleranslarının, Fe noksanlık stresinde salgıladıkları fitosiderofor miktarına bağlı olduğu rapor edilmiştir (Takahashi, 2003). Fenolik maddeler (kafeik asit veya asit alifatik) ve doğal şelatlar (fitosideroforlar) gibi kökler tarafından salınan birçok indirgeyici bileşiklerin, demir çözünürlüğünü artırabildiği belirtilmiştir (Deiana ve ark., 2003). Aynı şekilde, toprak mikrobiyal aktivitesi Fe ediniminde önemli bir rol oynar (Roco ve ark., 2003). Çeltik bitkileri, Fe (II)'yi topraktan OsIRT1 taşıyıcı (Strateji I ile ilgili sistem) ile alırken; Fe (III)'ü fitosiderofor bazlı bir sistem (Strateji II sistemi) aracılığıyla alır. Fe sınırlayıcı ortam koşullarına cevaben, yüksek pH'lı topraklarda kuvvetli bir şekilde büyüyen bir bitki türü olan arpa, 2'-deoksimugineik asit (DMA), MA ve 3-epihidroksimugineik asit (epiHMA) türevleri dahil olmak üzere büyük miktarlarda PS salgılar. Buna karşılık, yüksek pH'lı topraklarda Fe eksikliği klorozuna karşı oldukça hassas olan çeltik bitkisi Fe eksikliğine yanıt olarak, arpadan çok daha düşük seviyelerde ve daha kısa sürelerde sadece DMA salgılar (Mori ve ark., 1991; Higuchi ve ark., 1996). Fe eksikliği sırasında çeltik bitkisi, günlük bir paterni takiben DMA biyosentetik genlerinin ekspresyonunu indükler (Nozoye ve ark., 2011). Ayrıca çeltik bitkisinin günün sabah saatlerinde salgıladığı DMA seviyesi, öğleden sonra veya gece saatlerinde salgıladığı DMA seviyesinden daha yüksektir (Nozoye ve ark., 2014). Bununla birlikte, yulaf gibi bitkilerin aksine, genç çeltik bitkilerinin düşük fitosiderofor üretiminden dolayı demir noksanlığına daha duyarlı olduğu rapor edilmiştir (Mori ve ark., 1991).

Inoue ve ark., (2003) çeltik bitkisinde Fe eksikliğinin, DMA-biyosentez genlerinden OsNAS1, OsNAS2, OsNAAT1 ve OsDMAS1'in ekspresyonunu kuvvetli bir şekilde indüklediğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca bu genlerin bitkinin floem dokularında tercihen eksprese edildiğini ve Fe eksikliğine yanıt olarak tüm kök ve yaprak dokularında kuvvetle indüklendiğini ortaya koymuştur.

Demir-redüktaz aktivitesi, hücre seviyesinde Fe kullanımının bir göstergesidir (Daşgan ve ark., 2002). Dikotiledon ve çim olmayan monokotiledon bitkilerde bazı Fe düzenleyici proteinler, ferrik redüktazlar, demir taşıyıcıları ve  $H^+$ -ATPaz'lar, kökler tarafından demirin alınmasında anahtar rol oynar (Hell ve Stephan, 2003). Fe (III) redüktazlar veya ferrik redüktazlar, hücre dışında Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi için sitoplazmik NAD(P)H'den elektronları aktaran entegre plazma membran proteinleridir (Lucena ve ark., 2006).

Son on yılda, yaprak klorofil içeriğini hızlı ve tahribatsız bir şekilde değerlendirmek için çeşitli optik teknikler geliştirilmiştir (Markwell ve ark., 1995; Richardson ve ark., 2002). Bitkinin sağlam yaprakları tarafından, ışığın belirli dalga boylarının absorpsiyonuna veya yansımaya dayanan bu yöntemler, yakın bir zamanda geleneksel ıslak kimyasal ekstraksiyon yöntemlerinin yerini almıştır. Bununla birlikte, optik yöntemlerin performansını değerlendirmek amacıyla, karşılaştırmaya esas olması bakımından bu tür kimyasal ekstraksiyon teknikleri de gerekmektedir. Diğer yandan, SPAD metre, yaprakların nisbi klorofil

içeriğini belirtmek için kullanılabilir olsa da yaprakların mutlak klorofil içeriği veya konsantrasyonunu belirtmez (Richardson ve ark., 2002).

Bu çalışmanın amacı, demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi ile yapraklarında kloroz derecelerini belirlemektir.

## Materyal ve Yöntem

Bitkinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarı, Andiç (2011), tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Köklerinde fitosiderofor üretimi belirlenen bazı çeltik çeşitleri 1) Biga İncisi, 2) Osmançık-97, 3) Hamzadere, 4) Ronaldo, 5) Edirne'dir.

Fitosiderofor salgısı üretimi ve ferrik redüktaz aktivitesi belirlemek amacıyla çeltik çeşitleri 10 gün süreyle demirsiz besin çözeltisi uygulayarak kum kültüründe yetiştirilmiştir. Ayrıca, kloroz derecesinin ve kloroza tolerans indeks değerinin belirlenmesi amacıyla 5×2 faktöriyel deneme deseninde çalışma yürütülmüş olup, bu çalışmada 5 farklı çeltik çeşidine 0 ve 45 µM Fe dozlarında Fe-EDDHA içeren aşağıda kimyasal bileşeni verilen besin çözeltisi uygulanmıştır.

500 µM NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub>; 60 µM NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>; 230 µM K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>; 210 µM CaCl<sub>2</sub>; 160 µM MgSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O; 2.5 µM MnCl<sub>2</sub>; 0.75 µM (NH<sub>4</sub>)<sub>6</sub>Mo<sub>7</sub>O<sub>24</sub>; 3.2 µM H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>; 0.1 µM CuSO<sub>4</sub>; 2.0 µM ZnSO<sub>4</sub>·7H<sub>2</sub>O

Gündüz iklim koşullarına geçildikten 1.5 saat sonra bitkiler kendi besin çözeltileri içerisinde çıkarılmış ve içerisinde 500 ml saf su bulunan kaplara transfer edilmiştir. Demirsiz besin çözeltisinde yetiştirilen çeltik bitkilerinin köklerinden salgılanan fitosideroforların saf su ortamında toplanması amacıyla burada 3 saat inkübe edilmiştir. Bu süre sonunda, bir cam deney tüpünün içerisine salgı örneklerinden 8 mL alınıp, üzerine de 2 mL Fe(OH<sub>3</sub>) çözeltisi eklenmiş, ardından çalkalama cihazında 120 rpm'de 45 dakika çalkalama işleminden sonra mavi bant filtre kâğıdı (Whatman Grade 44-1444-110) ile süzme işlemi gerçekleştirilmiştir. Elde edilen kök süzüklerinde Fe konsantrasyonu, ICP cihazı (Agilent 770xICP-MS) ile ölçülmüş olup, fitosiderofor salgılanma oranı Fe(OH<sub>3</sub>)'den çözünen serbest Fe miktarı ile belirlenmiştir. ICP cihazında demir okumaları, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Samsun Gıda Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü'nde bulunan laboratuvarında yapılmıştır.

Demir noksanlığı şartlarında demirsiz besin çözeltisi verilerek kum kültüründe yetiştirilen 10 günlük bazı çeltik çeşitlerinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesi (FRA) tayini Ojeda ve ark., (2004) tarafından bildirilen metoda göre yapılmıştır. Bu metoda göre; 0.1 gram taze çeltik bitkisi kökü hassas bir şekilde tartılıp, bir deney tüpünün içerisine alınmıştır. Bu deney tüpünün içerisine 2.0 mL 0.2 mM kalsiyum sülfat çözeltisi ilave edilerek, 5 dakika çalkalanmış ve ardından kalsiyum sülfat numuneden uzaklaştırılmıştır. Kalan numune üzerine 2 mL çözelti [5 mM MES buffer, 2-(N-Morpholino) ethansulfonic acid, (pH 5.5), 0.1 mM Fe<sup>+3</sup> EDTA, 10 mM CaSO<sub>4</sub> ve 0.3 mM Na-BPDS (sodium bathophenanthroline disulfonic asit) ilave edilmiş ve 23°C'de 1 saat su banyosunda bekletilmiştir. İçinde taze bitki kökü olmayan kontrol tüpüne de aynı işlemler uygulanmıştır. Taze kökte ferrik redüktaz enzim aktivitesi Fe<sup>+2</sup>-BPDS formunda olup, spektrofotometrik olarak belirlenmiştir. 1 mL'lik kuvars küvetler kullanılarak 535 nm'de ölçülen absorpsiyon okuma değerine göre aşağıda belirtilen formül yardımıyla taze kökte ferrik redüktaz aktivite değeri hesaplanmıştır (Ojeda ve ark., 2004).

$$\text{Ferrik redüktaz aktivitesi, } \mu\text{mol / saat / g taze madde} = (A_{535} \times 2 \times 1000) / (22.14 \times W)$$

Burada; A<sub>535</sub> = 535 nm'deki absorpsiyon okuma değeri, 2 mL = Son hacim, W = Örnek miktarı, g taze madde, 22,14 = Spesifik katsayı.

Bitkilerde gözlenen demir noksanlığı semptomları 1-5 skalasına (yaprak üzerindeki klorotik lekelerin şiddeti) göre; [1:Çok şiddetli, 2:Şiddetli, 3:Orta düzeyde şiddetli, 4:Az şiddetli, 5:Çok hafif veya yok] sınıflandırılmıştır (Torun ve ark., 2017).

Kum ortamında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin demir noksanlığına tolerans indeks değeri (%) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesap edilmiştir.

$$\text{Demir noksanlığına tolerans indeks değeri (\%)} = (A / B) \times 100$$

A=Kontrol uygulamasında (Fe0) bir çeşide ait sap kuru madde miktarı (g), B=Yeterli demir konsantrasyonunda (45 µM Fe) bütün çeşitlerin ortalama sap kuru madde miktarı (g).



Portatif SPAD metre cihazı (Konica Minolta SPAD-502 Plus) ile yaprakların tam ortasından ölçümler alınarak, bitkilerin SPAD metre değerleri belirlenmiştir.

### İstatistiksel Analizler

Varyans analizleri ve Duncan testi, SPSS 17.0 paket programı ile yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde fitosiderofor salgısı üretimi

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 1’de, taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarları ise Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 1. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarlarına ilişkin varyans analiz sonuçları

	SD	KO	F
Çeşit	4	0.005	5.0**
Hata	10	0.001	
Toplam	14		

\*p<0.01; SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 2. Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinden salgılanan fitosiderofor miktarları

Çeltik çeşidi	Fitosiderofor salgısı ( $\mu\text{mol}/10 \text{ bitki } 4\text{h}^{-1}$ )
Biga incisi	0.069B
Osmancık-97	0.083B
Hamzadere	0.120A
Ronaldo	0.044B
Edirne	0.084B

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 1 ve 2’nin incelenmesinden anlaşılacağı üzere, fitosiderofor üretimleri bakımından çeşitler arasındaki farkın p<0.01 seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Taze kökte üretilen fitosiderofor miktarı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Köklerde fitosiderofor üretimleri bakımından geri kalan diğer çeşitler arası fark istatistiksel olarak önemsiz olup, birbirlerine yakın bulunmuştur. Salgıladıkları fitosiderofor miktarları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 2).

Demir sınırlayıcı ortam koşullarına cevaben, yüksek pH’lı topraklarda kuvvetli bir şekilde büyüyen gelişebilen bir bitki türü olan arpa, 2’-deoksimumineik asit (DMA), MA ve 3-epihidroksimumineik asit (epiHMA) türevleri dahil olmak üzere büyük miktarlarda PS salgılar. Buna karşılık, yüksek pH’lı topraklarda Fe eksikliği klorozuna karşı oldukça hassas olan çeltik bitkisi Fe eksikliğine yanıt olarak, arpadan çok daha düşük seviyelerde ve daha kısa sürelerde sadece DMA salgılar (Mori ve ark., 1991; Higuchi ve ark., 1996). Fe eksikliği sırasında çeltik bitkisi, günlük bir paterni takiben DMA biyosentetik genlerinin ekspresyonunu indükler (Inoue ve ark., 2009; Nozoye ve ark., 2011). Ayrıca çeltik bitkisinin günün sabah saatlerinde salgıladığı DMA seviyesi, öğleden sonra veya gece saatlerinde salgıladığı DMA seviyesinden daha yüksektir (Nozoye ve ark., 2014). Bununla birlikte, yulaf gibi bitkilerin aksine, genç çeltik bitkilerinin düşük fitosiderofor üretiminden dolayı demir noksanlığına daha duyarlı olduğu rapor edilmiştir (Mori ve ark., 1991).

Bitkilerin demir alımı için indüklediği ikinci mekanizma ise bitki kökleri tarafından fitosideroforların (demir taşıyıcıları) salınmasıdır. Bu fitosideroforlar  $\text{Fe}^{+3}$  iyonunu  $\text{Fe}^{+2}$  iyonuna indirgmeden  $\text{Fe}^{+3}$  ile bir kompleks oluşturur ve bu  $\text{Fe}^{+3}$ - siderofor kompleksi daha sonra bitkinin kök hücre plazma membranları boyunca taşınır (Epstein ve Bloom, 2005). Takagi ve ark., (1984) şelatlayıcı bileşiklerin veya fitosiderofor salınmasının, dikotiledon bitkilere özgü bir durum olmadığını, ancak bu durumun çim veya otsu bitkiler için spesifik olduğunu belirtmiştir. Şelatlama bileşikleri, protein yapısında olmayan amino asitler, mugineik asit

ve avenik asitler olarak karakterize edilir. Ek olarak, genom dizilimi, çeltik bitkisinin ferrik redüktaz genleri içerdiğini göstermiştir (Vasconcelos ve ark., 2004).

### Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde ferrik redüktaz aktivitesi

Demir noksanlığı şartlarında (Fe0) yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 3'te, ferrik redüktaz aktivitesi değerleri ise Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesine ilişkin varyans analiz sonuçları

	SD	KO	F
Çeşit	4	36054.73	5156.57**
Hata	10	6.99	
Toplam	14		

\*p<0.01; SD: Serbestlik derecesi

Çizelge 2. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitlerinin taze köklerinde belirlenen ferrik redüktaz aktivitesi değerleri

Çeltik çeşidi	Ferrik redüktaz aktivitesi ( $\mu\text{mol/saat/g}$ taze kök)
Biga incisi	349.26D
Osmancık-97	462.85C
Hamzadere	588.06B
Ronaldo	602.38A
Edirne	585.38B

\*Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında % 5 düzeyinde fark yoktur

Çizelge 3 ve 4'ün incelenmesinden anlaşılacağı üzere, çeşitlerin ferrik redüktaz aktivite değerleri arasındaki farkın  $p<0.01$  seviyesinde istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze köklerde ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Taze köklerde ferrik redüktaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 4).

Demir-redüktaz aktivitesi, hücre seviyesinde Fe kullanımının bir göstergesidir (Daşgan ve ark., 2002). Dikotiledon ve çim olmayan monokotiledon bitkilerde bazı Fe düzenleyici proteinler, ferrik redüktazlar, demir taşıyıcıları ve H<sup>+</sup>-ATPaz'lar, kökler tarafından demirin alınmasında anahtar rol oynar (Hell ve Stephan, 2003). Fe (III) redüktazlar veya ferrik redüktazlar, hücre dışında Fe (III)'ün Fe (II)'ye indirgenmesi için sitoplazmik NAD(P)H'den elektronları aktaran entegre plazma membran proteinleridir (Lucena ve ark., 2006). Bienfait ve ark., (1987) demir noksanlığı şartları altında yetiştirdikleri patatesin, demir noksanlık stresine cevap olarak köklerinde ferrik redüktaz aktivitesini arttırdığını bildirmişlerdir.

### Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve demir noksanlığına tolerans indeksi

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen bazı çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve demir noksanlığına tolerans indeksine ilişkin değerler Çizelge 5'te verilmiştir. Kum ortamında demir noksanlığı (Fe0) şartlarında yetiştirilen Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri sırasıyla % 41.24 ve % 41.52 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, araştırmada incelenen çeltik çeşitleri arasında demir noksanlığına en hassas çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Kum kültüründe yetiştirilen çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi ve çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri

Çeltik çeşidi	Kloroz derecesi	Demir noksanlığına tolerans indeksi, %	SPAD metre okuma değerleri
Biga İncisi	1	42.10	9.90
Osmancık-97	2	47.45	15.58
Hamzadere	1	41.24	10.47
Ronaldo	1	41.52	18.50
Edirne	3	49.15	13.40

**Maruyama ve ark. (2005)**, çeltik bitkisinin genç yapraklarının Fe konsantrasyonunda bir artış olmasına rağmen, SPAD metre değerinin azaldığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar çeltik bitkisinin yaşlı yapraklarda Fe biriktirdiğini; arpada ise demirin genç yapraklara verimli bir şekilde dağıldığını belirterek, çeltikte ikinci yaprağın SPAD metre değerlerinin sürekli yüksek kaldığını da bildirmişlerdir. **Rong-li ve ark. (2012)**, genç çeltik yapraklarında klorozun 0.1 mmol/L Fe-EDTA uygulamasından 4 gün sonra gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Araştırmacılar 3. günde alınan SPAD metre değerlerinin kontrol bitkilerde, demir uygulanan bitkilere göre önemli derecede düşük bulunduğunu belirtmişlerdir. 3. günden sonra SPAD değerleri kontrolde sürekli azalma gösterirken; demir uygulanan bitkilerde azalma görülmemiştir. Bitkide demir noksanlığı halinde, SPAD metre değerlerinin düşmesine rağmen yapılan çalışmada demir noksanlığı kök ve sap kuru madde üretimini etkilememiştir. **Hirai ve ark., (2007)** tarafından yapılan bir araştırmada, arpa bitkisinin demir içeriğinin çeltik bitkisinden daha yüksek olmasa bile nispeten yüksek bir klorofil indeks (SPAD) değerini demirce noksan koşullar altında koruduğunu bildirmiştir. Aynı araştırmacılar ayrıca, arpa bitkisinde genç klorotik yaprakların uzun süreli demir noksanlığı şartlarında dahi gelişebildiğini rapor etmişlerdir.

## Sonuçlar

Taze kökte üretilen fitosiderofor miktarı en yüksek olan çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Köklerde fitosiderofor üretimleri bakımından geri kalan diğer çeşitler arası fark istatistiksel olarak önemsiz olup, birbirlerine yakın bulunmuştur. Salgıladıkları fitosiderofor miktarları bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi > Ronaldo şeklinde sıralanmıştır.

Demir noksanlığı şartlarında yetiştirilen çeltik çeşitleri arasında taze köklerde ferrik redüktaz aktivitesi en yüksek olan çeşidin Ronaldo çeltik çeşidi olduğu; buna karşın, en düşük çeşidin ise Biga incisi çeltik çeşidi olduğu görülmüştür. Taze köklerde ferrik redüktaz aktivite değerleri bakımından çeltik çeşitleri büyükten küçüğe doğru sırasıyla; Ronaldo > Hamzadere > Edirne > Osmancık-97 > Biga incisi şeklinde sıralanmıştır.

Hamzadere ve Ronaldo çeltik çeşitlerinin yapraklarında gözlenen kloroz derecesi şiddetli olup, bu çeşitlerin demir noksanlığına tolerans indeks değerleri sırasıyla % 41.24 ve % 41.52 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, araştırmada incelenen çeltik çeşitleri arasında demir noksanlığına en hassas çeşidin Hamzadere çeltik çeşidi olduğu belirlenmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Güney Akınoğlu'nun doktora tezinden hazırlanmıştır.

Denemede materyal olarak kullanılan çeltik çeşitlerinin teminini sağlayan; T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğüne teşekkür ederiz. Ayrıca, bu çalışmanın laboratuvar analizleri aşamasındaki katkılarından dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü asistanlarına çok teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Andiç E, 2011. Buğday'da kükürt-demir ve kükürt-çinko beslenmesinin mikro besin elementi ve azot konsantrasyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Bienfait HF, 1989. Prevention of stress in iron metabolism of plants. *Acta Bot. Neerl.*, 38:105-129.
- Briat J-F, Dubos C, Gaymard F, 2015. Iron nutrition, biomass production, and plant product quality. *Trends Plant Sci.*, 20(1):33-40.
- Daşgan HY, Romheld V, Çakmak I, Abak K, 2002. Physiological root responses of iron deficiency susceptible and tolerant tomato genotypes and their reciprocal F1 hybrids. *Plant Soil*, 241:97-104.
- Deiana S, Premoli A, Senette C, Gessa C, 2003. Role of uronic acid polymers on the availability of iron to plants. *J. Plant Nutr.*, 26(10-11):1927-1941.
- Epstein E, Bloom AJ, 2005. *Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives*, 2nd Edn. Sunderland, MA: Sinauer.
- Hell R, Stephan UW, 2003. Iron uptake, trafficking and homeostasis in plants. *Planta*, 216: 541-551.
- Higuchi K, Kanazawa K, Nishizawa NK, Mori S, 1996. The role of nicotianamine synthase in response to Fe nutrition status in Gramineae. *Plant Soil*, 178(2):171-177. doi: 10.1007/BF00011580
- Hirai M, Higuchi K, Sasaki H, Suzuki T, Maruyama T, Yoshiba M, Tadano T, 2007. Contribution of iron associated with high-molecular-weight substances to the maintenance of the SPAD value of young leaves of barley under iron-deficient conditions. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 53(5):612-620.



- Inoue H, Higuchi K, Takahashi M, Nakanishi H, Mori S, Nishizawa NK, 2003. Three rice nicotianamine synthase genes, OsNAS1, OsNAS2, and OsNAS3 are expressed in cells involved in longdistance transport of iron and differentially regulated by iron. *Plant J*, 36:366-381.
- Lindsay WL, Schwab AP, 1982. The chemistry of iron in soils and its availability to plants. *J. Plant Nutr.*, 5:821-840.
- Lucena C, Waters BM, Romera FJ, Garcia MJ, Morales M, Alcantara E, Perez-Vicente R, 2006. Ethylene could influence ferric reductase, iron transporter, and H<sup>+</sup>-ATPase gene expression by affecting FER (or FER-like) gene activity. *J. Exp. Bot.*, 57(15):4145-4154.
- Markwell J, Osterman J, Mitchell J, 1995. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynth.*, 46(3):467-472.
- Maruyama, T., Higuchi, K., Yoshida, M., Tadano T., 2005. Comparison of Iron Availability in Leaves of Barley and Rice. *Soil Sci. Plant Nutr*, 51 (7), 1035-1042.
- Masuda, M, Shimochi E, Hamada T, Senoura T, Kobayashi T, Aung MS, Ishimaru Y, Ogo Y, Nakanishi H, Nishizawa NK, 2017. A new transgenic rice line exhibiting enhanced ferric iron reduction and phytosiderophore production confers tolerance to low iron availability in calcareous soil. *PLoS ONE* 12 (3).
- Mori S, Nishizawa N, Hayashi H, Chino M, Yoshimura E, Ishihara J, 1991. Why are young rice plants highly susceptible to iron deficiency? *Plant Soil*, 130(1):143-156.
- Nozoye T, Nagasaka S, Bashir K, Takahashi M, Kobayashi, T, Nakanishi H, Nishizawa NK, 2014. Nicotianamine synthase 2 localizes to the vesicles of iron-deficient rice roots, and its mutation in the YXX $\phi$  or LL motif causes the disruption of vesicle formation or movement in rice. *Plant J.*, 77(2):246-60. doi: 10.1111/tpj.12383
- Nozoye T, Nagasaka S, Kobayashi T, Takahashi M, Sato Y, Uozumi N, Nakanishi H, Nishizawa NK, 2011. Phytosiderophore efflux transporters are crucial for iron acquisition in graminaceous plants. *J. Biol. Chem.*, 286(7):5446-5454.
- Ojeda M, Schaffer B, Davies FS, 2004. Root and leaf ferric chelate reductase activity in pond apple and soursop. *J. Plant Nutr.*, 27:1381-1393.
- Richardson AD, Duigan SP, Berlyn GP, 2002. An evaluation of noninvasive methods to estimate foliar chlorophyll content. *New Phytol.*, 153(1):185-194.
- Rogers EE, Guerinot ML, 2002. FRD3, a member of the multidrug and toxin efflux family, controls iron deficiency responses in Arabidopsis, *Plant Cell*, 14:1787-1799.
- Romheld V, Marschner, H, 1986. Evidence for a specific uptake system for iron phytosiderophores in roots of grasses. *Plant Physiol.*, 80:175-180.
- Rong-li S, Hong-mei H, Xiao-yun F, Karim MR, Fu-suo Z, Chun-qin Z (2012) Responses of aerobic rice (*Oryza sativa* L.) to iron deficiency. *J. Integr Agric*, 11(6):938-945
- Rroco E, Kosegarten H, Harizaj F, Imani J, Mengel K, 2003. The importance of soil microbial activity for the supply of iron to sorghum and rape. *Eur. J. Agron.*, 19: 487-493.
- Takagi S, Kamei S, Takemoto T, 1984. Physiological aspect of mugineic acid, a possible phytosiderophore of graminaceous plants. *J. Plant Nutr.*, 7:469-477.
- Torun A, Erdem H, Torun MB, 2017. Ayçiçeği genotiplerinin demir noksanlığına karşı tolerans düzeylerinin belirlenmesi. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 5 (11):1323-1329.
- Vasconcelos MW, Musetti W, Li CM, Datta SK, Grusak MA, 2004. Functional analysis of transgenic rice (*Oryza Sativa* L.) transformed with and Arabidopsis thaliana ferric reductase (AtFRO2). *Soil Sci. Plant Nutr.*, 50(7):1151-1157.



## Sarımsak hasatıyla meydana gelen toprak kaybının belirlenmesi: Balıkesir-Altıeylül İlçesi örneği

 Mehmet Parlak\*,  Timuçin Everest

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lapseki Meslek Yüksek Okulu, Lapseki-Çanakkale

### Özet

Toprak erozyonu toprak degradasyonuna neden olan tehditlerden birisidir. Toprak erozyonunun toprak koşullarını, bitki verimini, biyoçeşitliliği ve insan beslenmesini tehdit ettiği bilinmektedir. Toprak kaynaklarının sürdürülebilirliğini şeker pancarı, patates, havuç, sarımsak gibi bitkilerin hasatı sırasında oluşan toprak kayıpları etkilemektedir. Bu araştırmanın amacı sarımsak hasatıyla meydana gelen toprak kaybını, kaybı etkileyen faktörleri, kaybolan topraktaki besin maddelerinin miktarını ve maliyetini belirlemektir. Sarımsak hasadı yılda 3.23 ton ha<sup>-1</sup> toprak kaybına yol açmaktadır. Sarımsak hasatında toprak kaybındaki değişkenliğin %95'i toprağın nem içeriği, toprak bünyesi, hacim ağırlığı, kireç, organik madde, bitki sıklığı, baş ağırlığı ve sarımsak verimi değişkenleri ile açıklanmıştır. Sarımsak hasatında besin maddesi kayıplarının yıllık maliyeti 10.74 dolar ha<sup>-1</sup> olarak tahmin edilmiştir. Araştırma sonucu, sarımsak hasatıyla meydana gelen toprak kaybı toplam toprak erozyonunun belirlenmesinde dikkate alınmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak kaybı, sarımsak, besin madde kayıpları, hasat erozyonu, su kirliliği

### Soil losses due to garlic harvesting: A case study Balıkesir-Altıeylül Town

### Abstract

Soil erosion generates a threat of soil degradation. Soil erosion exerts threats also on soil conditions, crop yield, biodiversity and human nutrition. Sustainability of soil resources is influenced by soil loss through harvesting of sugar beet, potato, carrot and garlic-like plants. This study was conducted to determine soil loss through garlic harvesting, factors effecting soil loss, quantity and cost of nutrients lost through soil loss. Mean annual soil loss was 3.23 tonnes ha<sup>-1</sup> harvest<sup>-1</sup> for garlic. 95% of variation in soil loss due to garlic harvesting was explained by gravimetric water content, soil texture, bulk density, lime, organic matter, plant density and garlic yield. Annual cost of nutrient loss through garlic harvesting was calculated as 10.74 dollars ha<sup>-1</sup>. As a result of the research, it was suggested that soil loss caused by garlic harvest should be taken into account in determining total soil erosion.

**Keywords:** Soil loss, garlic, nutrient losses, harvest erosion, water pollution

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Toprak, bitkiler için su ve besin maddeleri sağlamak, suyu depolamakta ve filtrelemektedir. Hammadde temini, karbon havuzu, kültürel ortam görevi görmektedir. Aynı zamanda toprak, gezegendeki genetik çeşitliliğin en büyük bölümünü barındırmaktadır (Field ve ark., 2017). Artan ve yoğunlaşan tarımsal üretim nedeniyle dünyanın birçok bölgesinde toprak kullanım sınırlarına ulaşılmış ve bu da toprak degradasyonu ile birlikte tarım arazilerinin nihai kaybına neden olmuştur (Lal, 2009). Toprak degradasyonu, topraktaki besin maddelerinin kaybına ve ürün veriminde düşmeye ve yetersiz beslenmeye yol açarak hızla büyüyen nüfus için mevcut gıdanın hem kalitesini hem de miktarını azaltabilir (Pozza ve Field, 2020).

Toprak degradasyonuna neden olan etmenlerden birisi de toprak erozyonudur. Küresel toprak degradasyonunun önemli bir bileşeni de hasat erozyonudur. Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), havuç (*Daucus carota* L.), kereviz (*Apium graveolens* L.), turp (*Raphanus sativus* L.), patates (*Solanum tuberosum* L.), soğan (*Allium cepa* L.), yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.), pırasa (*Allium porrum* L.) ve sarımsak (*Allium sativum* L.) gibi bitkiler hasat edildiklerinde bu bitkilere yapışmış olan topraklar buldukları alandan başka alanlara

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0286 522 6104

E-posta : [mehmetparlak06@hotmail.com](mailto:mehmetparlak06@hotmail.com)

Geliş Tarihi : 30 Ocak 2021

Kabul Tarihi : 14 Nisan 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.871070

taşınırlar. Bu sürece bitki hasadı nedeniyle toprak kaybı (BHTK) (soil loss due to crop harvesting (SLCH)) veya hasat erozyonu denilmektedir (Poesen ve ark., 2001; Oztas ve ark., 2002; Panagos ve ark., 2019). Diğer erozyon çeşitlerine (su, rüzgar ve toprak işleme erozyonu) göre hasat erozyonu daha az dikkat çekmesine rağmen (Parlak ve ark., 2008; Oshunsanya ve ark., 2018; Oshunsanya ve ark., 2019; Parlak, 2019) toprak erozyonunun saptanmasında gözönünde bulundurulmalıdır.

Sarımsak yemeklere tat ve lezzet verdiği için mutfakların vazgeçilmez sebzelerinden birisidir. 2017 yılında dünyada üretilen sarımsağın (28 164 054 ton) %78.80'i Çin'de gerçekleşmiştir. Çin' i Hindistan, Bangladeş, Güney Kore ve İspanya izlemektedir. Türkiye' nin sarımsak üreten ülkeler arasındaki sıralaması 13. olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2017). 2018 yılında Türkiye' de üretilen 116 840 ton kuru sarımsağın 4242 tonu (%3.63'ü) Balıkesir'de üretilmiştir (TÜİK, 2021). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verileri incelendiğinde Türkiye'de sarımsak tarımı yapılan toprakların % 5.64'ü (7140 da) Balıkesir ilinde bulunmaktadır (TÜİK, 2021). Balıkesir ili sarımsak tarımında Türkiye genelinde altıncı sırada olup aynı zamanda Marmara Bölgesi'nde en fazla üretimin yapıldığı ildir. Bu nedenle sarımsak tarımı yapılan toprakların sürdürülebilir kullanılması, mevcut durumlarının ortaya konması önem arz etmektedir. Yapılan literatür incelemesinde Türkiye'de tarlada parsel ölçeğinde sarımsak hasatıyla meydana gelen toprak kaybıyla ilgili yayınlanmış araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu araştırma sarımsak hasatı sırasında toprak kayıplarını belirlemek, toprak kaybını etkileyen faktörleri ve hasatla kaybolan topraktaki besin maddelerinin miktarı ile maliyetini hesaplamak için yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı

Çalışma alanı Balıkesir ilinin Altieylül sınırları içinde bulunmaktadır. Altieylül ilçesi 39° 41'' – 39° 44' kuzey enlemleri ile 27° 51' – 27° 52' doğu boylamları arasında konumlanmaktadır (Şekil 1). Altieylül ilçesinde yoğun olarak serin iklim tahılları [buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), çavdar (*Secale cereale* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.)], mısır (*Zea mays* L.), fiğ (*Vicia sativa* L.), yonca (*Medicago sativa* L.) ve sarımsak yetiştirilmektedir. Balıkesir meteoroloji istasyonundan elden edilen 40 yıllık iklimsel verilere göre yıllık ortalama sıcaklık ve yağış sırasıyla 14.7 °C ve 524.2 mm'dir (MGM, 2021). Araştırma Balıkesir'in Altieylül İlçesinde en çok sarımsak üretimi yapılan 2 köyde (Pamukçu köyü ve Cinge köyü) yapılmıştır. Sarımsak dişlerinin dikimi 2017 yılının Ekim ayında gerçekleştirilmiştir. Çift sıralı yapılan dikimlerde 120 – 150 cm genişliğine sahip olan tahtalar kullanılarak 10 cm'ye 10 cm mesafe ile sıra arası ve sıra üzeri mesafe ayarlanmış ve 12 ila 15 sıralı dikim gerçekleştirilmiştir. Gübreleme işlemi için Şubat ayında 25 kg/da üre (%46N) ve Mart ayında 20 kg/da triple süper fosfat (%43) uygulaması yapılmıştır. Sarımsak bölgede kışlık olarak yetiştirildiği için yağışlar genellikle yeterli durumdadır. Yetersiz yağış durumunda ise sulama işlemi yapılmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirildiği arazilerde ekim işleminden sonra bir sulama yapılarak çimlenme teşvik edilmiştir. Son sulama ise hasadı kolaylaştırmak için Nisan ayının son haftasından başlamak üzere beşer gün aralıklar ile dört sulama olacak şekilde planlanarak gerçekleştirilmiştir. Sarımsak arazilerinde yabancı ot mücadelesini sağlamak, havalandırmayı artırmak ve bitki gelişimi desteklemek için çapalama önemli bir kültürel işlemdir. Sarımsak arazilerinde iki kez çapalama yapılmıştır. Bunlardan birincisi bitkilerin ilk çıkışını takiben ikincisi ise Nisan ayında yapılmıştır. Sarımsağın önemli bir zararlısı olan tel kurdu (*Agriotes* spp.) ile kimyasal mücadele için dekara 1.2 kg, %25'lik Chlorpyrifos-ethyl etken maddeli zirai mücadele ilacı kullanılmıştır. Hasat 2018 yılı Mayıs ayının ortasında gerçekleştirilmiştir.

### Örnekleme metodu

Pamukçu ve Cinge köylerindeki sarımsak tarlaları küçük büyüklükte (5 ile 8 da arasında) ve hasat işlemi maliyetli olduğu için sarımsakta hasat Mayıs 2018'te elle (Şekil 2 A-D) yapılmıştır. Sarımsakta hasat yapılmadan 5 gün önce toprak ve bitkinin kolayca ayrılması için yağmurlama sulama yapılmıştır. Hasat öncesi sarımsak tarlalarının sulanması yaygın bir uygulamadır. Sarımsakta 18 örnekleme (2 köy x 3 sarımsak tarlası x 3 parsel= 18) yapılmıştır. Parsel büyüklüğü 2mx2m= 4 m<sup>2</sup>'dir. Bitki sıklığı(baş ha-1) her parseldeki sarımsak sayısından saptanmıştır. Sarımsak parsellerindeki tüm bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen parseldeki sarımsaklardan rastgele 14-26 baş seçilmiştir. Rastgele seçilen sarımsak başları ile bu başların üzerine yapışmış topraklar tartılmış, daha sonra başların üzerindeki topraklar sıyrılmış ve bir kovanın içinde sarımsak başları yıkanmıştır. Yıkanan sarımsak başları daha sonra tartılmıştır. Sarımsak verimi (M<sub>cy</sub>) (ton ha<sup>-1</sup>) baş ağırlığı ve bitki sıklığından hesaplanmıştır.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu



Şekil 2. Elle sarımsak hasatı (A), sarımsağın demet şeklinde bağlanması (B), sarımsağın römorka yüklenmesi (C), sarımsağın derede yıkanması (D).

### Toprak kaybı ve besin maddesi kaybının belirlenmesi

Bitki hasadıyla toprak kaybı (BHTK) birim bitki ağırlığındaki fırın kuru toprağı veya birim alandaki fırın kuru toprağı ifade eder. Bu yüzden [Ruysschaert ve ark., \(2004\)](#) BHTK'nı  $BHTK_{spes}$  ve  $BHTK_{bitki}$  olarak ikiye ayırmıştır.

$$BHTK_{spes} (kg kg^{-1}) = \frac{M_{ds} + M_{rf}}{M_{bitki}} \quad (1)$$

Burada  $M_{ds}$  = fırın kuru toprağın ağırlığı (kg),  $M_{rf}$  = kaya parçacıklarının kütlesi (kg) ve  $M_{bitki}$  = net bitki ağırlığı (kg) (temizlenmiş sarımsak başlarının ağırlığı),

$$BHTK_{spes/p} (g baş^{-1}) = \frac{M_{ds} + M_{rf}}{N_{pl}} \quad (2)$$

Burada  $N_{pl}$  = 1 m<sup>2</sup>' deki sarımsak başlarının sayısı.



$$BHTK_{bitki} \text{ (ton ha}^{-1}\text{hasat}^{-1}\text{)} = BHTK_{spes} \times M_{cy} \quad (3)$$

Burada  $M_{cy}$ = sarımsak verimi (ton ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup>).

$$\text{Besin maddesi kaybı (kg ha}^{-1}\text{ hasat}^{-1}\text{)} = \text{Besin maddesi içeriği (g kg}^{-1}\text{ toprak)} \times BHTK_{bitki} \text{ (ton ha}^{-1}\text{ hasat}^{-1}\text{)} \quad (4)$$

### Toprak analizleri

Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak için toprak örnekleri 0-20 cm derinlikten paslanmaz çelik kürekle ve çelik silindirlerle alınmıştır. Hasat sırasında alınmış toprak örneklerinin nem kapsamları gravimetrik olarak hesaplanmıştır (Topp ve Ferre, 2002). Daha sonra toprak örnekleri laboratuvara getirilerek kurutulduktan sonra 2 mm' lik elekten elenerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneklerinde bünye analizi hidrometre metoduna göre yapılarak kum, silt ve kil miktarları belirlenmiştir (Gee ve Or, 2002). Hacim ağırlığı bozulmamış örnek alma kapları yardımıyla yapılmıştır (Grossman ve Reinsch, 2002). Kireç Scheibler kalsimetresi ile hacimsel olarak tayin edilmiştir (Loeppert ve Suarez, 1996). Organik madde yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir (Nelson ve Sommers, 1996). Toplam azot (N) Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır (Bremner, 1996). Alınabilir fosfor (P) 0.5 M sodyum bikarbonat (pH=8.5) ile ekstrakte edilmiş, askorbik asitte renklendirilerek spektrofotometrede standart seri eşliğinde okunmuştur (Kuo, 1996). Alınabilir potasyum (K) pH'sı 7 olan 1 N amonyum asetat kullanılarak ekstrakte geçen potasyum miktarının alev fotometrede okunmasıyla belirlenmiştir (Helmke ve Sparks, 1996).

### Gübre gereksinmesinin belirlenmesi

Sarımsak hasadıyla kaybolan topraklardaki besin maddelerinin maliyetini belirlemek için toprak analiz sonuçlarına göre üre, triple süperfosfat (TSP) ve potasyum sülfat (K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) miktarları 5., 6. ve 7. eşitlikler yardımıyla hesaplanmıştır.

$$\text{Üre (kg)} = 100 \times \text{Uzaklaşan N (kg ha}^{-1}\text{ hasat}^{-1}\text{)} / 46 \quad (5)$$

$$\text{Triple süperfosfat (kg)} = 100 \times \text{Uzaklaşan P}_2\text{O}_5 \text{ (kg ha}^{-1}\text{ hasat}^{-1}\text{)} / 43 \quad (6)$$

$$\text{Potasyum sülfat (kg)} = 100 \times \text{Uzaklaşan K}_2\text{O (kg ha}^{-1}\text{ hasat}^{-1}\text{)} / 50 \quad (7)$$

Eşitliklerde 46, 43 ve 50 üre, triple süperfosfat ve potasyum sülfat gübrelerindeki N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O yüzdelerini göstermektedir.

### İstatistiksel değerlendirme

Korelasyon katsayıları ve çoklu regresyon eşitlikleri SAS istatistik programı kullanılarak (SAS Institute Inc., 1999) belirlenmiştir. Spearman korelasyon katsayıları kullanılmıştır. Regresyon analizlerinde bağımlı değişken BHTK<sub>spes/p</sub>; tahminleyici olarak kullanılmış değişkenler ise toprak nemi, kil, silt, ince kum, kaba kum, hacim ağırlığı, organik madde, kireç, bitki sıklığı, baş ağırlığı ve sarımsak verimidir.

## Bulgular ve Tartışma

### Sarımsak hasatının neden olduğu toprak kaybı

BHTK<sub>spes</sub>, BHTK<sub>spes/p</sub>, BHTK<sub>bitki</sub>, hasat sırasında toprak nem içeriği, toprak bünyesi, hacim ağırlığı, CaCO<sub>3</sub>, organik madde, bitki sıklığı, baş ağırlığı ve sarımsak verimi Çizelge 1'de verilmiştir. Sarımsak hasatındaki BHTK<sub>spes</sub> (kg kg<sup>-1</sup>), BHTK<sub>spes/p</sub> (g baş<sup>-1</sup>) ve BHTK<sub>bitki</sub> (ton ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup>) değerleri sırasıyla 0.1803, 0.0168 ve 3.23 dür. Örnekleme yapılan toprakların bünyesi kil ve kumlu killi tın olarak belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı 1.16 g cm<sup>-3</sup>, kireç içeriği %17.01, organik madde ise %2.29 olarak saptanmıştır. Sarımsak yetiştirilen toprakların ana materyali kireçtaşı olduğundan kireç kapsamları genellikle yüksek çıkmıştır. Bitki sıklığı (baş ha<sup>-1</sup>), baş ağırlığı (g) ve sarımsak verimi (ton ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup>) sırasıyla 188 333, 97.23 ve 17.58 olarak belirlenmiştir.

### Sarımsak hasatındaki toprak kaybıyla toprak ve bitki özellikleri arasındaki ilişkiler

Elle sarımsak hasatında tüm değişkenler arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 2'de verilmiştir. BHTK<sub>spes</sub> toprak nem içeriğiyle önemli ölçüde korelasyon gösterirken BHTK<sub>spes/p</sub> CaCO<sub>3</sub> ile önemli düzeyde korelasyon göstermiştir. BHTK<sub>spes</sub> toprak nemi arttıkça artmış, BHTK<sub>spes/p</sub> ise CaCO<sub>3</sub> azaldıkça artmıştır. BHTK<sub>bitki</sub> hasat sırasındaki toprak nem kapsamı, CaCO<sub>3</sub> ve sarımsak verimiyle önemli olarak korelasyonlu bulunmuştur. BHTK<sub>bitki</sub> toprak nemi ve sarımsak veriminin artmasıyla artmış, CaCO<sub>3</sub>'ün artmasıyla azalmıştır.

Çizelge 1. BHTK parametreleri, toprak özellikleri, bitki sıklığı, baş ağırlığı ve sarımsak verimi istatistikleri (n=18)

Ölçülen değişken	Elle hasat değerleri*
BHTK <sub>spes</sub> (kg kg <sup>-1</sup> )	0.1803 ± 0.1126
BHTK <sub>spes/p</sub> (g baş <sup>-1</sup> )	0.0168 ± 0.0111
BHTK <sub>bitki</sub> (ton ha <sup>-1</sup> hasat <sup>-1</sup> )	3.23 ± 2.12
Hasat sırasında toprak nem içeriği (%)	36.85 ± 4.78
İnce kum (%)	24.71 ± 7.53
Kaba kum (%)	12.12 ± 1.76
Kil (%)	45.63 ± 8.93
Silt (%)	17.54 ± 2.69
Hacim ağırlığı (g cm <sup>-3</sup> )	1.16 ± 0.09
CaCO <sub>3</sub> (%)	17.01 ± 8.19
Organik madde (%)	2.29 ± 0.49
Bitki sıklığı (baş ha <sup>-1</sup> )	188 333 ± 40 475
Baş ağırlığı (g)	97.23 ± 23.73
Sarımsak verimi (ton ha <sup>-1</sup> hasat <sup>-1</sup> )	17.58 ± 3.89

\* Ortalama, ± standart sapma

Çizelge 2. Elle hasat edilen sarımsakta BHTK parametreleri ile toprak nem içeriği (W), toprak tekstürü, hacim ağırlığı (HA), CaCO<sub>3</sub>, organik madde (OM), bitki sıklığı (BS), baş ağırlığı (BA) ve sarımsak verimi (M) arasındaki spearman korelasyon katsayıları\*

	BHTK <sub>spes</sub>	BHTK <sub>spes/p</sub>	BHTK <sub>bitki</sub>	W	İ. kum	K. kum	Kil	Silt	HA	CaCO <sub>3</sub>	OM	BS	BA
BHTK <sub>spes/p</sub>	0.87*												
BHTK <sub>bitki</sub>	0.93*	0.92*											
W	0.59*	0.53*	0.64*										
İnce kum	-0.27	-0.15	-0.38	-0.25									
Kaba kum	-0.12	-0.15	-0.13	-0.19	-0.23								
Kil	0.23	0.09	0.34	0.26	-0.97*	0.11							
Silt	0.06	0.22	0.04	-0.06	0.55*	-0.39	-0.69*						
HA	-0.34*	-0.24	-0.42	-0.23	0.62*	0.18	-0.56*	0.01					
CaCO <sub>3</sub>	-0.69*	-0.68*	-0.77*	-0.34	0.49*	-0.12	-0.41	0.08	0.31				
OM	-0.31	-0.27	-0.31	-0.43	0.04	-0.37	0.04	0.02	-0.06	0.26			
BS	0.26	-0.03	0.31	0.43	-0.56*	0.15	0.51*	-0.21	-0.50*	-0.32	-0.21		
BA	0.05	0.48*	0.26	0.01	0.04	-0.27	-0.06	0.27	0.03	-0.21	0.17	-0.55*	
M	0.16	0.39	0.48*	0.43	-0.46	-0.05	0.39	-0.37	-0.37	-0.47*	-0.14	0.34	0.56*

Sarımsakta SLCH<sub>spec/p</sub> parametresi ile bazı toprak özellikleri ve diğer parametreler arasındaki çoklu regresyon eşitlikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Sarımsağın elle hasatındaki toprak kaybını tahmin etmek için en önemli değişkenler; hasat zamanında toprağın nem kapsamı, toprak bünyesi, hacim ağırlığı, kireç, organik madde, bitki sıklığı, baş ağırlığı ve sarımsak verimi olarak belirlenmiştir. Parlak ve ark., (2018) kereviz hasatında toprak kaybındaki değişimin %33' ünün ince kum, kil ve bitki sıklığı ile; yine aynı bitkinin hasatında toprak kaybındaki değişimin %23' ünün ise ince kum ve organik maddeyle açıklanabildiğini belirtmişlerdir. Bazı araştırmacılar toprak kaybının nem arttıkça arttığını (Li ve ark., 2006; Isabirye ve ark., 2007; Parlak ve Blanco-Canqui 2015; Dada ve ark., 2016; Parlak ve ark., 2016; Faraji ve ark., 2017), bazıları toprak kaybının kil veya silt arttıkça arttığını (Li ve ark., 2006; Dada ve ark., 2016; Oshunsanya 2016; Oshunsanya ve ark., 2019); kimi araştırmacılar toprak kaybının bitki sıklığı arttıkça arttığını (Li ve ark., 2006; Oshunsanya 2016; Yu ve ark., 2016); bazı araştırmacılar ise toprak kaybının bitki verimi arttıkça arttığını (Parlak ve ark., 2016; Oshunsanya ve ark., 2018) belirtmişlerdir. Fakat bazı araştırmacılar toprak kaybının kireç kapsamının artmasıyla azaldığını saptamışlardır (Ruysschaert ve ark., 2004; Parlak ve ark., 2016).

Çizelge 3. Sarımsakta BHTK<sub>spes/p</sub> parametresi ve bazı toprak özellikleri ile diğer parametreler arasındaki çoklu regresyon eşitlikleri (n=18)

No	Tahmini denklem	R <sup>2</sup>	p
1	SLCH <sub>spes/p</sub> (g/baş) = 8.3 + 0.00103(Toprak nem içeriği) + 0.084(ince kum) - 0.083(kaba kum) - 0.084(kil) - 0.084(silt) - 0.0298(hacim ağırlığı) - 0.000563(CaCO <sub>3</sub> ) - 0.062(organik madde) + 0.0(bitki sıklığı) + 0.00116(baş ağırlığı) - 0.00536(sarımsak verimi)	0.95	0.006
2	SLCH <sub>spes/p</sub> (g/baş) = - 0.0208 + 0.00857(Toprak nem içeriği) - 0.000660(CaCO <sub>3</sub> ) + 0.000179(baş ağırlığı)	0.71	0.001
3	SLCH <sub>spes/p</sub> (g/baş) = - 0.0011 + 0.000789(Toprak nem içeriği) - 0.000780(CaCO <sub>3</sub> )	0.57	0.002

Sarımsak hasatı için bulunan toprak kaybı ( $\text{ton ha}^{-1}$  hasat $^{-1}$ ) Türkiye' deki havuç, İran'daki sarımsak, Türkiye'deki kerevizden daha düşük saptanmışken; Çin'deki şeker pancarı, Uganda'daki tatlı patates (*Ipomoea batatas*), Nijerya' daki yam (*Dioscorea* spp.) ve kırmızı kokoyamdan (*Xanthosoma sagittifolium*) daha yüksek saptanmıştır (Çizelge 4). Saptadığımız toprak kaybı değeri; İran' daki sarımsaktan 1.94 kat daha düşükken, Çin' deki şeker pancarından 3.23 kat ve Nijerya' daki kırmızı kokoyamdan 215 kat daha yüksek saptanmıştır. Toprak kayıplarındaki bu farklılıkların nedeni toprak özellikleri, hasat zamanındaki yağış miktarı, toprak yönetimi ve bitki verimi olabilir. [Berberoğlu ve ark., \(2020\)](#) PESERA (Pan European Soil Erosion Risk Assessment) modelini kullanarak Marmara Havzası' ndaki tarım alanlarında toprak erozyonunun  $1.85 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$  olduğunu bildirmişlerdir. Sarımsak hasatındaki erozyon değeri ( $3.23 \text{ ton ha}^{-1}$  hasat $^{-1}$ ) [Berberoğlu ve ark., \(2020\)](#)'nın bildirdiğinden 1.75 kat daha yüksek iken [Schertz ve Nearing \(2002\)](#)'in bildirdiği izin verilebilir toprak kayıp değerinden ( $11.2 \text{ ton ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$ ) 3.47 kat daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4. Elle hasat yapılan bitkilerde toprak kayıplarının karşılaştırılması (Ortalama  $\pm$  standart sapma)

Bitki	Ülke	Toprak kaybı ( $\text{ton ha}^{-1}$ hasat $^{-1}$ )	Kaynak
Şeker pancarı	Çin	$1.00 \pm 0.60$	Li ve ark., 2006
Tatlı patates	Uganda	$0.09 \pm$ veri yok	Isabirye ve ark., 2007
Yam	Nijerya	$3.21 \pm$ veri yok	Dada ve ark., 2016
Kırmızı kokoyam	Nijerya	$0.015 \pm$ veri yok	Oshunsanya, 2016
Havuç	Türkiye	$5.60 \pm$ veri yok	Parlak ve ark., 2016
Sarımsak	İran	$6.27 \pm$ veri yok	Faraji ve ark., 2017
Kereviz	Türkiye	$4.00 \pm 1.91$	Parlak ve ark., 2018
Sarımsak	Türkiye	$3.23 \pm 2.12$	Bu araştırma

Sarımsak hasatıyla yılda  $3.23 \text{ ton ha}^{-1}$  toprak kaybolmaktadır. Kaybolan toprakla beraber profildeki toprağın derinliği de azalmaktadır. Yıllar boyunca hasat nedeniyle üst toprağın sürekli kaybı sarımsak tarımı yapılan alanlarda dikkat çekmeye başlayacaktır. Buna ilaveten sarımsak hasatıyla besin maddelerinin sürekli uzaklaşması tarım alanlarında besin maddelerinin azalmasına neden olabileceği gibi tarımın sürdürülebilirliğini etkilemektedir. Farklı araştırmacılar toprak profilindeki azalmayı bazı bitkiler için hesaplamışlardır. [Poesen ve ark., \(2001\)](#) radika ve şekerpancarında  $0.33 \text{ mm yıl}^{-1}$ ; [Parlak ve Blanco-Canqui, \(2015\)](#) patatesten  $1.20 \text{ mm yıl}^{-1}$ ; [Faraji ve ark., \(2017\)](#) beş bitkide (sarımsak, patates, şekerpancarı, turp ve kırmızı pancar)  $0.30 \text{ mm yıl}^{-1}$ ; [Parlak ve ark., \(2018\)](#) kerevizde  $3.17 \text{ mm yıl}^{-1}$  olarak belirlemişlerdir. Araştırmamızda sarımsak hasatında toprak profilindeki azalma  $0.31 \text{ mm yıl}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Sarımsak hasatında toprak profilindeki azalma İran'da hasatı yapılan beş bitkideki (sarımsak, patates, şekerpancarı, turp ve kırmızı pancar) değerden yüksek, diğer araştırmacıların bulduklarından düşüktür. [Stockman ve ark. \(2014\)](#) küresel toprak oluşum hızını  $0.11 \text{ mm yıl}^{-1}$  olarak tahmin etmişlerdir. Sarımsak hasatında saptanılan değer ( $0.31 \text{ mm yıl}^{-1}$ ) küresel toprak oluşum hızından yaklaşık 3 kat daha fazladır. Bu durum sarımsak yetiştirilen toprakların degradasyona uğradığını göstermektedir.

Hasattan sonra Pamukçu deresinde sarımsakların yıkanması suyun kirlenmesi ve sedimentasyon sorununa neden olabilmektedir. Derede besin maddelerinin birikimi siltasyon sorununun yanında sucul hayvanların habitatlarını olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bitkilerin hasat edilmesinin siltasyona neden olduğu başka araştırmacılar tarafından da belirtilmiştir ([Li ve ark., 2006](#); [Isabirye ve ark., 2007](#); [Mwango ve ark., 2015](#); [Oshunsanya 2016](#); [Yu ve ark., 2016](#); [Oshunsanya ve ark., 2019](#)).

### Besin maddesi kayıplarının maliyeti

Tarlalardan sarımsak hasatıyla kaybolan besin maddesi kayıplarının maliyeti Çizelge 5'te verilmiştir. Sarımsak hasatıyla kaybolan besin maddelerinin (N,  $\text{P}_2\text{O}_5$  ve  $\text{K}_2\text{O}$ ) yıllık maliyeti  $10.74 \text{ dolar ha}^{-1}$  olarak hesaplanmıştır. Farklı araştırmacılar hasat erozyonuyla kaybolan topraklardaki besin maddesi kayıplarının maliyetini hesaplamışlardır. [Faraji ve ark., \(2017\)](#) sarımsak hasatındaki yıllık maliyeti  $8.61 \text{ dolar ha}^{-1}$ ; [Parlak ve Blanco-Canqui \(2015\)](#) patates hasatındaki yıllık maliyeti  $2.92 \text{ dolar ha}^{-1}$ ; [Parlak ve ark., \(2018\)](#) kereviz hasatındaki yıllık maliyeti  $6.18 \text{ dolar ha}^{-1}$ ; [Parlak ve ark., \(2020\)](#) rulo çim hasatındaki yıllık maliyetin ise  $133.31 \text{ dolar ha}^{-1}$  ile  $444.26 \text{ dolar ha}^{-1}$  arasında olduğunu saptamışlardır.

Çizelge 5. Sarımsak hasatında toprakla kaybolan besin maddesi kayıplarının maliyeti

Besin elementi	Ort. miktar $\pm$ st. sapma (g kg <sup>-1</sup> )	Kaybolan miktar (kg ha <sup>-1</sup> hasat <sup>-1</sup> )	Gübre eşdeğeri	Birim maliyet <sup>a</sup> (dolar ton <sup>-1</sup> )	Toplam maliyet (dolar ha <sup>-1</sup> hasat <sup>-1</sup> )
N	1.172 $\pm$ 2.562	3.78	8.22 kg üre (%46)	362	2.97
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.016 $\pm$ 0.009	0.12	0.28 kg TSP (%43)	435	0.12
K <sub>2</sub> O	1.419 $\pm$ 1.027	4.58	9.16 kg KSO <sub>4</sub> (%50)	836	7.65
Toplam					10.74

<sup>a</sup> Gübre fiyatları ticari satış değerine göre belirlenmiştir.

## Sonuç

Hasat erozyonuyla ilgili araştırmalarda sarımsak az çalışılan bitki olmasına rağmen sarımsak hasatı yılda 3.23 ton ha<sup>-1</sup> toprak kaybına neden olmaktadır. Sarımsağın elle hasatında toprak kaybını etkileyen faktörler; hasat sırasında toprağın nem kapsamı, toprak bünyesi, hacim ağırlığı, kireç, organik madde, baş ağırlığı ve sarımsak verimidir. Sarımsak hasatında kaybolan toprakla beraber 3.78 kg N ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup>, 0.12 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup>, 4.58 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup> uzaklaşmaktadır. Sarımsakta kaybolan besin maddelerinin toplam maliyeti 10.74 dolar ha<sup>-1</sup> hasat<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır. Hasat erozyonunu azaltmak için sarımsak üreticileri hasat sırasındaki toprak nemine dikkat etmeli, bu konuda çiftçilere eğitim toplantıları düzenlenmelidir. Çiftçilerin bilincini arttırmak için ilgili kurumlar tarafından liflet, broşür gibi materyaller hazırlanarak üretici farkındalığını arttırmaya yönelik yayım çalışmaları yapılabilir. Şartlar elverirse sarımsak başlarının üzerindeki topraklar sıyrılmalı ve tarlalarda bırakılmalıdır. Hasat erozyonu toprakların sürdürülebilirliğini etkilediği için bu konuyla ilgili daha fazla araştırmalar yapılmalıdır. Hasat erozyonu ile ilgili yapılan çalışmaların karar verici ve politikacılar için mevcut mevzuatların güncellenmesinde fayda sağlayacağı umulmaktadır.

## Kaynaklar

- Berberoglu S, Cilek A, Kirkby M, Irvine B, Donmez C, 2020. Spatial and temporal evaluation of soil erosion in Turkey under climate change scenarios using the Pan European Soil Erosion Risk Assessment (PESERA) model. Environ. Monit. Assess. 192: 491.
- Bremner JM, 1996. Nitrogen–Total. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods (ed. Sparks DL), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1085–1122.
- Dada POO, Adeyanju OR, Adeosun OJ, Adewumi JK, 2016. Effects of soil physical properties on soil loss due to manual yam harvesting under a sandy loam environment. Int. Soil Water Conserv. Res. 4: 121–125.
- FAO, 2017. FAOSTAT. Data.Crops.http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC (accessed 20 November 2019).
- Faraji M, Chakan AA, Jafarizadeh M, Behbahani AM, 2017. Soil and nutrient losses due to root crops harvesting: a case study from south western Iran. Arch. Agron. Soil Sci. 63(11): 1523-1534.
- Field D, Morgan CL, McBratney AB, 2017. Global Soil Security. Springer. 469 p.
- Gee GW, Or D, 2002. Particle size analysis. Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods (ed. Dane JH, Topp GC), SSSA, Book Series No: 5, Madison, pp. 255–293.
- Grossman RB, Reinsch TG, 2002. Bulk density and linear extensibility: core method. Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods (ed. Dane JH, Topp GC), SSSA, Book Series No: 5, Madison, pp. 201–293.
- Helmke PA, Sparks DL, 1996. Lithium, sodium, potassium, rubidium, and calcium. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods (ed. Sparks DL), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 551-574.
- Isabirye M, Ruyschaert G, Van Linden L, Poesen J, Magunda MK, Deckers J, 2007. Soil losses due to cassava and sweet potato harvesting: a case study from low input traditional agriculture. Soil Tillage Res. 92: 96-103.
- Kuo S, 1996. Phosphorus. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods (ed. Sparks DL), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 869 –920.
- Lal R, 2009. Soil degradation as a reason for inadequate human nutrition. Food Sec. 1(1): 45-57.
- Li Y, Ruyschaert G, Poesen J, Zhang QW, Bai LY, Li L, Sun LF, 2006. Soil losses due to potato and sugar beet harvesting in NE China. Earth Surf. Proc. Land. 31: 1003-1016.
- Mwango SB, Msanya BM, Mtakwa PW, Kimaro DN, Deckers J, Poesen J, Lilanga S, Sanga R, 2015. Soil loss due to crop harvesting in Usambara Mountains, Tanzania: the case of carrot, onion and potato. Int. J. Plant Soil Sci. 4(1): 18-28.
- Loeppert RH., Suarez DL, 1996. Carbonate and gypsum. Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods (ed. Sparks DL), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 437–474.
- MGM, 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Balıkesir ili iklim verileri. (Erişim tarihi: 22 Mart 2021). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=BALIKESIR>



- Nelson DW, Sommers LE, 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter: Laboratory methods. *Methods of Soil Analysis. Part 3. Chemical Methods* (ed. Sparks DL), American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA, pp. 961–1010.
- Oshunsanya SO, 2016. Quantification of soil loss due to white cocoyam (*Colocasia esculentus*) and red cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) harvesting in traditional farming system. *Catena* 137: 134-143.
- Oshunsanya SO, Yu H, Li Y, 2018. Soil loss due to root crop harvesting increases with tillage operations. *Soil Tillage Res.* 181: 93-101.
- Oshunsanya SO, Yu H, Li Y, Saggat S, 2019. Root hairs and cortex contribute to soil due to root crop harvesting. *Catena* 174: 514-523.
- Oztas T, Ozbek AK, Turan M, 2002. The cost of soil lost from fields due to removal on harvested sugar beet: a case study in Turkey. *Soil Use Manage.* 18: 236-237.
- Panagos P, Borrelli P, Poesen J, 2019. Soil loss due to crop harvesting in the European Union: a first estimation of an underrated geomorphic process. *Sci. Total Environ.* 664: 487-498.
- Parlak M, 2019. Greenhouse gas footprint of replacing nutrients lost through soil erosion due to root and tuber crops harvesting. *Mediterranean Agric. Sci.* 32(1): 95-99.
- Parlak M, Blanco-Canqui H, 2015. Soil losses due to potato harvesting: a case study in western Turkey. *Soil Use Manage.* 31(4): 525-527.
- Parlak M, Çiçek G, Blanco-Canqui H, 2018. Celery harvesting causes losses of soil: a case study in Turkey. *Soil Tillage Res.* 180: 204-209.
- Parlak M, Everest T, Ruis SJ, Blanco H, 2020. Impact of urbanization on soil loss: a case study from sod production. *Environ. Monit. Assess.* 192: 588.
- Parlak M, Karaca S, Türkmen N, 2008. The cost of soil lost caused by sugar beet harvest: a case study for Turkey. *J. Agric. Sci.* 14 (3): 284-287.
- Parlak M, Palta Ç, Yokuş S, Blanco-Canqui H, Çarkacı DA, 2016. Soil losses due to carrot harvesting in south central Turkey. *Catena* 140: 24-30.
- Poesen JWA, Verstraeten G, Soenens R, Seynaeve L, 2001. Soil losses due to harvesting of chicory roots and sugar beet: an underrated geomorphic process? *Catena* 43: 35-47.
- Pozza LE, Field DJ, 2020. The science of soil security and food security. *Soil Security* 1: 100002.
- Ruysschaert G, Poesen J, Verstraeten G, Govers G, 2004. Soil loss due to crop harvesting: significance and determining factors. *Prog. Phys. Geog.* 28: 467–501.
- SAS Institute Inc, 2018. SAS/Enterprise Guide Version 9.4.
- Schertz DL, Nearing MA, 2002. Erosion tolerance/soil loss tolerances. (ed.Lal R), *Encyclopedia of Soil Science*. Marcel Dekker Inc. New York, USA. pp.448-451.
- Stockmann U, Minasny B, McBratney AB, 2014. How fast does soil grow? *Geoderma* 216: 48–61.
- Topp GC, Ferre PA, 2002. Water content. *Methods of Soil Analysis. Part 4, Physical Methods*(ed. Dane JH, Topp GC), SSSA, Book Series No: 5, Madison, pp. 417-545.
- TÜİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. Tarımsal veriler. (Erişim tarihi: 22 Mart 2021) <http://www.tuik.gov.tr>
- Yu H, Li Y, Zhou N, Chapell A, Li X, Poesen J, 2016. Soil nutrient loss due to tuber crop harvesting and its environmental impact in the North China Plain. *J. Integr. Agr.* 15(7): 1612-1624.



# Taban suyu tablası yüksekliğinin değişimine bağlı olarak taban suyu seviyesinin matematiksel modellenmesi

İmanverdi Ekberli\*, Coşkun Gülser

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

## Özet

Tarım alanlarında sulama suyu miktarının düzenlenmesinde, bitki-kök bölgesi tuzlaşmasının önlenmesinde, drenaj sisteminin planlanmasında taban suyu derinliği ve seviyesinin, taban suyu tablasının değişiminin değerlendirilmesi gerekir. Bu çalışmada, Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak elde edilen Boussinesq denkleminin (doğrusal olmayan difüzyon denkleminin), harmonik sınır koşuluna bağlı çözümüne göre taban suyu tablası ve seviyesinin değişimleri incelenmiştir. Taban suyu tablası ve seviyesinin mesafe ve zamana bağlı olduğu teorik olarak gösterilmiştir. Taban suyu tablası ve seviyesinin maksimum değişimleri sırasıyla 0.123 m ve 2.123 m olarak, 0.5 m mesafede ve 2. saatte hesaplanmıştır. Minimum değişimler ise sırasıyla -0.006 m ve 1.994 m olarak 2.5 m mesafede ve 2. saatte belirlenmiştir. Taban suyu tablasının dalgalanma amplitütünün eksponansiyel olarak değiştiği ve  $x > 2$  m mesafede dalgalanmanın "sönme" sürecine yaklaştığı belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Taban suyu tablası, taban suyu seviyesi, Boussinesq denklemi, amplitüt, mesafe, zaman

## Mathematical modeling of the groundwater level depending on the change of groundwater table height

### Abstract

It is necessary to evaluate the change of the ground water table, the depth and level of groundwater for regulating the amount of irrigation water in the agricultural areas, preventing salinization in the plant-root region, and planning the drainage system. In this study, the variation of ground water table and its level depending on solution according to harmonic boundary condition of the Boussinesq equation (nonlinear diffusion equation), derived from the Dupuit approximation and the Darcy law, were investigated. It has been theoretically shown that the ground water table and its level depend on distance and time. The maximum variations of ground water table and its level were calculated as 0.123 m and 2.123 m, at a distance of 0.5 m and at the 2<sup>nd</sup> hour, respectively. The minimum changes were determined as -0.006 m and 1.994 m at a distance of 2.5 m and at the 2<sup>nd</sup> hour, respectively. It has been determined that the fluctuation amplitude of the groundwater table is exponentially changed and the fluctuation in  $x > 2$  m distance approaches the "damping" process.

**Keywords:** Groundwater table, groundwater level, Boussinesq equation, amplitude, distance, time

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Farklı iklim ve toprak koşullarına sahip bölgelerde tarım topraklarının su-tuz, besin vb. rejimlerinin düzenlenmesi; yıkama ve sulama suyu normlarının hesaplanması, tuzlanmanın önlenmesi gibi problemlerin çözümü, taban suyu derinliğinin ve taban suyu tablasının değişimine bağlı olarak taban suyu seviyesinin belirlenmesini gerektirmektedir. Taban suyu tablasının doyurduğu toprak seviyesinde aşağıdan yukarı doğru olan su hareketi, topraktaki doymamış su hareketine etki yapan faktörlerdendir. Sulama ve yıkama uygulamaları, aşırı yağış miktarı, bölgenin hidrojeolojik koşulları gibi faktörler taban suyu tablasının değişimine, dolayısıyla taban suyu seviyesine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Arazi koşullarında drenaj çeşitlerinin belirlenmesinde, diğer faktörlerle beraber, taban suyu derinliği ve seviyesinin, taban suyu tablasının değişiminin değerlendirilmesi gerekir.

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 3121919  
E-posta : iman@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 22 Eylül 2020  
Kabul Tarihi : 14 Nisan 2021

e-ISSN : 2146-8141  
DOI : 10.33409/tbbbd.798562

Su tüketimi yüksek olan bitki örtüsü altındaki derinliği fazla olmayan taban suyu seviyesinin günlük değişimi 10-15 cm kadar olabilmektedir. Eğimli dağ yamacı gibi arazilerde taban suyu seviyesinin mevsimlik değişimi daha fazla olup, birkaç santimetreden 10-15 m'ye kadar değişebilmektedir. Genel olarak, taban suyu seviyesinin çok yıllık değişimi, mevsimlik değişimden daha fazla olmaktadır. Taban suyu derinliğinin ve seviyesinin değişimi toprakların su, tuz bilançosuna ve sıcaklık rejiminin oluşumuna da önemli düzeyde etki yapmakta, bu değişimin belirlenmesi ise sulanan topraklarda drenaj-kollektor şebekesinin yapılması yöntemlerinin belirlenmesinde gerekli olmaktadır (Faibishenko, 1986; Kats ve Shestakov, 1992). Taban suyu yüzey biçiminin (eğrisinin) oluşumu, taban suyu tablasının değişimi, yağış ve sulama suyunun toprağa girişine ( $k_i$ ) (infiltrasyona), evapotranspirasyon ve drenaj akışı ile topraktan uzaklaşan suyun miktarına ( $q$ ) bağlı olmaktadır. Deneysel olarak belirlenmiştir ki, taban suyu derinliğinin değişimi  $q/k_i$  oranı ile yaklaşık olarak orantılıdır. Vejetasyon döneminde taban suyu tablası daha fazla değişmekte, bitki-kök bölgesinde nem durumunu etkilemekte, toprak tekstürü, toprak sıcaklığının değişimi vb. bu değişime önemli düzeyde etki yapmaktadır (Childs, 1943; 1945a,b; Luthin, 1957; Iiyama ve ark., 2005; Nishida ve ark., 2009; Wu ve Zhuang, 2010; Luo ve ark., 2011; Pirastru ve Niedda, 2013; Melaku ve Wang, 2019). Taban suyunun derinde olmaması durumunda, yağış, sulama ve yıkama sonucunda oluşan toprağın ıslanma derinliğinin (Li ve ark., 2016; Ekberli ve Gülser, 2018a) değişimi de taban suyu tablasının dalgalanmasına etki yapmaktadır.

Taban suyu tablasının değişiminin belirlenmesinde teorik ve deneysel yöntemler uygulanmaktadır. Teorik yöntemler, doğrusallaştırılmış Boussinesq denkleminin analitik veya yarı analitik, Richards denkleminin sayısal ve su bilançosu denkleminin çözümlerinden oluşmaktadır (Knotters ve Bierkens, 2000; Rai ve ark., 2006; Park ve Parker, 2008; Cuthbert, 2010; Neto ve ark., 2015; Jeong ve Park, 2017; Ekberli ve Gülser, 2018b; Hayek, 2019). Yeraltı hidroloji süreçlerinin sürekli olarak belirlenmesinin zor olduğu veya belirlenememesi durumlarında deneysel verilere bağlı olarak doğrusal veya doğrusal olmayan yöntemler uygulanmaktadır (Knotters ve Bierkens, 2000; Coulibaly ve ark., 2001; Coulibaly ve Baldwin, 2005; Okkonen ve Klöve, 2010; Yoon ve ark., 2011). Kong ve ark. (2015), taban suyu tablasının değişimine etki yapan faktörleri araştırarak, değişimin tahmin edilmesinde Boussinesq denklemini kullanmışlardır. Çok değişken yağışlı veya sulanan alanlardaki drenaj çalışmalarında, drenaj borularına giden geçici su akışı da Boussinesq denklemi ile tanımlanmaktadır (Singh ve ark., 2006). Boussinesq denkleminin analitik çözümlerinin temel dezavantajı, toprak homojenliği varsayımdır (Singh ve ark., 1996). Bazı araştırmacılar başlangıç su tablasının parabolik veya eliptik şekilleri için tek boyutlu Boussinesq denkleminin çeşitli başlangıç ve sınır koşullarında analitik ve sayısal çözümlerini belirlemişlerdir (Dumm, 1954, 1964; Uziak ve Chieng, 1989; Singh et al., 2006). Mehdinejadani ve Fathi (2020) tarafından yapılan bir çalışmada, su tablasının parabolik ve eliptik şekilleri için su tablası yüksekliğinin belirlenmesinde kesirli uzaysal Boussinesq denkleminin çözümünden yararlanılmıştır. Su (2017) tarafından ise, yeraltı su akışının modellenmesinde, kesirli Boussinesq denklemi başlangıç ve sınır koşullarında uygulanmıştır. Zavala ve ark. (2007), laboratuvar koşullarında gerçekleştirilen bir drenaj denemesini tanımlamak için Boussinesq denkleminin sayısal çözümünü kullanmışlardır.

Bu çalışmanın amacı, Boussinesq denkleminin çözümüne bağlı olarak taban suyu tablası yüksekliğinin değişimine göre taban suyu seviyesinin incelenmesidir.

## Materyal ve Yöntem

Kapalı olmayan geçirgen toprak katmanının birim kesit alanında gerçekleşen bir boyutlu su akışı, mesafeye ( $x$ ) ve zamana ( $t$ ) bağlı olan taban suyu tablasının  $h(x,t)$  yüzey seviyesinin değişimini etkilemektedir. Bu durumda, Dupuit yaklaşımına (Dupuit, 1863) ve Darcy yasasına (Darcy, 1856) bağlı olarak elde edilen Boussinesq denklemi (doğrusal olmayan difüzyon denklemi) aşağıdaki gibi ifade edilir (Boussinesq, 1904; Lockington ve ark., 2000; Tang ve Alshawabkeh, 2006; Telyakovskiy ve ark., 2016; Su, 2017; Ekberli ve Gülser, 2018b):

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k \rho g}{\mu \varphi} \frac{\partial}{\partial x} \left( h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (1)$$

Burada,  $k$  -ortamın geçirgenlik katsayısı (gözenekli ortamda gerçekleşen akıma gösterilen direncin ölçütü);  $\rho$  -suyun yoğunluğu,  $kg m^{-3}$ ;  $g = 9.81 m sn^{-2}$  -yerçekimi ivmesi;  $\mu$  -sıvının dinamik akışkanlık katsayısı;  $\varphi$  çarpımı, ancak topraktaki gözeneklerin su ile doymuş durumda olduğunun göstergesidir. Kapalı olmayan

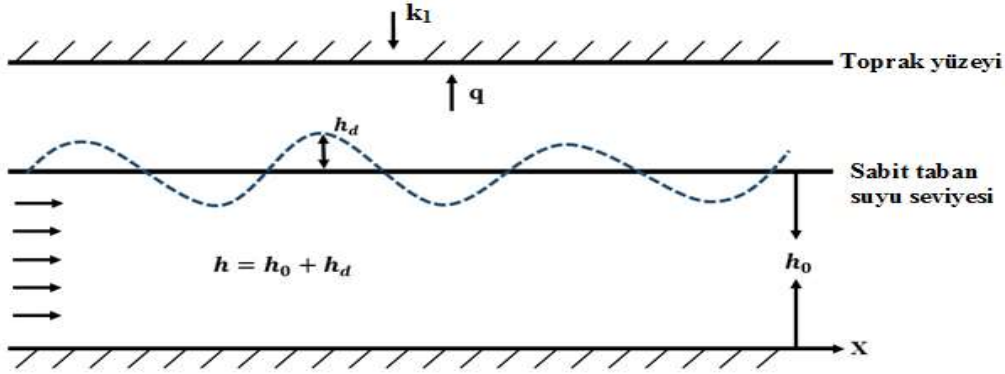
geçirgen toprak katmanındaki bir boyutlu su akışı için, Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak elde edilen Boussinesq denklemi (doğrusal olmayan difüzyon denklemi) araştırmanın materyalini oluşturmaktadır. Çalışmanın gerçekleştirilmesinde matematiksel modelleme yöntemi kullanılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Matematiksel Açıklama

Toprağa giren ve uzaklaşan su miktarına bağlı olarak,  $h(x,t)$  taban suyu seviyesi küçük değişime ( $h_d$ ) uğramakta ve bu durumda  $h = h_0 + h_d$  (2) olmaktadır (Şekil 1).

Burada,  $h_0$  -sabit taban suyu seviyesi ve  $|h_d| \ll h_0$ .



Şekil 1. Taban suyu tablasının ve seviyesinin değişimi

$k_1$  - infiltrasyon;  $q$  - topraktan uzaklaşan su;  $h_0$  - sabit taban suyu seviyesi;  $h_d$  - taban suyu seviyesinin değişimi

(2) ifadesi (1)'de yerine konursa,

$$\frac{\partial(h_0 + h_d)}{\partial t} = \frac{k \rho g}{\mu \varphi} \frac{\partial}{\partial x} \left[ (h_0 + h_d) \frac{\partial}{\partial x} (h_0 + h_d) \right] = \frac{k \rho g}{\mu \varphi} \frac{\partial}{\partial x} \left[ (h_0 + h_d) \frac{\partial h_d}{\partial x} \right] =$$

$$\frac{k \rho g}{\mu \varphi} \frac{\partial}{\partial x} \left( h_0 \frac{\partial h_d}{\partial x} + h_d \frac{\partial h_d}{\partial x} \right) = \frac{k \rho g}{\mu \varphi} \left( h_0 \frac{\partial^2 h_d}{\partial x^2} + \frac{\partial h_d}{\partial x} \frac{\partial h_d}{\partial x} + h_d \frac{\partial^2 h_d}{\partial x^2} \right) \quad (3)$$

bulunur.

$h_d$ 'ye göre kare terimin  $\left( \frac{\partial h_d}{\partial x} \frac{\partial h_d}{\partial x} \right)$  ve  $h_d$  'nin küçük değerlere yaklaştığı göz önüne alınarak, ilk terimle sınırlandırma yapılırsa (3) ifadesinden

$$\frac{\partial h_d}{\partial t} = \frac{k \rho g h_0}{\mu \varphi} \frac{\partial^2 h_d}{\partial x^2} \quad (4)$$

elde edilir. (4) ifadesi, birçok araştırmacılar tarafından çeşitli yöntemlerle çözülen bir boyutlu ve sabit olmayan ısı iletkenliği denklemiyle benzerlik göstermektedir. Böyle ki,

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a^2 \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x \leq \infty, t > 0) \quad (5)$$

ısı iletkenliğinin  $T(0,t) = T_o + A \cos \omega t$  sınır koşulunda çözümü

$$T(x,t) = T_o + A e^{-x \sqrt{\frac{\omega}{2a^2}}} \cos \left( -x \sqrt{\frac{\omega}{2a^2}} + \omega t \right) \text{ veya}$$



$$T(x, t) = T_o + \frac{A}{e^{x\sqrt{\frac{\omega}{2a^2}}}} \cos \left( -x\sqrt{\frac{\omega}{2a^2}} + \omega t \right) \quad (6)$$

biçiminde olmaktadır (Gülser ve Ekberli, 2002; Ekberli ve Gülser, 2014; Ekberli ve Sarılar, 2015; Gülser ve Ekberli, 2019).

(Burada,  $T_o$  -toprak yüzeyinin ortalama sıcaklığı, °C;  $A$  -toprak yüzeyindeki maksimum veya minimum sıcaklığın ortalama yüzey sıcaklığından olan farkı ifade eden amplitüt;  $\omega = 2\pi/P$  ve  $P$  -periyot, yani dalganın bir döngüsünü tamamlaması için gerekli olan zamandır)

Taban suyunun kapalı olmayan yarı sonsuz kısmının başlangıcından  $x > 0$  mesafede, taban suyu tablasının değişimi  $h_d$  'nin periyodik dalgalanmasına bağlı olup, bu değişim  $x = 0$  'da

$$h_d = h_{dA} \cos \omega t \quad (7)$$

(Burada,  $h_{dA}$  taban suyu seviyesinin amplitütüdür) kuralı ile gerçekleşmektedir. Taban suyu tablasının (7) kuralı biçiminde harmonik değişimi sulama veya yağmur sonucunda oluşmaktadır. Gözenekli ortamda

(toprakta) akışı ifade eden (4) denklemindeki  $\frac{k\rho gh_0}{\mu\phi}$  parametresi, ısı iletkenliğinin (5) denklemindeki  $a^2$

parametresi ile ekvivalenttir. Bu durumda, (5) denkleminin çözüm yöntemine bağlı ve (6) çözümüne benzer biçimde, (4) denkleminin (7) sınır koşulundaki çözümü aşağıdaki gibi olur:

$$h_d = h_{dA} e^{-x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}}} \cos \left( \omega t - x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}} \right) \text{ veya}$$

$$h_d = \frac{h_{dA}}{e^{x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}}}} \cos \left( \omega t - x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}} \right) \quad (8)$$

$x = \sqrt{\frac{2k\rho gh_0}{\omega\mu\phi}}$  (9) olduğunda (8) ifadesinden  $h_d = \frac{h_{dA}}{e}$  elde edilir. Bu ise, taban suyu tablasının dalgalanma

amplitütünün (9) mesafesinde  $e$  sayısı kadar azaldığını göstermektedir. Dolayısıyla, taban suyu tablasının dalgalanma amplitütü eksponansiyel olarak değişmektedir. Taban suyu tablasının dalgalanması durumunda (2) ifadesine göre, taban suyu seviyesi

$$h = h_0 + \frac{h_{dA}}{e^{x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}}}} \cos \left( \omega t - x\sqrt{\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0}} \right) \quad (10)$$

olarak belirlenmektedir.

### Taban suyu tablasının ve seviyesinin mesafe ve zamana bağlı olarak değişimi

Taban suyu tablasının değişimi taban suyu derinliğine, dolayısıyla toprak özelliklerinin değişimini etkilemekte; aynı zamanda sulanan topraklarda drenaj sisteminin yapılmasında gereklidir. Bu çalışmada, gözenekli ortamda akış denkleminin, ısı iletkenliği denkleminin analitik çözümüne benzer olarak elde edilen ifadeye göre taban suyu tablasının ve seviyesinin değişimi gösterilmiştir. Bu analitik ifade örnek bir çözüm ile açıklanmaya çalışılırsa, orta düzeyde geçirgenliğe sahip bir toprak ortamı için, bu toprak ortamında suyun akışkanlığının  $\mu = 1.14 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ sn}^{-1}$ ; gözenekli ortamın geçirgenlik katsayısının (özgül iletkenliğinin)  $k = 10^{-12} \text{ m}^2$ ; suyun yoğunluğunun  $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$ ; yerçekimi ivmesinin  $g = 9.81 \text{ m sn}^{-2}$  ve suyla doygun

gözenekliğin  $\phi = 0.45$  varsayımı durumunda,  $\omega = \frac{2\pi}{P} = \frac{6.28}{24 \text{ saat}} = 7.267 \cdot 10^{-5} \text{ sn}^{-1}$  için

$\frac{\omega\mu\phi}{2k\rho gh_0} = \frac{1.900 \text{ m}^{-1}}{h_0}$  olarak (10) ifadesi aşağıdaki gibi sadeleşir:

$$h = h_0 + \frac{h_{dA}}{e^{x\sqrt{\frac{1.900m^{-1}}{h_0}}}} \cos \left( 7.267 \cdot 10^{-5} sn^{-1} \cdot t - x\sqrt{\frac{1.900m^{-1}}{h_0}} \right) \quad (11)$$

$h_0 = 2m$  olarak, taban suyu tablası yüksekliğinin ( $h_d$ ) ve taban suyu seviyesinin ( $h$ ) mesafeye ve zamana bağlı olarak (11) ifadesine göre hesaplanan değerleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Taban suyu tablası yüksekliği ve seviyesinin mesafeye ve zamana bağlı olarak değişimi ( $h_d/h$ ).

x, m	Zaman (saat)							
	2	4	6	8	12	16	20	24
0.5	0.123	0.104	0.058	-0.004	-0.108	-0.104	0.004	0.108
	2.123	2.104	2.058	1.996	1.892	1.896	2.004	2.108
1.0	0.068	0.075	0.063	0.033	-0.042	-0.075	-0.033	0.042
	2.068	2.075	2.063	2.033	1.958	1.925	1.967	2.042
1.5	0.027	0.042	0.046	0.037	-0.005	-0.042	-0.038	0.005
	2.027	2.042	2.046	2.037	1.995	1.958	1.962	2.005
2.0	0.004	0.018	0.026	0.028	0.011	-0.018	-0.028	-0.011
	2.004	2.018	2.026	2.028	2.011	1.982	1.972	1.989
2.5	-0.006	0.003	0.011	0.017	0.013	-0.003	-0.016	-0.013
	1.994	2.003	2.011	2.017	2.03	1.997	1.984	1.987

Çizelge 1’den görüldüğü gibi, taban suyu tablası yüksekliği ve taban suyu seviyesi mesafeye ve zaman bağlı olarak değişmekte, mesafe arttıkça bu değişim azalmaktadır. Başlangıç saatte azalma, sonra artma ve tekrar azalma eğilimi gerçekleşmektedir. 2.0 m ve 2.5 m mesafede değişim daha da azalmakta, dolayısıyla taban suyu tablasının dalgalanması “sönme” sürecine yaklaşmaktadır. Tüm mesafelerde taban suyu tablasının değişimi harmonik fonksiyon biçiminde olmaktadır. Bitki örtüsü, sulama ve yağmur miktarı, toprak bünyesi, arazinin drenaj durumu, infiltrasyon ( $k_i$ ) ile evapotranspirasyon ve drenaj akışı ile topraktan uzaklaşan su miktarının ( $q$ ) oranı ( $q/k_i$ ) yeraltı su akışı vb. gibi faktörler taban suyu tablası yüksekliğine ve taban suyu seviyesine etki yapmaktadır. Luthin (1957) tarafından deneysel olarak gösterilmiştir ki, taban suyu tablasının yüksekliğinin, dolayısıyla taban suyu seviyesinin değişimi  $q/k_i$  değeriyle yaklaşık olarak orantılıdır ve taban suyunun yüzey eğri biçiminin oluşumunda temel parametredir. Kats ve Shestakov (1992)’a göre ise, su tüketimi yüksek olan bitki örtüsü altındaki derinliği fazla olmayan taban suyu seviyesinin günlük değişimi 10-15 cm kadar olabilmektedir. Eğimli dağ yamacı gibi arazilerde taban suyu seviyesinin mevsimlik değişimi daha fazla olup, birkaç santimetreden 10-15 m’ye kadar değişebilmektedir. Bu çalışmada gözenekli ortamda akış denkleminin kullanılan çözümü, harmonik (kosnüsoid) fonksiyonla ifade edilen sınır koşuluna göre belirlendiği için, taban suyu tablasının ve taban suyu seviyesinin değişimini kısa sürelerde (<3-4 gün) ifade edebilmektedir. Farklı sınır koşullarında çözümün, dolayısıyla araştırmanın daha da genelleştirilmesi mümkün gözükmemektedir.

## Sonuç

Dupuit yaklaşımına ve Darcy hızına bağlı olarak elde edilen Boussinesq denkleminde (doğrusal olmayan difüzyon denklemi) bağlı olarak, taban suyu tablası yüksekliğinin değişiminin matematiksel modellenmesi ve taban suyu seviyesinin değerlendirilmesi incelenmiştir. Taban suyu tablası yüksekliğinin değişimini ifade eden denklem, çeşitli yöntemlerle çözülen bir boyutlu ve sabit olmayan ısı iletkenliği denklemiyle benzer olmaktadır. Teorik ve sayısal sonuçlar, taban suyu tablası dalgalanmasının periyodik ve asimetric olduğunu göstermektedir. Mesafe artışına bağlı olarak, taban suyu tablası dalgalanmalarının genliği azalmakta; faz gecikmeleri gerçekleşmektedir. Taban suyu tablasının dalgalanma amplitütü eksponansiyel olarak değişmektedir. Taban suyu tablası yüksekliğinin değişiminin belirlenmesi, taban suyu seviyesinin tahmin edilmesinde temel faktörlerden biridir. Yeraltı ve yüzey su kaynaklarının yönetiminde, toprakların sulama ve yıkama su miktarlarının belirlenmesinde vb. taban suyu seviyesinin değişimiyle birlikte taban suyu tablasının dalgalanmasının da göz önüne alınması gereklidir. Taban suyu tablası yüksekliğinin değişimi, topraktaki toplam buharlaşmaya, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine, su-tuz dengesine, ısı transferine, bitki kök bölgesindeki nem değişimine vb. önemli düzeyde etki yapmaktadır.

## Kaynaklar

- Boussinesq MJ, 1904. Recherches theoriques sur l'ecoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur debit de sources. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* 10: 5-78.
- Childs EC, 1943. The water table , equipotentials, and streamlines in drained land. *Soil Science*, 56(5): 317-330.
- Childs EC, 1945a. The water table , equipotentials, and streamlines in drained land: II. *Soil Science*, 59(4): 313-328.
- Childs EC, 1945b. The water table , equipotentials, and streamlines in drained land: III. *Soil Science*, 59(5): 405-415.
- Coulibaly P, Anctil F, Aravena R, Bobee B, 2001. Artificial neural network modeling of water table depth fluctuations. *Water Resources Research* 37 (4): 885-896.
- Coulibaly P, Baldwin CK, 2005. Nonstationary hydrological time series forecasting using nonlinear dynamic methods. *Journal of Hydrology* 307 (1): 164-174.
- Cuthbert MO, 2010. An improved time series approach for estimating groundwater recharge from groundwater level fluctuations. *Water Resources Research* 46 (9): W09515.
- Darcy H, 1856. *Les fontaines publiques de la ville de Dijon*. Dalmont, Paris, 647 p.
- Dumm LD, 1954. Drain spacing formula: new formula for determining depth and spacing of subsurface drains in irrigated lands. *American Society of Agricultural Engineers*, 35: 726-730.
- Dumm LD, 1964. Transient flow concept in subsurface drainage: its validity and use. *Transactions of the American Society of Agricultural Engineers*, 7: 142-146.
- Dupuit J, 1863. *Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et a travers les terrains perméables*. Dunod, Paris, 364 p.
- Ekberli İ, Gülser C, 2014. Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University (Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета)*, 2 (30):12-15.
- Ekberli İ, Gülser C, 2018a. Sulamada toprağın ıslanma derinliğinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(2): 142-148.
- Ekberli İ, Gülser C, 2018b. Boussinesq denkleminin çözümüne bağlı olarak taban suyu seviyesi yüksekliğinin incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 6(2): 134-142.
- Ekberli İ, Sarılar Y, 2015. Toprak sıcaklığının profil boyunca sönme derinliğinin ve gecikme zamanının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi*, 52 (2): 219-225.
- Faibishenko BA, 1986. Water-salt rejime of soils under irrigation. *Agropromizdat, Moscow (in Russian)*, 304 p.
- Gülser C, Ekberli İ, 2002. Toprak sıcaklığının profil boyunca değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi*, 17(3): 43-47.
- Gülser C, Ekberli İ, 2019. Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.
- Hayek M, 2019. Accurate approximate semi-analytical solutions to the Boussinesq groundwater flow equation for recharging and discharging of horizontal unconfined aquifers. *Journal of Hydrology*, 570: 411-422.
- Iiyama I, Fujimoto T, Nagata O, Hasegawa S, 2005. Formation of a groundwater table by trench irrigation and evapotranspiration in a drained peatland. *Soil Science & Plant Nutrition*, 51(3): 313-322.
- Jeong J, Park E, 2017. A shallow water table fluctuation model in response to precipitation with consideration of unsaturated gravitational flow. *Water Resources Research* 53: 3505-3512.
- Kats DM, Shestakov VM, 1992. *Melioration hydrogeology*. Moscow State University Press, Moscow (in Russian), pp.71-92.
- Knotters M, Bierkens MFP, 2000. Physical basis of time series models for water table depths. *Water Resources Research* 36 (1): 181-188.
- Kong J, Xin P, Hua G-F, Luo ZY, Shen C-J, Chen D, Li L, 2015. Effects of vadose zone on groundwater table fluctuations in unconfined aquifers. *Journal of Hydrology* 528: 397-407.
- Li X, Jin M, Zhou N, Huang J, Jiang S, Telesphore H, 2016. Evaluation of evapotranspiration and deeper colation under mulched drip irrigation in an oasis of Tarimbasin, China. *Journal of Hydrology*, 538: 677-688.
- Lockington DA, Parlange J.-Y, Parlange MB, Selker J, 2000. Similarity solution of the Boussinesq equation. *Advances in Water Resources* 23: 725-729.
- Luo JM, Yang F, Wang YJ, Ya YJ, Deng W, Zhang XP, Liu Z, 2011. Mechanism of soil sodification at the local scale in Songnen Plain, Northeast China, as affected by shallow groundwater table. *Arid Land Research and Management*, 25(3): 234-256.
- Luthin JN (Editor), 1957. *Drainage of Agricultural Lands*. Agronomy Monographs, 7, American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, and Soil Science Society of America, Publisher Madison, Wisconsin, 620 p.
- Mehdinejadani B, Fathi P, 2020. Analytical solutions of space fractional Boussinesq equation to simulate water table profiles between two parallel drainpipes under different initial conditions. *Agricultural Water Management*, 240: 106324.
- Melaku ND, Wang J, 2019. A modified SWAT module for estimating groundwater table at Lethbridge and Barons, Alberta, Canada. *Journal of Hydrology*, 575: 420-431.
- Neto DC, Chang HK, van Genuchten MT, 2015. A mathematical view of water table fluctuations in a shallow aquifer in Brazil. *Groundwater*, 54 (1): 82-91.

- Nishida K, Khan NM, Shiozawa S, 2009. Effects of salt accumulation on the leaf water potential and transpiration rate of pot-grown wheat with a controlled saline groundwater table, *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(3): 375-384.
- Okkonen J, Klöve B, 2010. A conceptual and statistical approach for the analysis of climate impact on ground water table fluctuation patterns in cold conditions. *Journal of Hydrology*, 388. 1-12.
- Park E, Parker JC, 2008. A simple model for water table fluctuations in response to precipitation. *Journal of Hydrology* 356 (3): 344-349.
- Pirastu M, Niedda M, 2013. Evaluation of the soil water balance in an alluvial flood plain with a shallow groundwater table. *Hydrological Sciences Journal*, 58 (4): 898-911.
- Rai SN, Manglik A, Singh VS, 2006. Water table fluctuation owing to time-varying recharge pumping and leakage. *Journal of Hydrology* 324 (1-4): 350-358.
- Singh MP, Chauhan HS, Ram S, 1996. Unsteady state drainage in a vertically heterogeneous soil. *Agricultural Water Management*, 31: 285-293.
- Singh RM, Singh KK, Singh SR, 2006. Falling water tables in a sloping/nonsloping aquifer under various initial water table profiles. *Agricultural Water Management*, 82(1-2): 210-222.
- Su, N., 2017. The fractional Boussinesq equation of groundwater flow and its applications. *Journal of Hydrology*, 547: 403-412.
- Tang G, Alshwabkeh AN, 2006. A semi-analytical time integration for numerical solution of Boussinesq equation. *Advances in Water Resources*, 29: 1953-1968.
- Telyakovskiy AS, Kurita S, Allen MB, 2016. Polynomial-based approximate solutions to the Boussinesq equation near a well. *Advances in Water Resources* 96: 68-73.
- Uziak J, Chieng S, 1989. Drain-spacing formula for transient state flow with ellipse as an initial condition. *Canadian Agricultural Engineering*, 31: 101-105.
- Wu L, Zhuang S, 2010. Experimental investigation of effect of tide on coastal groundwater table. *Journal of Hydrodynamics*, 22(1): 66-72.
- Yoon H, Jun SC, Hyun Y, Bae GO, Lee KK, 2011. A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in a coastal aquifer. *Journal of Hydrology* 396 (1): 128-138.
- Zavala M, Fuentes C, Saucedo H, 2007. Non-linear radiation in the Boussinesq equation of the agricultural drainage. *Journal of Hydrology*, 332: 374-380.





## Farklı kaynaklardan elde edilen organik materyalin kumlu tın bünyeli toprağın bazı özellikleri üzerine etkileri

Remzi İlay\*, Meltem Aktaş, Nuri Burak Aslantekin, Hasan Özcan

<sup>1</sup>Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Çanakkale

### Özet

Organik materyaller toprakların sürdürülebilir olmasında önemli yer tutmaktadır. Toprağa organik madde kaynağı olarak ilave edilen birçok materyal, karbonun toprakta tutulması ve depolanması gibi doğrudan olumlu etkisinin yanında toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirici etkiye sahiptir. Organik toprak düzenleyici olarak en çok tercih edilen materyallerden biri olan leonardit; organik maddelerin kömürleşme süreçlerinden etkilenmeyerek oksitlenmesiyle oluşan ve humik asitçe zengin doğal bir materyaldir. Humik asitçe zengin olması ve yüksek karbon içeriği, toprak ıslahı ve bitkisel üretim açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bu çalışma, Kayseri-Develi (DL) ve Çanakkale-Yenice (YL) olmak üzere iki farklı bölgeden temin edilen leonarditin kumlu tın (SL) bünyeye sahip toprağın bazı özelliklerine kısa süreli etkilerini tespit etmek amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla leonardit çeşitleri beş farklı dozda (%4, %8, %12, %16, %20) kumlu tın (SL) bünyeye sahip toprak ile karıştırılarak üç ay inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi sonunda tüm uygulamalar için toprağın organik maddesi (OM), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenliği (EC), kireç içeriği (CaCO<sub>3</sub>), kuru hacim ağırlığı (dB), hidrolik iletkenliği (Ks), agregat stabilitesi (AS) ve boşluk hacmi (P) gibi özellikleri belirlenerek leonarditlerin etkisi araştırılmıştır. Uygulanan dozlara bakılmaksızın her iki leonardit uygulamasıyla kontrole göre EC (%236), OM (%213), AS (%50), P (%11) artarken, dB (%10) azalmıştır (p≤0.05). Buna rağmen diğer parametrelerdeki değişimler (pH, CaCO<sub>3</sub>, Ks) istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (p≥0.05). Genel olarak leonardit çeşidinin incelenen parametreler üzerine etkisinin önemsiz (p≥0.05) olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Leonardit, toprak, agregat stabilitesi, organik madde, porozite

### The effects of organic materials obtained from different sources on some properties of sandy loam soil

#### Abstract

The addition of organic materials to the soil is important due to the sustainability of soil resources and their positive contribution to soil properties. Many materials that are added to the soil as a source of organic matter have direct positive effects, such as storing and storing carbon in the soil, as well as improving the physical, chemical and biological properties of the soil. Leonardite is one of the most preferred organic soil conditioner, which is rich in humic acid and formed by oxidizing organic materials without being affected by carbonization processes. Due to having high humic acid and carbon content, it has an important place in terms of soil improvement and vegetative production. This study was carried out to determine the short-term effects of leonardite obtained from two different sources ((Kayseri-Develi (DL) and Çanakkale-Yenice (YL)) on some properties of the soil with sandy loam (SL). For this purpose, each leonardite type was mixed with sandy loam (SL) soil at the rate of five different doses (4%, 8%, 12%, 16%, 20%) and they were incubated for three months. Soil organic matter (OM), soil reaction (pH), electrical conductivity (EC), lime content (CaCO<sub>3</sub>), bulk density (dB), saturated hydraulic conductivity (Ks), aggregate stability (AS) and total porosity (P) of mixtures were determined at the end of the incubation period to investigate the effects of leonardite. Leonardite applications increased EC (236%), OM (213%), AS (50%) and P (11%) while decreased dB (10%) compared to control (p≤0.05). However, changes in other parameters (pH, CaCO<sub>3</sub>, Ks) were not found significant statistically (p≥ 0.05). In general, it was determined that the effect of the leonardite type on the parameters investigated was not significant (p≥ 0.05).

**Keywords:** Leonardite, soil, aggregate stability, organic matter, porosity

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0286 218 0018/23009  
E-posta : rilay@comu.edu.tr

Geliş Tarihi : 16 Şubat 2021  
Kabul Tarihi : 14 Nisan 2021

e-ISSN : 2146-8141  
DOI : 10.33409/tbbbd.881352

## Giriş

Organik madde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmesi nedeniyle tarımsal üretim alanlarının sürdürülebilir kullanımında son derece önemlidir. Nitekim organik madde toprak kalite yönetim sistemlerinde de, toprağın biyolojik özellikleri iyileştirmesi, bitki besin maddesi kaynağı olması, toprak strüktüründeki fonksiyonları ile birlikte yüksek agregat stabilitesi ve düşük hacim ağırlığı gibi özellikleri bakımından en önemli toprak kalite faktörü olarak kabul edilmektedir (Arshad ve Martin, 2002; Acosta-Martínez ve ark., 2003; Pritchett ve ark., 2011). Birçok çalışmada, toprak organik maddesinin agregatlaşma, suya dayanıklı agregat oluşumuna etkisi, suyun infiltrasyonu, hidrolik iletkenlik ve sıkışma gibi toprak özelliklerini iyileştirici etkisi arasında güçlü ilişkiler bulunmuştur (Chaney ve Swift, 1984; Blair ve ark., 2006a, 2006b; Kavdir ve ark., 2005; Whitbread ve ark., 2000; İlay ve Kavdir, 2018).

Toprakta organik karbon kaynağını bitkisel ve hayvansal atıklar oluşturmaktadır. Ancak, tarımsal alanlar başta olmak üzere topraklarda organik karbon stokları, toprak tekstürü, toprak işleme, topografya, iklimsel faktörler ve bitkisel üretim gibi birçok nedene bağlı olarak günden güne azalabilmektedir. Bu sebeple toprak kalitesinin bozulmaması, üretimin sürdürülebilir olması için hayati öneme sahip olan organik maddenin topraklara tekrar kazandırılması veya azalmasını engelleyecek önlemlerin alınması gerekmektedir. Hasat atıkları, hayvansal atıklar, gıda sanayi atıkları, hayvansal gübreler ve kompost gibi birçok organik materyal toprağa ilave edilerek, karbonun toprakta tutulması ve depolanması, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmesi nedeniyle önemlidir.

Organik materyallerden toprak düzenleyici olarak en çok tercih edilenlerden biri olan leonardit; organik maddelerin kömürleşme süreçlerinden etkilenmeyerek oksitlenmesiyle oluşan ve humik asitçe zengin doğal bir materyaldir. Humik asitçe zengin olması ve yüksek karbon içeriği toprak ıslahı ve bitkisel üretim açısından önemli bir yer tutmaktadır. Bununla birlikte, toprakta ve sedimentlerdeki organik karbon; kaynağın hızlı, yavaş ve ileri derecede ayrışma oranları gibi özellikleri bakımından çok geniş çeşitliliğe sahiptir (Schumacher, 2002). Bu sebeple de organik materyallerin toprak özelliklerine etkisi farklı olabilmektedir.

Bu çalışmada; Kayseri-Develi (DL) ve Çanakkale-Yenice (YL) olmak üzere 2 farklı bölgeden temin edilen leonarditin kumlu tın bünyeye sahip toprağın organik maddesi (OM), toprak reaksiyonu (pH), toprak elektriksel iletkenliği (EC), kireç içeriği ( $\text{CaCO}_3$ ), kuru hacim ağırlığı (dB), hidrolik iletkenliği (Ks), agregat stabilitesi (AS) ve toprak boşluk hacmi (P) gibi toprak özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir.

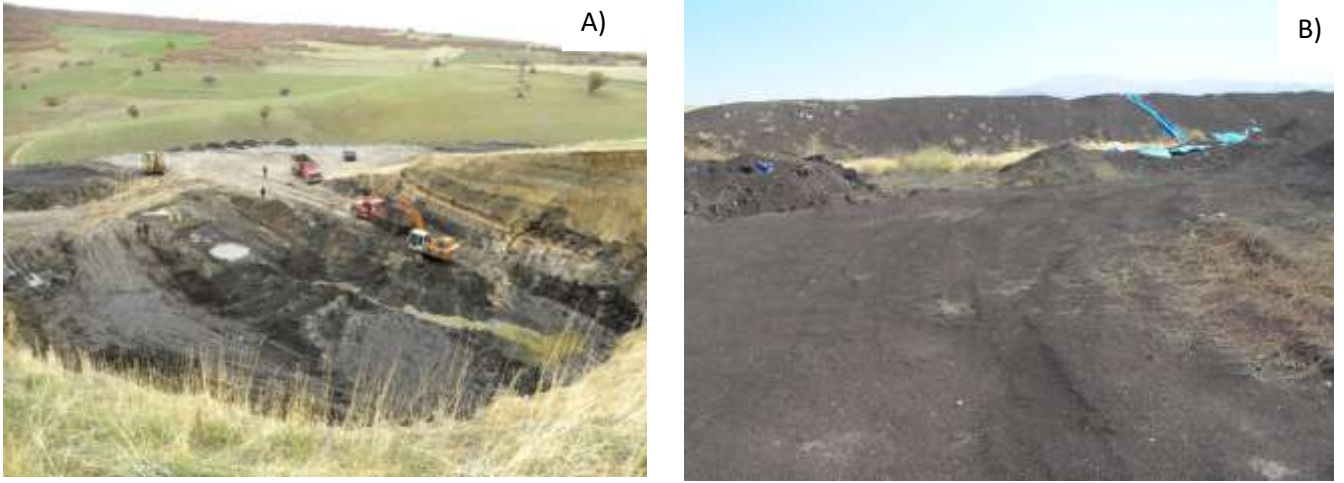
## Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan leonardit materyalleri Kayseri ili Develi ve Çanakkale ili Yenice ilçesinde bulunan işletmelerden temin edilmiştir (Şekil 1-2). Çalışmada kullanılan toprak ise ÇOMÜ- Ziraat Fakültesi binası yanındaki kumtaşı-kil taşı ardalı ana materyal üzerinde oluşmuş arazideki profilin 0-30 cm derinliğinden alınmıştır (Çizelge 1). Tesadüf parselleri deneme desenine göre iki tekerrürlü olarak yürütülen çalışmada, iki çeşit leonardit ağırlıkça beş farklı dozda (%4, %8, %12, %16, %20) SL bünyeye sahip toprak ile karışımın toplam ağırlığı 1 kg olacak şekilde karıştırılmıştır. Plastik saksılara (No:2) konulan karışımların nem seviyesi tarla kapasitesine getirilmiş sonrasında 15 günde bir olacak şekilde her bir saksıya 200 ml su eklenerek üç ay süresince plastik sera koşullarında inkübe edilmiştir. Toprak örneğinin tekstür analizi Bouyoucos, (1951)'de belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle yapılmış ve tekstür sınıfı belirlenmiştir. Toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 1:2.5 toprak-su solüsyonunda pH metre ve EC metre cihazlarıyla belirlenmiştir (Allison ve Richards, 1954). Deneme kapsamında toprakların  $\text{CaCO}_3$  içerikleri Scheibler kalsimetresi ile yüzde (%) olarak belirlenmiştir (Schlichting ve Blume, 1966). Toprakların hidrolik iletkenlikleri, 100  $\text{cm}^3$  hacme sahip çelik silindir yardımıyla alınan bozulmamış toprak örneklerinde sature haldeyken belirlenmiştir (Amoozegar ve Warrick, 1986). 1-2 mm agregatların suya dayanıklılıkları Kemper ve Rosenau (1986)'da belirtildiği şekilde tespit edilmiştir. Örneklerin kuru hacim ağırlıkları (dB), bozulmamış toprak örneklerinde hesaplanmıştır (Blake, 1965). Çalışma kapsamında toprak ve karışımların organik madde kapsamı Smith ve Weldon, (1941) yöntemi ile belirlenmiştir. Toprakların toplam boşluk hacmi (P), örneklerin kuru hacim ağırlıkları ve ortalama tane yoğunluğundan yararlanılarak hesaplanmıştır. Çalışma kapsamındaki elde edilen verilere çeşit ve dozun etkisi tek yönlü varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farklar ise Duncan çoklu karşılaştırma testi ( $p \leq 0.05$ ) kullanılarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS 17.0 paket programı kullanılmıştır.

Çizelge 1. Çalışma kapsamında kullanılan toprak ve leonarditlere ait bazı özellikler.

Materyal	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	CaCO <sub>3</sub> (%)	dB (g cm <sup>-3</sup> )	Tekstür Sınıfı	Humik+ Fulvik Asit (%)*
Toprak	8.22	245	6.19	1.40	Kumlu Tın (SL)	-
Develi Leonarditi (DL)	4.15	2200	0	-	-	40
Yenice Leonarditi (YL)	4.70	2610	0	-	-	40-50

\*Tescil belgesine göre verilmiş değerlerdir.



Şekil 1. A) Kayseri-Develi (Tavşantepe) leonardit ocağı, B) Leonardit depolama alanı



Şekil 2. A) Çanakkale Yenice-Kalkım leonardit ocağı, B) Leonardit işleme tesisi

## Bulgular ve Tartışma

Çalışma kapsamında kullanılan leonardit çeşitleri ve uygulama dozlarının topraklarda tespit edilen parametrelere etkilerine ait istatistiksel değerlendirme Çizelge 2'de, grafikler ise Şekil 3 ve 4'te sunulmuştur. Çizelge 2'den de görüleceği üzere genel olarak DL ve YL uygulamalarının toprağın EC, OM, dB, AS ve P parametreleri üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Bununla birlikte her iki leonardit çeşidine ait dozlarının EC, OM, Ks, AS parametreleri üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $p \leq 0.05$ ). Yine YL çeşidine ait farklı doz uygulamasının toprak dB ve P değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ) (Çizelge 2).

pH: Leonardit çeşit ve dozlarının toprak pH'sına etkilerine ait değerler Çizelge 2 ve Şekil 3A'da görülmektedir. Tüm uygulamalar incelendiğinde leonardit çeşit ve dozunun pH üzerine etkisinin istatistiksel öneme sahip olmadığı görülmektedir. Bunun yanında en düşük toprak pH'sı %20 DL uygulamasıyla elde edilirken, en yüksek pH kontrol uygulamasında yani leonardit bulunmayan toprakta tespit edilmiştir.



Çizelge 2. Genel olarak leonardit çeşitlerinin toprak özellikleri üzerine etkileri

Uygulamalar	Toprak Parametreleri							
	pH	EC ( $\mu\text{S cm}^{-1}$ )	OM (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	dB ( $\text{gr cm}^{-3}$ )	Ks ( $\text{cm saat}^{-1}$ )	AS (%)	P (%)
<b>Kontrol</b>	8.22±0.14	245.07±62.53 a	0.61±0.07 a	6.19±0.68	1.40±0.02 a	2.10±0.54 b	34.50±0.40 a	47.17±0.37 a
<b>DL</b>	7.74±0.10	829.20±84.41 b	1.98±0.21 b	5.72±0.20	1.27±0.02 b	1.27±0.18 ab	51.16±2.85 b	51.82±0.68 b
<b>YL</b>	7.70±0.13	819.80±92.62 b	1.87±0.27 b	6.04±0.22	1.24±0.03 b	1.08±0.18 a	52.29±0.92 b	52.88±0.99 b
F Değeri	2.66*	6.09**	4.34**	0.72*	3.97**	2.52*	6.44**	3.97**
<b>DL</b>								
%0	8.22±0.14	245.07±62.53 a	0.61±0.07 a	6.19±0.68	1.40±0.01	2.1±0.54 b	34.50±0.40 a	47.17±0.38
%4	7.92±0.18	422.00±80.00 b	1.24±0.23 ab	6.43±0.32	1.25±0.06	1.32±0.06 b	34.98±0.25 a	52.89±2.09
%8	7.84±0.31	680.50±4.50 c	1.80±0.35 b	5.94±0.08	1.34±0.07	1.74±0.06 b	51.67±1.74 b	49.41±2.78
%12	7.46±0.015	936.5±93.50 d	1.59±0.16 b	6.07±0.29	1.275±0.01	1.26±0.12 b	54.57±0.22 b	51.96±0.23
%16	7.565±0.415	977.5±12.50 de	2.44±0.07 c	5.10±0.20	1.25±0.01	0.27±0.03 a	55.06±1.50 b	52.89±0.23
%20	7.89±0.005	1129.5±5.50 e	2.83±0.20 c	5.05±0.39	1.27±0.02	1.74±0.00 b	59.56±0.29 c	51.96±0.70
F Değeri	1.72*	47.60**	20.85**	1.39*	2.44*	7.73**	126.80**	2.44*
<b>YL</b>								
%0	8.22±0.14	245.07±62.53 a	0.61±0.07 a	6.19±0.68	1.40±0.01 c	2.1±0.54 c	34.50±0.40 a	47.17±0.38 a
%4	8.15±0.13	413.5±10.50 a	0.86±0.10 a	6.83±0.00	1.14±0.02 a	1.95±0.03 bc	53.46±0.65 bc	57.07±0.70 c
%8	7.78±0.28	634±26.00 b	1.28±0.05 ab	6.10±0.08	1.31±0.03 bc	0.96±0.12 ab	49.05±0.13 b	50.57±1.16 ab
%12	7.84±0.35	859.5±44.50 b	1.69±0.28 b	6.39±0.44	1.32±0.01 bc	0.72±0.12 a	55.10±2.71 c	50.10±0.23 ab
%16	7.36±0.065	986±58.00 c	2.575±0.33 c	5.18±0.28	1.25±0.07 ab	0.48±0.12 a	50.13±1.54 bc	52.89±2.55 bc
%20	7.36±0.17	1206±44.00 d	2.93±0.26 c	5.71±0.49	1.22±0.06 ab	1.29±0.39 abc	53.72±1.22 bc	53.82±2.09 bc
F Değeri	3.45*	53.68**	24.10**	1.20*	5.46**	5.34**	29.65**	5.45**

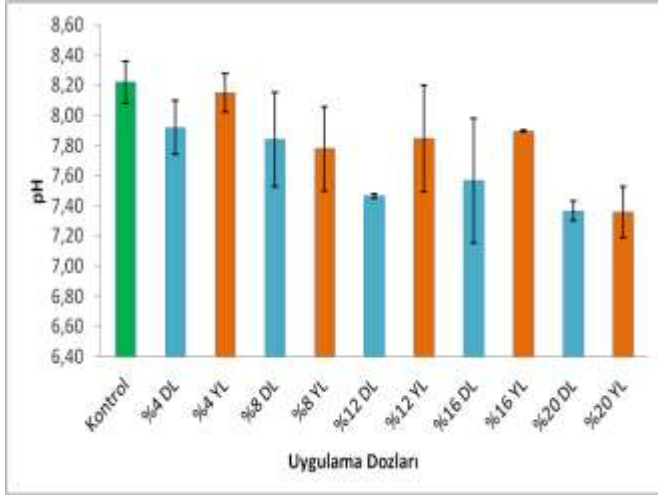
±:Standart hata; \*Önemli değil ( $p \geq 0.05$ ) ; \*\* 0.05 seviyesinde önemli; pH: Toprak reaksiyonu; EC: elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; Ks: Hidrolik iletkenlik; dB: Kuru hacim ağırlığı; AS: agregat stabilitesi;P: Toplam boşluk hacmi.

Çizelge 2 ve Şekil 3A'da görüleceği üzere her iki çeşit leonarditin, artan dozlarına bağlı olarak toprak pH'sinin azaldığı tespit edilmiştir. Yine Çizelge 2 incelendiğinde kontrol uygulamasına göre YL uygulamasının pH değerini %6.3, DL uygulamasının ise %5.9 daha düşürdüğü tespit edilmiştir ( $p \geq 0.05$ ). Bu durumun kullanılan leonarditlerin düşük pH değerlerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 1). Bununla birlikte leonardit uygulama miktarı ve pH değerleri kıyaslandığında; karışımların yaklaşık %10 daha düşük bir pH değerlerine sahip olması öngörülebilir. Ancak toprağın tamponlama özelliğinden net etkinin veya değişimin görülebilmesi için daha fazla sürenin geçmesi gerekmektedir. Leonardit fiziksel yapısından ziyade, içerdiği yüksek humik asit veya başka bir değişle karbon, bitki besin maddesi miktarıyla toprak veya bitki üzerinde çeşitli etkilere sahiptir. Dolayısıyla asıl etkisi humik asit sayesinde. Ciarkowska ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada, 5.10 pH değerine sahip kaba bünyeli bir toprağa 6.2 pH değerine sahip humik asit uygulaması yaparak, ilk yılda kontrole göre daha yüksek pH değeri elde etmiştir. Benzer şekilde Li ve ark. (2019)'nın humik asitin toprak özelliklerine etkisini araştırdıkları çalışmada kullanılan materyalin pH değerine göre, uygulamanın toprak pH'sini düşürdüğü ancak bunun istatistiksel olarak önemsiz olduğunu tespit etmişlerdir. Ece ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, leonardit uygulamasının pH değerlerine istatistiksel olarak etkisinin önemli olmadığını ve bunun yıllara göre de değişmediğini bildirmişlerdir. Pekcan ve ark. (2017) yaptıkları çalışmada 28 adet farklı leonarditin pH değerinin 2.35 ile 7.76 arasında değiştiğini tespit etmişlerdir. Bu sebeple birçok kaynaktan elde edilebilen leonardit kısa sürede pH'yi arttırmak için veya düşürmek için düzenleyici olarak kullanılabilir.

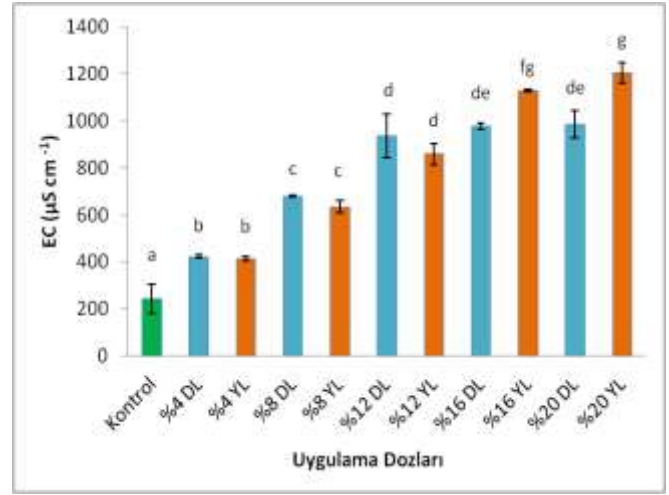
EC: Leonardit uygulamalarının EC değerleri üzerine etkilerine ait veriler Çizelge 2 ve Şekil 3B'de sunulmuştur. Leonardit uygulaması ve bunlara ait uygulama dozlarının toprakların EC değeri üzerine etkisi önemli bulunmuştur ( $p \leq 0.05$ ). 3 aylık inkübasyon sonunda en düşük EC değeri kontrol uygulamasında, en yüksek değer ise %20YL uygulamasında tespit edilmiştir. EC değerlerinde pH değerlerinin tersine, uygulanan doza bağlı olarak artışlar görülmektedir. Çizelge 1'de görüldüğü üzere bu durumun kullanılan materyalin yani leonarditin özelliğine bağlı olarak arttığı açıktır. Ayrıca zaman ve neme bağlı olarak toprak ve leonarditin içerdiği tuzların daha fazla çözünabilir duruma geçmesi EC değerlerinin artmasına ayrıca bir sebep olarak gösterilebilir. DL uygulamasıyla ortalama 829.20  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ; YL uygulamasıyla ise 819.80  $\mu\text{S cm}^{-1}$  EC değeri tespit edilmiştir. Her ne kadar leonardit uygulamasıyla EC değeri artış meydana gelse de en yüksek dozda dahi zararlı olabilecek tuzluluk seviyelerine (4 dS  $\text{m}^{-1}$ ) ulaşmamıştır. Kontrol uygulamasıyla

kiyaslandığında EC değeri DL uygulaması ile %238 YL ile ise %234 düzeyinde artmıştır (Çizelge 2). Ece ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, leonardit uygulamasıyla EC değerlerinde artış tespit etseler de istatistiksel olarak etkisinin önemli olmadığını bildirmişlerdir.

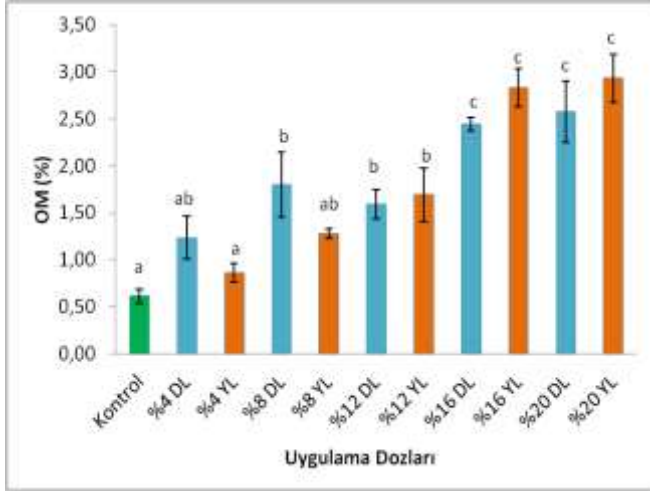
A) (F:2.66;  $p \geq 0.05$ )



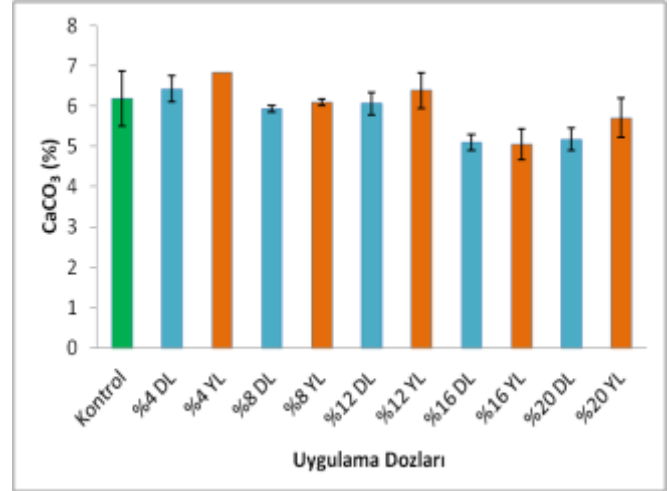
B) (F:6.09;  $p \leq 0.05$ )



C) (F:4.34;  $p \leq 0.05$ )



D) (F:0.72;  $p \geq 0.05$ )



Şekil 3. Leonardit çeşitlerinin dozlara bağlı toprakların A) toprak reaksiyonuna, B) elektriksel iletkenliğine C)organik madde kapsamına, D) kireç kapsamına etkisi

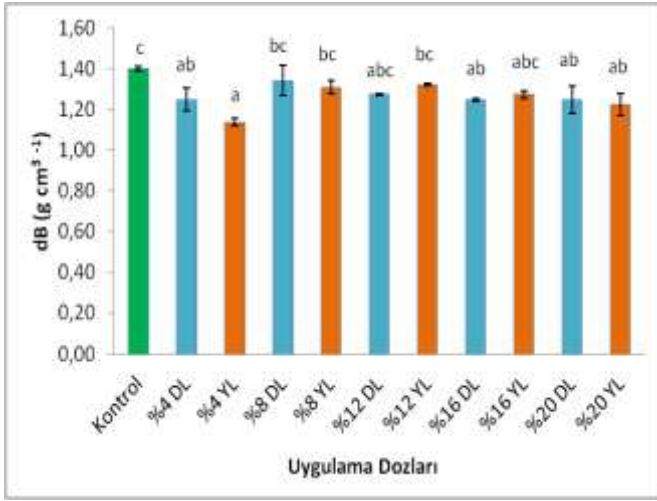
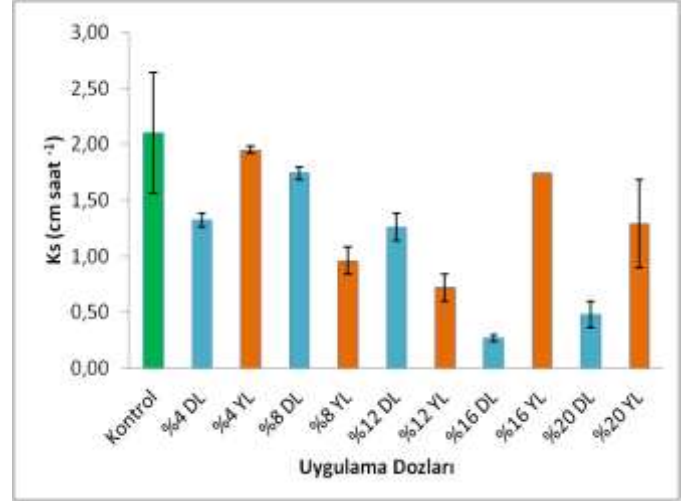
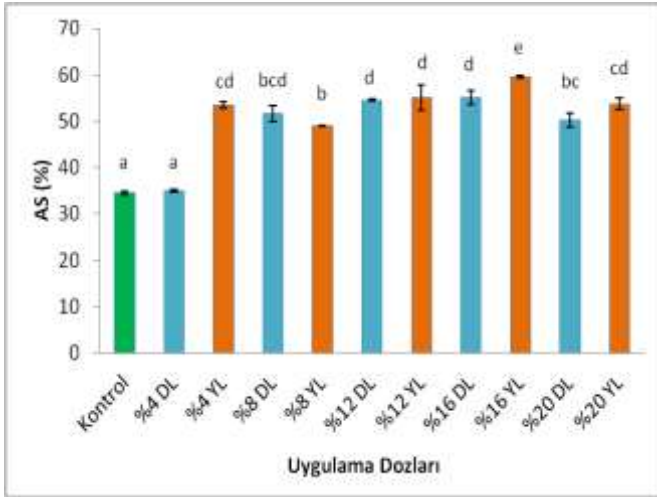
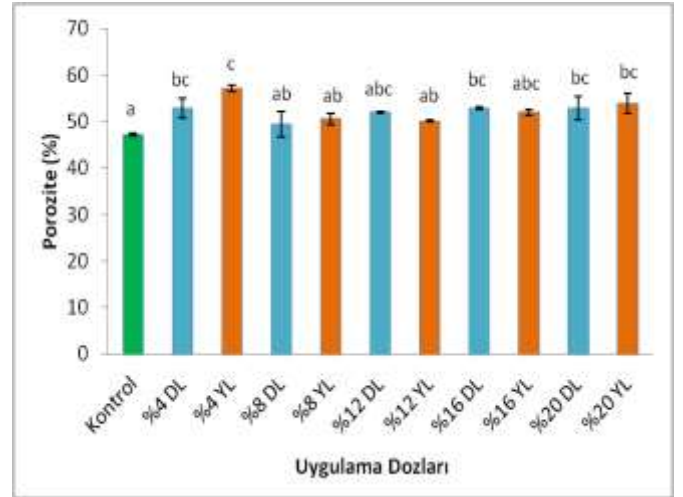
OM: Leonardit çeşitleri ve dozlarının toprak organik maddesi üzerine etkileri Çizelge 2 ve Şekil 3C'de sunulmuştur. Görüldüğü üzere iki leonardit uygulaması arasında istatistiksel fark olmasa da kontrole göre toprakların OM içerikleri önemli düzeylerde artmıştır ( $p \leq 0.05$ ). Ayrıca, uygulanan dozların OM miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemlidir ( $p \leq 0.05$ ). En yüksek OM değeri % 20 YL uygulamasındaki karışımda tespit edilmiştir. OM içeriği kontrole göre yaklaşık 5 kat yüksek bulunmuştur. DL ve YL uygulamalarıyla OM değerleri kontrole göre sırasıyla %222, ve %204 daha fazla tespit edilmiştir. Her ne kadar çeşitler arasında istatistiksel bir fark bulunmasa da bu değer farkının sebebi, DL 'nin OM içeriğinin YL ye daha fazla olması gösterilebilir (Çizelge 1). Benzer bir çalışmada humik asit uygulamasıyla kaba bünyeli toprağın toplam karbon miktarının arttığı tespit edilmiştir (Ciarkowska ve ark., 2017). Başka bir çalışmada ise; humik asit uygulamasıyla ilk yıl %4.4 organik madde artışı tespit edilirken, bu oran üç yıl sonunda yaklaşık %37 olmuştur (Li ve ark., 2019). Ece ve ark. (2007) çalışmalarında, leonardit uygulamasının toprak organik maddesini kontrole göre önemli düzeyde ( $p < 0.01$ ) arttırdığını ancak leonardit uygulamaları arasındaki farkın önemsiz olduğunu bildirmişlerdir.

CaCO<sub>3</sub>: Leonardit çeşit ve dozlarının toprak CaCO<sub>3</sub> miktarları üzerine etkileri Şekil 3D'de verilmiştir. Genel olarak bakıldığında, leonardit uygulamalarıyla toprak CaCO<sub>3</sub> miktarlarının azalma eğiliminde olduğu söylenebilir. Kontrol uygulamasına göre kıyaslandığında CaCO<sub>3</sub> miktarlarındaki azalma DL uygulamasıyla %7.65, YL uygulamasıyla %2.40 düzeyinde gerçekleşmiştir (Çizelge 2). Ece ve ark. (2007) yaptıkları çalışmada, leonardit uygulamasının kireç miktarlarını istatistiksel olarak etkisinin önemsiz olduğunu



bildirmişlerdir. Leonarditin içerdiği humik asit, topraktaki  $\text{CaCO}_3$  bileşiklerini parçalar ve  $\text{CO}_2$  açığa çıkmasına sebep olabilir.  $\text{CO}_2$  bitki gelişiminde gerekli ve etkili olmasının yanı sıra topraktaki besin elementlerinin serbest kalmasına etki yapan karbonik asit ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) oluştururlar. Bu sebeple,  $\text{CaCO}_3$  miktarında düşüşlerin meydana geldiği düşünülmektedir.

dB: Toprağın fiziksel özelliklerinden kuru hacim ağırlığı (dB) üzerine leonardit uygulaması ve dozlara bağlı etkisi Çizelge 2 ve Şekil 4A'da gösterilmiştir. Kontrol uygulamasıyla kıyaslandığında, leonardit uygulamasıyla dB değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak önemli ( $p \leq 0.05$ ) olduğu görülmekte olup, DL uygulamasıyla %9.28, YL uygulamasıyla %11.42 oranında azalmıştır. Buna rağmen leonardit çeşitlerinin toprakların dB değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $p \geq 0.05$ ) (Çizelge 2). [Ahmad ve ark. \(2015\)](#) yaptıkları çalışmada kömürden elde edilen humik asidin farklı doz uygulamalarıyla hacim ağırlığında azalmalar tespit etmişlerdir. Benzer şekilde toprağa uygulanan farklı organik materyaller ile yapılmış çeşitli çalışmalarda da dB'nin azalma eğiliminde olduğu bildirilmiştir ([Rasool ve ark., 2008](#); [Hemmat ve ark., 2010](#); [Guo ve ark., 2016](#)).

A) (F:3.98;  $p \leq 0.05$ )B) (F:2.52;  $p \geq 0.05$ )C) (F:6.44;  $p \leq 0.05$ )D) (F:2.87;  $p \leq 0.05$ )

Şekil 4. Leonardit çeşitlerinin dozlara bağlı toprakların A) kuru hacim ağırlığına B) hidrolik iletkenliğine C) agregat stabilitesine C) boşluk hacmine etkisi.

Ks: Hidrolik iletkenlik (Ks) değerlerine ait grafik ve veriler Şekil 4B ve Çizelge 2'de sunulmuştur. Kontrol uygulamasıyla kıyaslandığında her iki leonardit uygulamasıyla Ks değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. En yüksek Ks ortalaması kontrol uygulamasında, en düşük Ks değeri ise %16 DL uygulamasıyla elde edilmiştir. Sonrasında ise sırasıyla DL %20 ve YL %12 uygulamasında düşük Ks değerleri elde edilmiştir. Ks değerleri kontrole göre YL uygulamasıyla ortalama %48.57 azalırken, DL uygulamasıyla %39.71 azalmıştır (Çizelge 2). Ks; toprak tekstürü, strüktür tipi, organik materyal çeşidi, OM miktarı, işleme teknikleri gibi birçok etkene göre değişebilmektedir. [Lado ve ark. \(2004\)](#) %2.5 ve %3.5 OM içeren SL tekstürlü topraklarda Ks değerini

yüksek OM içeriğine sahip olanda daha yüksek tespit etmişlerdir. [Barnes ve ark. \(2014\)](#) yaptıkları çalışmada biyokömür uyguladığı kum ve organik toprağın Ks değerinin azaldığını, biyokömür uygulanan kilin ise Ks değerinin arttığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde [Nemes ve ark. \(2005\)](#) OM ve Ks arasında negatif ilişkilerin olabileceğini, toprak strüktürünün OM'nin artmasıyla modifiye olabileceğini, boşluk oranlarının değişebileceğini bu durumun da suyun geçişini sınırlayabileceğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada Ks değerlerindeki düşüşün sebebi ise leonarditin boşluk oranlarını etkilenmesinden dolayı su geçişinin sınırlanması olarak gösterilebilir.

AS: Leonardit uygulamaları ve dozlarının suya dayanıklı agregat stabilitesi (AS) üzerine etkilerine ait veriler Çizelge 2 ve Şekil 4C'de sunulmuştur. Buna göre, tüm leonardit uygulamalarıyla AS değerlerinin arttığı görülmektedir. En yüksek AS değeri %16 YL uygulamasında tespit edilmiştir. Genel olarak kontrolle kıyaslandığında, AS değerleri DL uygulamalarıyla %48.3, YL uygulamasıyla ise %51.6 daha fazla bulunmuştur. Toprak organik maddesi, dayanıklı agregatların oluşmasında merkezi bir öneme sahip olduğundan, organik madde ve suya dayanıklı agregatlar arasında yakın bir ilişki vardır. Nitekim [İlay ve Kavdir \(2018\)](#) yaptıkları çalışmada topraktaki karbon ve AS arasında yakın ilişki tespit etmişlerdir. [Ahmad ve ark. \(2015\)](#) kömürden elde edilen humik asidin, agregat stabilitesini arttırdığını tespit etmişlerdir. Aynı şekilde [Chaney ve Swift \(1984\)](#), [Barral ve ark. \(1998\)](#) toprak organik madde içeriği ile agregat stabilitesi arasında genellikle güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Birçok çalışmada toprağa çeşitli organik madde ilavesiyle agregat stabilitesinin arttığı rapor edilmiştir ([Kavdir ve Killi, 2008](#); [Herath ve ark. 2013](#); [İlay ve ark., 2019](#)). Bu bağlamda leonardit uygulamasıyla artan organik karbon içeriğine bağlı olarak AS değerlerinin de arttığı söylenebilir.

P: Çalışmada tespit edilen porozite (P) değerlerine ait veriler Çizelge 2 ve Şekil 4D'de sunulmuştur. Genel olarak leonardit uygulamasıyla değerlerin artış eğiliminde olduğu görülmektedir. En düşük P değeri kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrolle kıyaslandığında, DL uygulamalarıyla P ortalama değerinin %9.86, YL uygulamalarıyla ise %12.10 daha yüksek olduğu belirlenmiştir ( $p \leq 0.05$ ). İki leonardit çeşidi kendi içinde değerlendirildiğinde ise; DL uygulamasındaki dozlar arasında istatistiksel bir fark bulunamazken, YL uygulamasındaki dozun etkisi önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Genel olarak toprakta organik madde ile porozite arasında pozitif ilişkilerin olduğu bilinmektedir. Bu sebeple çalışma kapsamındaki porozitenin artışı leonardit uygulamasından kaynaklanmaktadır. Benzer çalışmalarda farklı organik materyallerin toprağa uygulanması ile de P değerlerinde artışlar raporlanmıştır ([Obi ve Ebo, 1995](#); [Marinari ark., 2000](#); [Rasool ve ark., 2008](#); [Toková ve ark., 2020](#)).

## Sonuç

Daha önceki yapılan çalışmalar incelendiğinde, çoğunlukla leonarditin, bitki gelişimi, ürün verimi, besin maddesi alınabilirliği, biyolojik özelliklere etkisi gibi araştırmalar mevcut olup, toprak özellikleri üzerine etkilerine ait çalışmalar sınırlı kalmıştır. Yapılan bu çalışmada aynı türdeki ancak iki farklı kaynaktan elde edilen birbirine yakın özelliklerde bulunan organik materyalin yani leonarditin toprağın bazı özellikleri üzerine kısa süreli etkileri araştırılmış ve araştırma sonuçları değerlendirilmiştir. Buna göre kaynakları farklı olsa da çalışmada kullanılan leonarditlerin incelenen toprak özellikleri üzerine etkilerinde önemli bir fark bulunmamıştır. Genel olarak her iki çeşidin de toprakların EC, OM, dB, AS ve P özellikleri üzerine etkisi önemli bulunurken; pH, CaCO<sub>3</sub> ve Ks özelliklerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu bağlamda; leonardit kullanımının 3 ay gibi kısa bir sürede kumlu tın bünyeli toprağın OM, AS ve EC (besin maddesi) arttırması, Ks değerini ise düşürmesi gibi olumlu sayılabilecek nedenlerle her iki materyalin de hafif bünyeli, organik maddesi düşük olan topraklarda düzenleyici olarak kullanımının uygun olabileceği değerlendirilmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, lisans tezi kapsamında elde edilen verilerden yararlanılarak türetilmiştir. Kayseri Develi ilçesindeki "Buhara Leonardit" ve Çanakkale-Yenice ilçesindeki "Kazdağı Organik" işletmelerine leonardit teminleri için teşekkür ederiz.

## Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

## Kaynaklar

- Acosta-Martínez V, Zobeck TM, Gill TE, Kennedy AC, 2003. Enzyme activities and microbial community structure in semiarid agricultural soils. *Biology and Fertility of Soils* 38:216–227.
- Ahmad I, Ali S, Khan KS, Hassan F, Bashir K, 2015. Use of coal derived humic acid as soil conditioner to improve soil physical properties and wheat yield. *International Journal of Plant & Soil Science* 5: 268-275.
- Allison LE, Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils (No. 60). Soil and Water Conservative Research Branch, Agricultural Research Service, US Department of Agriculture.
- Amoozegar A, Warrick AW, 1986. Hydraulic conductivity of saturated soils: field methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* 5: 735–770.
- Arshad MA, Martin S, 2002. Identifying critical limits for soil quality indicators in agro-ecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 88:153–160.
- Barnes RT, Gallagher ME, Masiello CA, Liu Z, Dugan B, 2014. Biochar-Induced Changes in Soil Hydraulic Conductivity and Dissolved Nutrient Fluxes Constrained by Laboratory Experiments. *PLOS ONE* 9:e108340.
- Barral MT, Arias M, Guerif J, 1998. Effects of iron and organic matter on the porosity and structural stability of soil aggregates. *Soil and Tillage Research* 46:261–272.
- Blair N, Faulkner RD, Till AR, Korschens M, Schulz, E, 2006a. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part II: Bad Lauchstadt static and extreme FYM experiments. *Soil and Tillage Research* 91(1-2),39–47.
- Blair N, Faulkner RD, Till AR, Poulton PR, 2006b. Long-term management impacts on soil C, N and physical fertility: Part I: Broadbalk experiment. *Soil and Tillage Research* 91(1-2): 30–38.
- Blake GR, 1965. Bulk density. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling* 9:374–390.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils 1. *Agronomy Journal* 43:434–438.
- Chaney K, Swift RS, 1984. The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil Science* 35:223–230.
- Ciarkowska K, Sołek-Podwika K, Filipek-Mazur B, Tabak M, 2017. Comparative effects of lignite-derived humic acids and FYM on soil properties and vegetable yield. *Geoderma* 303:85–92.
- Ece A, Saltali K, Eryiğit N, Uysal F, 2007. The effects of leonardite applications on climbing bean (*Phaseolus vulgaris* L.) yield and the some soil properties. *Journal of Agronomy* 6:480–483.
- Guo L, Wu G, Li Y, Li C, Liu W, Meng J, Liu H, Yu X, Jiang G, 2016. Effects of cattle manure compost combined with chemical fertilizer on topsoil organic matter, bulk density and earthworm activity in a wheat–maize rotation system in Eastern China. *Soil and Tillage Research* 156:140–147.
- Hemmat A, Aghilinategh N, Rezajnejad Y, Sadeghi M, 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil and Tillage Research* 108:43–50.
- Herath HMSK, Camps-Arbestain M, Hedley M, 2013. Effect of biochar on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol and an Andisol. *Geoderma* 209–210:188–197.
- İlay R, Erarslan G, Kavdır Y, 2019. Co-composting of olive pomace and fish wastes and use in soil improvement. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 34:201–209.
- İlay R, Kavdır Y, 2018. Impact of land cover types on soil aggregate stability and erodibility. *Environmental Monitoring and Assessment* 525.
- Kavdır Y, Killi D, 2008. Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. *Bioresource Technology* 99:2326–2332.
- Kavdır Y, Ekinci H, Yüksel O, Mermut AR, 2005. Soil aggregate stability and <sup>13</sup>C CP/MAS-NMR assessment of organic matter in soils influenced by forest wildfires in Canakkale, Turkey. *Geoderma* 129:219–229.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution. *Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods* 5:425–442.
- Lado M, Paz A, Ben-Hur M, 2004. Organic Matter and Aggregate-Size Interactions in Saturated Hydraulic Conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 68:234–242.
- Li Y, Fang F, Wei J, et al, 2019. Humic Acid Fertilizer Improved Soil Properties and Soil Microbial Diversity of Continuous Cropping Peanut: A Three-Year Experiment. *Scientific Reports* 9:1–9.
- Marinari S, Masciandaro G, Ceccanti B, Grego S, 2000. Influence of organic and mineral fertilisers on soil biological and physical properties. *Bioresource Technology* 72:9–17.
- Nemes A, Rawls WJ, Pachepsky YA, 2005. Influence of Organic Matter on the Estimation of Saturated Hydraulic Conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 69:1330–1337.
- Obi ME, Ebo PO, 1995. The effects of organic and inorganic amendments on soil physical properties and maize production in a severely degraded sandy soil in southern Nigeria. *Bioresource Technology* 51:117–123.
- Pekcan T, Esetlili BÇ, Turan HS, Aydoğdu E, 2018. Leonardit kökenli organik materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 32(1): 31-41.

- Pritchett K, Kennedy AC, Cogger CG, 2011. Management effects on soil quality in organic vegetable systems in western Washington. *Soil Science Society of America Journal* 75:605–615.
- Rasool R, Kukul SS, Hira GS, 2008. Soil organic carbon and physical properties as affected by long-term application of FYM and inorganic fertilizers in maize–wheat system. *Soil and Tillage Research* 101:31–36.
- Schlichting E, Blume HP, 1966. *Bodenkundliches Praktikum*: Verlag Paul Parey, Berlin.
- Schumacher BA, 2002. Methods for the determination of total organic carbon (TOC) in soils and sediments.
- Smith HW, Weldon MD, 1941. A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter 1. *Soil Science Society of America Journal* 5:177–182.
- Toková L, Igaz D, Horák J, Aydin E, 2020. Effect of Biochar Application and Re-Application on Soil Bulk Density, Porosity, Saturated Hydraulic Conductivity, Water Content and Soil Water Availability in a Silty Loam Haplic Luvisol. *Agronomy* 10 (7):1005.
- Whitbread AM, Blair GJ, Lefroy RDB, 2000. Managing legume leys, residues and fertilisers to enhance the sustainability of wheat cropping systems in Australia: 2. Soil physical fertility and carbon. *Soil and Tillage Research* 54:77–89.



## Güney - Kazakistan'da sulu tarım yapılan toprakların bazı fiziksel özellikleri ve geçirgenlikleri

Maussymzhan Beisenbayeva<sup>1</sup>, Sydyk Dosymbek<sup>2</sup>, Aigul Zhapparova<sup>1</sup>,  
Kadisha Toktibayeva<sup>3</sup>, Gulnur Utenbayeva<sup>1</sup>, Bolat Murzabayev<sup>2</sup>,  
Zhainagul Yertayeva\*<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Kazakh National Agricultural University, Almaty, Kazakhstan

<sup>2</sup>Southwest Research Institute of Animal Husbandry and Crop Production, Shymkent, Kazakhstan

<sup>3</sup>M. Auezov South Kazakhstan State University, Shymkent, Kazakhstan

### Özet

Bu çalışma, Kazakistan'ın güney bölgelerindeki sulanan arazilerin bazı fiziksel özelliklerini ve geçirgenlik durumlarını ele almaktadır. Mevcut iklim koşulları altında ve küresel iklim değişiklikleri ile bağlantılı olarak, sulama suyu açığı her yıl artmaktadır. Kültür bitkilerinin ve toprak mikroorganizmalarının gelişim koşulları büyük ölçüde suya bağlı olduğundan, sulama rejimi ve su tasarrufu teknolojisi geliştirilirken, sulu tarım yapılan arazi koşullarında toprakların fiziksel özelliklerinin de bilinmesi önemlidir. Toprak işleme yöntemleri, bitkilerin sulanması ve sulama sıklığı gibi pek çok faktör, toprakların fiziksel özelliklerinin etkisi altındadır. Bu çalışmanın yürütüldüğü arazinin 0-30 cm'sinde %1,38 organik madde içeren ve bitkiye yararlı N ve P içeriği düşük, K içeriği ise orta seviyede olan sierozem topraklar pek çok bitkinin yetiştirilmesi için uygundur. Deneme arazisinde profil boyunca alınan toprak örneklerinde higroskopik sabite değerleri %4,55 - %4,71 arasında, hacim ağırlığı 1,46 - 1,58 g/cm<sup>3</sup> arasında, toplam porozite %41,5 - %42,7 arasında ve toprağın en düşük gravimetrik nem içeriğinin ise %21,4 - %22,6 arasında değiştiği saptanmıştır. Bununla beraber, topraklara 100 mm seviyesinde uygulanacak sulama suyunun ancak 24 saat'ten daha fazla bir süre içerisinde (24,6 - 27,0 saat) infiltre olabileceği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hacim ağırlığı, özgül ağırlık, porozite, higroskopik su, infiltrasyon.

### Some physical properties and permeability of irrigated soils in South - Kazakhstan

#### Abstract

This study reveals that some physical properties and permeability of irrigated lands in the Southern Regions of Kazakhstan. The deficiency of irrigation water increases every year under the current climate conditions and in connection with global climate change. It is important to know the physical properties of the soils in irrigated land conditions while developing the irrigation regime and water saving technology because the growth conditions of cultivated plants and soil microorganisms are largely dependent on water. Methods of soil tillage, terms and norms of irrigating cultivated crops, and many other factors are under the effect of soil physical properties. Sierozem soils containing 1.38% organic matter, low N and P contents and medium K content in 0-30 cm of the land where this study was conducted, are suitable for the cultivation of many plants. In the soil samples taken along the profile in the experimental area, the hygroscopic moisture constants are between 4.55% - 4.71%, the bulk density is between 1.46 - 1.58 g/cm<sup>3</sup>, the total porosity is between 41.5% - 42.7% and the soil lower gravimetric moisture content varied between 21.4% and 22.6%. Also, it has been found that 100 mm irrigation water applied to the soil can infiltrate more than 24 h (24.6 - 27.0 hours).

**Keywords:** Bulk density, particle density, porosity, hygroscopic water, infiltration.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Kazakistan'ın nehirleri ve nehir kenarlarındaki su kaynakları üzerine yeterince ve detaylı çok sayıda araştırma yapılmıştır. Kazakistan tarım toprakları esas olarak nehirlerin bulunduğu havzaların aşağı kısımlarında yer almaktadır. Bu nedenle komşu bölgelerden gelen su miktarı giderek azalmaktadır. Yapılan

\* Sorumlu yazar:

Tel. : +7 702 505 0404

E-posta : [jain\\_04\\_04@mail.ru](mailto:jain_04_04@mail.ru)

Geliş Tarihi : 06 Mayıs 2021

Kabul Tarihi : 25 Mayıs 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.933719



çalışmalar ve analizler ile Kazakistan topraklarına sınıraşan nehirler yoluyla giren su kaynaklarının, komşu ülkelerde ekonomik sektörler geliştikçe azalma eğiliminde olduğunu ortaya koymaktadır. Dolayısıyla, 1960 yılında Kazakistan'ın su kaynakları yıllık 114,96 km<sup>3</sup> iken, (Zaurbek ve Makhanov, 2003), bu miktar 2000 yılında 100,5 km<sup>3</sup> (Dmitriev, 2004)'e düşmüştür. Kazakistan topraklarında yılda 3,2 km<sup>3</sup> su oluşmaktadır (Burlibayev ve ark. 2001). 2000 yılı Syrdarya havzasında ekonomik sektörler tarafından su tüketimi ise 8,61 km<sup>3</sup> (Anonymus, 2004) olmuştur. 2010 ve 2020 yılı verileri ise 2000 yılı verilerine eşittir. Hem Güney Kazakistan'da hem de Kızıldarda bölgelerinde sanayi sektörlerinin suya olan taleplerinin büyük olasılıkla artması beklenmektedir. Bu durumda, su üretim miktarını artırma imkanı olmayan Kazakistan'ın komşu devletlerinde su kaynaklarının akılcı bir şekilde kullanımına yönelik sorunlarını çözmesi gerekmektedir. Yapılan araştırmalara göre, Kazakistan'da sulamaya uygun arazi miktarı 60 milyon hektarın üzerinde olmasına karşın, toplam 7,4 milyon hektar tarımsal alan mevcut su kaynakları ile sulanabilmektedir. Bununla birlikte, sınıraşan nehirlerden su girişinin azalması ve nehir havzalarındaki doğal komplekslerin korunmasıyla, sulanan alanlar gelecekte azalacaktır (Evniev, 2005). Bu nedenle, genel olarak azalan su temini ve artan su açığı nedeniyle, sulu tarımda suyun akılcı kullanımının sağlanması, ıslah faaliyetlerinin yürütülmesinde ve ürün sulama rejimlerinin geliştirilmesinde su yönetimi uygulamaları son yılların önemli konularından birisi haline gelmektedir.

Son yıllarda, mevcut piyasa koşullarında, Kazakistan'ın hem iç pazarında hem de dış pazarında, tek yıllık bir bitki olan soya fasulyesi ürünlerine olan talep her geçen yıl giderek artmaktadır. Soya fasulyesi, subtropikal kökenli, sıcak, ışığı ve suyu seven bir bitkidir. Son 20 yılda dünyada soya fasulyesi üretimi 2,16 kat artarken, ürünlerin ekim alanları 1,6 kat ürün verimi de 1,35 kat artış göstermiştir. Soya fasüyesinin dünyadaki tüm ekim alanlarının % 90'ının ABD, Brezilya, Arjantin, Çin ve Hindistan'da yoğunlaştığı görülmektedir (Tour ve Zagorulko, 1994). Soya fasulyesinin endüstriyel kullanımının genişletilmesi ve soya proteinli ürünlerin gıda amaçlı kullanımı, mevcut protein eksikliklerini azaltmada, ortadan kaldırmada ve nüfusun beslenme yapısını iyileştirmede en etkili yollarından birisidir. Bu amaçla soya fasulyesi, tereyağı, margarin, soya peyniri, süt, un, şekerlemeler, konserve yiyeceklerin üretilmesi gibi çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Bununla beraber, % 47'ye kadar protein içeren soya fasulyesinin yağı da büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, soya fasulyesi, yüksek besin değeri ve protein içeriği dikkate alındığında ise UNESCO tarafından stratejik bir kültür bitkisi olarak tanımlanmaktadır (Didorenko ve Karyagin, 2006). Güney Kazakistan'ın sıcak ve kurak yaz aylarında yüksek soya verimi elde etmenin en temel yollarından birisi de kuşkusuz toprağın optimum seviyede su içermesidir. Ancak, özellikle yaz aylarında veya kritik dönemlerinde sulama suyu miktarı çoğunlukla yeterli değildir ve soya fasulyesinin ürün veriminde bu durum önemli düşüşlere neden olmaktadır. Bu çalışmada, Güney - Kazakistan'da sulu tarım yapılan arazilerin bazı fiziksel toprak özellikleri ve geçirgenlik durumları araştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Deneme 2018-2019 yıllarında Güney-Batı Hayvancılık ve Bitkisel Üretim Araştırma Enstitüsü'ne ait Tarım ve Bitkisel Üretim deneme istasyonunda yürütülmüştür. Bu deneme arazisi toprakları Eski Amerikan Toprak Sınıflama sistemine göre "Sierozem" olarak sınıflandırılabilen tın bünyeli topraklardır. Tarım arazileri Güney - Kazakistan'daki Talas Alatau'nun batısındaki, Tanrı dağlarının dağ eteklerinde bulunmakta olup, 200-350 m'den 900-1000 m yüksekliğe kadar dikey bir hat boyunca dağılım göstermektedir. İklim faktörleri ve bitki örtüsüne göre farklılıkların olduğu toprakların organik madde içeriği, morfolojik özellikler ve diğer kimyasal özelliklere göre, bu alandaki sierozemler, koyu sierozemler (gri-kahverengi karbonatlı), sıradan sierozemler ve hafif sierozemler şeklinde 3 ayrı farklı alt türe ayrılmaktadır.

Tanrı dağlarının eteklerindeki deneme arazisi, okyanus ve denizlerden uzak konumu, yazları sıcak olan sert bir karasal iklime sahiptir. Deneme arazisinde en sıcak ay 26,1°C ortalama sıcaklık ile Temmuz ayında, en soğuk ay ise 2,6°C ile Ocak ayıdır. 10°C'nin üzerindeki ortalama hava sıcaklığı, Nisan ayının ikinci yarısında başlamakta ve Eylül ayı sonuna değin sürmektedir. Don riski 210 ila 234 gün arasında değişmekle birlikte ortalama 222 gündür. Deneme arazisinin bulunduğu bölge, Güney Kazakistan'da Tanrı dağlarının eteklerindeki düzlükler ile Türkistan ve Turan ovalarını da içermekte olup, önemli bir tarımsal potansiyele sahiptir.

Deneme arazisi topraklarının organik madde, alınabilir NO<sub>3</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O içerikleri ile özgül ağırlık, hacim ağırlığı, toplam porozite, higroskopik sabite ve en düşük nem içeriği değerleri Black (1965) tarafından bildirilen yöntemlere göre belirlenmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Deneme arazisinin farklı derinliklerinden alınan toprak örneklerinde yapılan alınabilir besin maddesi içerikleri ile toprakların organik madde (OM) içerikleri Çizelge 1’de verilmiştir. Deneme arazisinin alınabilir N ve P içeriği düşük, K içeriği ise orta seviyede olup toprak hafif alkali reaksiyon göstermektedir (pH, 7,8). Genellikle yaygın Sierozem toprakların çoğu sulama koşulları altında birçok bitkinin yetiştirilmesi için uygundur. Alınabilir N, P ve K içerikleri ile pH ve humus içeriğine göre, deneme alanındaki sierozem topraklar pek çok bitkinin yetişmesi için uygundur.

Çizelge 1. Deneme arazisindeki toprakların alınabilir N, P ve K içerikleri ile organik madde kapsamı

Derinlik (cm)	OM (%)	Alınabilir (mg/kg)		
		NO <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
0-10	1,61	22,1	17,0	307
10-20	1,44	15,0	13,1	266
20-30	1,10	13,1	8,0	240
Ortalama (0-30)	1,38	16,7	12,7	271

Araştırma alanında buharlaşmanın ortalama olarak 1240 mm düzeylerinde olduğu belirlenmiştir (Maslov, 1984). Yaz aylarındaki buharlaşma miktarı aylık 222-283 mm’ye değin ulaşabilmektedir. Deneme arazisinde yetiştirilen hibrit mısır çeşitlerinden vejetasyon periyodu boyunca gerçekleşen toplam buharlaşma oranını 927-1137 mm civarındadır. Bu değer yağış toplamının 9-10 katı kadar olup sulama suyuna ihtiyaç duyulduğunu ve düzenli sulama yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır.

Kazakistan’da uygun zirai kültürel tedbirlerle sulu tarım koşullarında yetiştirilen soya verimi ortalama 5 ton/ha seviyelerine ulaşabilmektedir. Deneme alanı ve bu alanın ekolojik koşullarında Swallow soya çeşidinde verim ortalama 4,65 ton/ha iken Almaty çeşidinde ise 5 ton/ha seviyelerinde belirlenmiştir. Güney Kazakistan’da soya fasülyesi de olmak üzere ürün verimini sınırlandıran en temel faktör özellikle de sonbahar ve kış dönemlerinde yeterli yağış olmadığında toprak nemidir. Bitkisel ürün verimi üzerine sulamanın önemi kuşkusuzdur. Ancak, sulama sıklığı, toprak-bitki-su ilişkileri, toprakta suyun hareketi gibi hususlarda ise, toprağın fiziksel özellikleri büyük oranda belirleyici rol oynamaktadır (Timiryazev, 1948).

Kültür bitkileri ve mikroorganizmaların gelişim koşulları toprak suyunun fiziksel özelliklerine önemli derecede bağlıdır. Sulu tarımda toprak suyunun fiziksel özellikleri sulama ihtiyacının belirlenmesi ve planlanmasında, toprak işleme önemli bir yere sahiptir. Deneme arazisinde, 170 cm’lik toprak derinliği boyunca bazı toprak fiziksel özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Toplam porozite, 2018 yılında %41,5 ile en yüksek %42,7 (0-10 cm) arasında, 2019 yılında ise yine %41,7 ile en yüksek %42,8(0-10 cm) arasında değiştiği saptanmıştır. Toprakların hacim ağırlık değerleri genellikle alt toprak katlarına inildikçe arttığı, benzer durumun özgül ağırlık içinde geçerli olduğu görülmektedir. Toprak suyunun özelliklerine ait temel göstergeler hacimsel ağırlığı ve en düşük su içeriğidir. Bu özellikler belirlenmeden, sulama norm ve peryotlarının hesaplanması imkansızdır. Higroskopik sabite değerleri ise % 4,55 - %4,71 arasında, hacim ağırlığı 1,46 - 1,58 g/cm<sup>3</sup> arasında, toplam porozite %41,5 - %42,8 arasında ve toprağın en düşük gravimetrik nem içeriğinin ise %21,4 - %22,6 arasında değiştiği saptanmıştır.

Çizelge 2. Toprak profili boyunca toprağın bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Özgül ağırlık (g/cm <sup>3</sup> )			Higroskopik sabite (%)			Toplam porozite (%)			Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )			Toprağın en düşük nem içeriği (%)		
	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.	2018	2019	Ort.
0-10	2,53	2,54	2,53	4,55	4,56	4,55	42,7	42,8	42,7	1,45	1,47	1,46	21,0	21,8	21,4
10-20	2,56	2,60	2,58	4,58	4,59	4,58	42,2	42,4	42,3	1,48	1,50	1,49	21,4	22,2	21,8
20-30	2,63	2,63	2,63	4,60	4,64	4,62	41,8	41,9	41,8	1,53	1,54	1,53	21,8	22,4	22,1
30-40	2,66	2,69	2,67	4,65	4,69	4,67	41,7	41,8	41,7	1,55	1,58	1,56	22,0	22,5	22,2
40-50	2,62	2,65	2,63	4,63	4,66	4,64	42,0	42,1	42,0	1,52	1,55	1,53	21,7	22,5	21,9
50-60	2,68	2,69	2,68	4,66	4,68	4,67	41,8	42,1	41,9	1,56	1,56	1,56	21,9	22,5	22,2
60-70	2,69	2,70	2,69	4,68	4,70	4,69	41,6	41,7	41,5	1,57	1,58	1,57	22,0	22,6	22,3
70-80	2,70	2,69	2,69	4,66	4,69	4,67	41,5	41,8	41,6	1,58	1,58	1,58	22,3	22,7	22,5
80-90	2,66	2,68	2,67	4,65	4,67	4,66	41,7	41,9	41,8	1,55	1,55	1,55	22,2	22,8	22,5
90-100	2,63	2,65	2,64	4,63	4,66	4,64	41,8	41,8	41,8	1,53	1,55	1,54	22,1	22,6	22,3
100-170	2,62	2,64	2,63	4,70	4,73	4,71	42,0	41,9	41,9	1,52	1,55	1,53	22,4	22,8	22,6
0-50	2,60	2,62	2,61	4,60	4,63	4,61	42,1	42,2	42,1	1,51	1,53	1,52	21,6	22,3	21,9
0-60	2,61	2,63	2,62	4,61	4,64	4,62	42,0	42,2	42,1	1,52	1,53	1,52	21,6	22,3	21,9
0-70	2,62	2,64	2,63	4,62	4,65	4,63	42,0	42,1	42,0	1,52	1,54	1,53	21,7	22,4	22,0
0-100	2,64	2,65	2,64	4,63	4,66	4,64	41,9	41,8	41,8	1,53	1,55	1,54	21,8	22,6	22,2
0-170	2,63	2,64	2,63	4,67	4,73	4,70	42,0	41,9	41,9	1,53	1,55	1,54	22,1	22,8	22,4

Deneme arazisindeki toprakların infiltrasyon değerleri ise Çizelge 3’de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, başlangıçta infiltrasyon hızı daha yüksek iken 5.saate değin, infiltrasyon hızlarında kısmende olsa düşmelerin meydana geldiği, 100 mm’lik suyun infiltre olma süresinin 24 saatten daha fazla ve infiltrasyon oranının düşük geçirgenlik sınıfında olduğu saptanmıştır (Dospekhov et al., 1977). Cybulak ve ark. (2016) yaptıkları çalışmada, biochar uygulanan podzolik toprakların maksimum higroskopik nem içeriklerinin çimle kaplı alanlarda yaklaşık %2.2 ile %3.3, nadas alanlarda ise %1.5 ile %2.5 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Toprakların infiltrasyon oranları

Yıl	İnfiltrasyon oranı, mm/saat					5.satte m <sup>3</sup> /ha	Ortalama infiltrasyon m <sup>3</sup> /ha	100 mm (1000 m <sup>3</sup> /ha) suyun infiltre olma süresi, saat
	1 saat	2 saat	3 saat	4 saat	5 saat			
2018	5,34	4,20	3,78	3,60	3,42	203,4	40,7	24,6
2019	4,93	3,82	3,47	3,29	3,02	185,3	37,1	27,0

## Sonuç

Kazakistan'daki Talas Alatau'nun batısındaki, Tanrı dağlarının eteklerinde bulunan Sierozem topraklarının genellikle lös ve lös benzeri tınlı materyal ile kaplı olduğu ve çok yaygın olamamakla beraber kil depositlerini içerdiği belirlenmiştir. İşlenen yüzey toprakların (0-30 cm) organik madde içerikleri %1,38, yarayırlı fosforun 12.7 mg/kg ve nitrat azotunun 16.7 mg/kg ile düşük ve değişebilir K içeriğinin 271 mg/kg ile orta düzeyde olduğu, belirlenmiştir. Alkalın pH (7.8) değerine sahip yaygın sierozem toprakların sulama koşullarında birçok kültür bitkisinin yetiştirilebileceği sonucuna varılmıştır. Ancak, bölgenin toplam yağış miktarındaki yetersizliklerden dolayı ilave bir sulama yapılmaması durumunda bitkisel ürün veriminden bahsetmek mümkün olmadığı ve ürün verimini artırmak için mutlaka sulama yapılması gerektiği ortaya konulmuştur. Yapılan sulama uygulamalarında ise, geçirgenlik sınıfının yavaş olması nedeniyle 100 mm'lik sulama suyu uygulanması durumunda ancak 24 saat'ten daha fazla bir sürede (24,6-27 saat) infiltre olabilecektir.

## Kaynaklar

- Black CA, 1965. Methods of soil analysis. Part 1 Physical and Mineralogical Methods including statistics of measurement and sampling - Part 2 Chemical and Microbiological Properties. Agronomy Monograph 9.1, American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Burlibayev MJ, Dostai JD, Tursunov AA, 2001. Hydrological problems, water allocation issues: Aralo - Syrdarya pool Almaty, Daur, p.180.
- Cybulak M, Sokolowska Z, Boguta P, 2016. Hygroscopic moisture content of podzolic soil with biochar. Acta Agrophysica, 23(4):533-543.
- Didorenko SV, Karyagin YuG, 2006. Soya - the most important grain fodder crop. Bulletin of agricultural sciences of Kazakhstan № 1. p.19-21.
- Dmitriev L, 2004. Brief evaluation of IUVRV processes. Implementation of the principles of Integration of Water Resources Management in Central Asia and Caucasus countries - the project of the Regional Technical Advisory Committee of the Global Water Partnership for Central Asia, Caucasus and Kazakhstan, Review Report, Tashkent. p.64-75.
- Dospekhov BA, 1977. Field experiment technique. Workshop on Agriculture. Kolos, Moscow, 355p.
- Evniev AK, 2005. Role of water sector of the economy and land reclamation in agriculture development. Scientific support as a factor of sustainable water economy development. p.7-10.
- Maslov BS, 1984. - Agricultural Land Improvement: Amelioration and Reclamation. Kolos, Moscow, 511p.
- Timiryazev KA, 1948. Struggle of plants with drought. Izbr.op., t.2. Oziz-selkhozgiz., 423p.
- Tour NS, Zagorulko AA, 1994. Agroecological basics of soybean cultivation: Textbook. Krasnodar, MSAU, p.444.
- Zaurbek AK, Makhanov M, 2003. Water utilization system. Taraz University, Taraz, Kazakhstan. 340p.



# Doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak arazi değerlendirme çalışması; Çarşamba Sefalı Köyü Örneği

Murat Çakır<sup>1</sup>, Orhan Dengiz\*<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Çarşamba İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Samsun

<sup>2</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

## Özet

Bu çalışmanın amacı parametrik bir model olan Analitik Hiyerarşik Süreç yardımıyla Doğrusal Kombinasyon Tekniği kullanılarak çalışma alanına ait arazilerin arazi uygunluk sınıflamasının belirlenmesi ve haritalanmasıdır. Çalışma alanı, Samsun İli Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı Köyü ve yakın çevresini kapsamakta olup, yaklaşık 972 ha'dır. Çalışma alanına ait haritalama birimleri ve modeller için gerekli olan toprak parametrelerinin belirlenmesinde detaylı toprak haritasından yararlanılmıştır. Ayrıca, CBS programı kullanılarak çalışma alanının arazi uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Tarımsal yönden arazi uygunluk haritasına göre, araştırma alanının büyük bir kısmı olan 6106.3 da' ı (%62.85) uygun ve çok uygun sınıfları oluştururken, %27.1'i (2633.4 da) az uygun sınıfa girmektedir. Toplam alanın yalnız yaklaşık %10'unu oluşturan Tp1.Dd31o, Yk1.Ed21i ve Yk1.Dd21i haritalama birimleri ise tarımsal kullanıma uygun değildirler. Bitkisel üretimi sınırlandıran ana faktörler olarak eğim, ağır bünye ve sığ toprak özellikleri olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Parametrik metod, analitik hiyerarşik süreç, doğrusal kombinasyon tekniği, arazi değerlendirme.

## Land Evaluation Study Using Linear Combination Technique, Case Study Sefalı Village

### Abstract

The main aim of this study is to determine land suitability class and mapping using Analytic Hierarchical Process associated with Linear Combination Technique that is a parametric model. This study was carried out in Sefalı village and its near vicinity located at Çarşamba district of Samsun province covers about 972.2 ha. Land mapping units and some soil parameters required for models were taken from detailed soil map. In addition, land suitability map was produced using GIS programme for the study area. The results of land suitability for agricultural use showed that while 6106.3 ha (62.85%) of the study area soils were classified as best and good, about %27.1 (2633.4 ha) were classified as moderately good lands. Only about 10.0% of the study area located on Tp1.Dd31o, Yk1.Ed21i and Yk1.Dd21i land mapping units were not suitable for agricultural uses. In addition, it was determined also some plant growing limitation factors such as, heavy texture, steep slope and shallow soil depth.

**Keywords:** Parametric method, analytic hierarchical process, linear combination technique, land evaluation.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Tarım, insanların temel besin ihtiyaçlarının üretmesi, sanayi için hammadde kaynağı oluşturması yanı sıra bir istihdam alanı olması ve ülke ekonomisine ihracat yoluyla ekonomik katkı sağlaması nedeniyle, her ülke için önemli bir stratejik alandır. Tarım sektörünün başlıca girdi pfatörlerinden birisi olan toprak ise, hiç kuşkusuz insanoğlunun yaşamını devam ettirmesi, ülkelerin kalkınma ve refahının sağlanması bakımından vazgeçilmez bir doğal kaynaktır. İnsanoğlunun yerleşik düzene geçmesinden buyana, medeniyetlerin kalkınması ve insanların yaşam düzeyleri insan-toprak etkileşmesinden önemli düzeyde etkilenmiştir. Bu çift taraflı ilişki çerçevesinde insanoğlu da toprak üzerine önemli düzeyde pozitif ve negatif yönde etkide bulunmuştur.

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312 1919

E-posta : [odengiz@omu.edu.tr](mailto:odengiz@omu.edu.tr)

Geliş Tarihi : 19 Mart 2021

Kabul Tarihi : 05 Mayıs 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.899746



Dünya üzerinde tarım arazilerinin alansal yönde genişletilmesi olanağı çok kısıtlı olmasının yanısıra, Türkiye’de olduğu gibi birçok ülkede de buna durum son sınıra ulaşmış durumdadır. Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye’de de arazi ve toprak kaynaklarının kullanımında ciddi yanlışlıklar yapılmakta ve bu durumda belirtilen doğal kaynaklarımızın geriye dönüşü mümkün olmayacak şekilde kaybedilmektedir. Bunun en önemli nedenlerinden birisi de arazi ve toprak kalite ve karakteristiklerini içeren detaylı toprak etütlerine dayalı arazi kullanım planlaması çalışmalarının bulunmaması, hızlı ve sağlıklı karar veren sistemlerin kurulmamış olmasıdır (Dinç ve Şenol, 1997). Bununla birlikte; yanlış kullanım, erozyon başta olmak üzere arazi tahribatına neden olan unsurların yanı sıra, her geçen gün gıda ve tarımsal hammadde ihtiyacının giderek artması ve çeşitlenmesi sonucunda arazi kaynakları üzerinde oluşan negatif etki, yanlış ve amaç dışı arazi kullanımını da beraberinde getirmektedir. Bu süreç aynı zamanda, yoksulluk başta olmak üzere çok çeşitli sosyal problemlerin yaşanmasına zemin hazırlamaktadır (FAO, 1976).

Üretim alanlarının kullanım sürekliliğini sağlanmasında, araziden faydalanan ormancılık, tarım, mera, yerleşim, sanayi, ulaşım vb. sektörlerinin çalışma alanlarına yönelik biyofiziksel, sosyal, ekonomik, kültürel ve çevresel değişkenlere bağlı olarak mevcut sorunları belirlenmelidir. Bu sorunları gidermek amacıyla özellikle arazilerin ve toprakların tüm karakteristik özelliklerinin belirlenmesi suretiyle, arazi ve toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetim ve kullanımları açısından bir arazi değerlendirme ve arazi kullanım planlama çalışmalarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bundan dolayı da, temel toprak etüd ve harita çalışmaları; sağlayacağı verilerden dolayı büyük önem taşımaktadırlar (Dengiz ve ark. 2009; Dengiz ve Gülser, 2014; Dengiz ve ark. 2014). Keskin ve Yüksel (1998), Ankara’nın batısında yer alan Zir Vadisi ve yakın çevresine ait arazi kullanım planlama çalışması gerçekleştirmişlerdir. İlk aşamada çalışma alanına ait detaylı temel toprak haritasını yaparak, arazi ve toprak özelliklerini belirlemelerinin yanı sıra, yöreye ait arazi kullanım şekillerini ve onların gereksinimlerini belirlemişlerdir. Elde edilen veri ve bilgiler doğrultusunda, çalışma alanının arazi ve toprakların kalite durumlarını parametrik yöntem ile değerlendirerek, çalışma alanının tarımsal uygunluk haritasının oluşturulması sağlamışlardır.

Arazi değerlendirmesi ve arazi kullanım planlamalarının yapılabilmesinin temelinde, özellikle toprak ve arazi kaynakları hakkında hızlı, doğru, yeterli bilgi ve verilerin günümüz teknolojilerinden yararlanılarak akılcı analizlerinin ve değerlendirmelerinin yapılabilmesi yatmaktadır (FAO, 1984; FAO 1993). Bu bağlamda arazi değerlendirmeyi arazilerin kullanım potansiyellerinin tahmin edilmesi işlemi şeklinde tarif edilebilir. Arazi değerlendirmeye yönelik kullanılan yöntem ve yaklaşımlar, genelde simülasyon modellerine dayalı niceliksel modeller ile uzman bilgi ve deneyimine dayalı niteliksel yaklaşımlar şeklinde ikiye ayrılabilir. Niceliksel modeller, arazi çalışmalarıyla beraber oldukça detaylı ve genellikle çok veri gerektirmektedir. Dolayısıyla; arazi uygunluk değerlendirme çalışması doğal olarak çok faktörlü bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bir başka ifadeyle; arazi uygunluk çözümlemesi çalışmalarına, birden fazla kriteri içeren bir değerlendirme veya çok kriterli karar verme problemi olarak yaklaşmak daha uygun olacaktır. Buna göre çok parametrelili arazi uygunluk değerlendirmeleri, matematiksel eşitliklerle ifade edilmektedir. Parametrik sistemlerin tek bir kategorik düzeyleri vardır. Bu sistemle yapılan sınıflamalarda ele alınan her bir parametre matematiksel modeller içerisinde kullanılarak elde edilen indeks değerlerine göre arazi uygunluk sınıfları belirlenmektedir. Buna bağlı olarak Akdeniz Çölleşme ve Arazi Kullanımı (MEDALUS) modelinde yer alan arazi kalite indeks alt modelini kullanarak Dengiz ve ark. (2004) Ankara-Bala Tarım işletmesi arazilerinde coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapmış oldukları çalışmada; işletmeye ait arazilerin arazi kalite indekslerini belirlemişlerdir. Çalışma sonucuna göre; arazilerin %91,8’i yüksek, %8.18’i orta ve %0.01 ise düşük kalitede belirlenmiştir. Yüksek kaliteye sahip toprakların büyük bir kısmı ustocreptic calciorthid topraklarda bulunmaktadır.

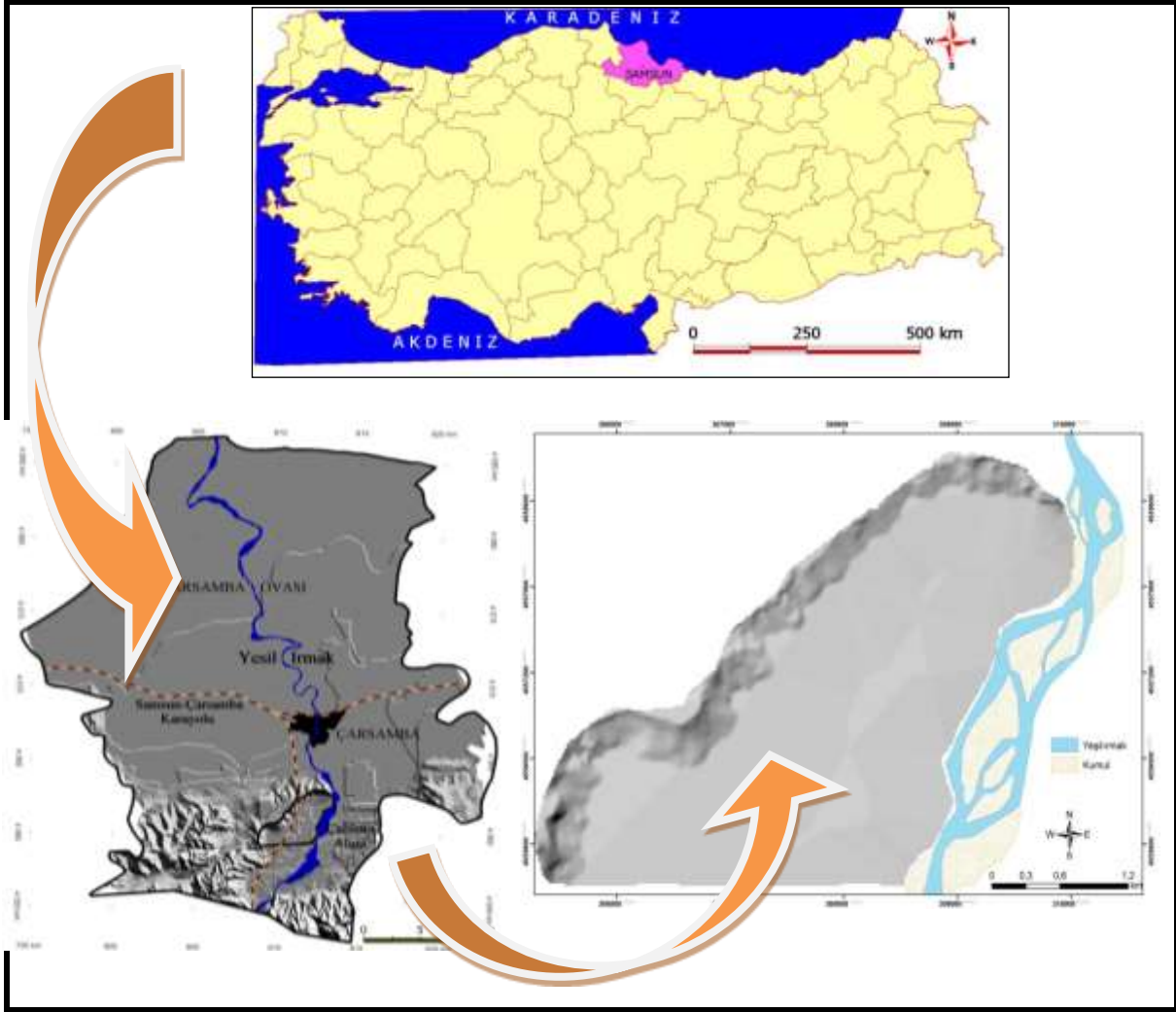
Çalışmada temel amaç, tarımsal faaliyetlerin yoğun olarak yapıldığı Çarşamba Ovası sınırları içerisinde yer alan Sefalı, Bölmepınar ve Yenikişla köylerinin yer aldığı farklı fizyografik araziler üzerinde dağılım gösteren toprakların temel toprak haritasındaki veriler kullanılarak, arazilerin işlemeli tarıma uygunluk sınıflarının Doğrusal Kombinasyon Tekniği kullanılarak belirlenmesidir. Ayrıca, bu teknik kapsamda belirlenen niceliksel arazi ve toprak parametrelerinin ağırlık değerlerinin tesbit edilmesinde Analitik Hiyerarşi Süreci yaklaşımı kullanılmıştır. Böylece, toprakların niceliksel özelliklerine dayalı detaylı toprak çalışması, Doğrusal Kombinasyon Tekniği içerisinde kullanılarak, çalışma alanının tarımsal kullanımlar yönünden arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.



## Materyal ve Yöntem

### Araştırma alanının konumu ve genel özellikleri

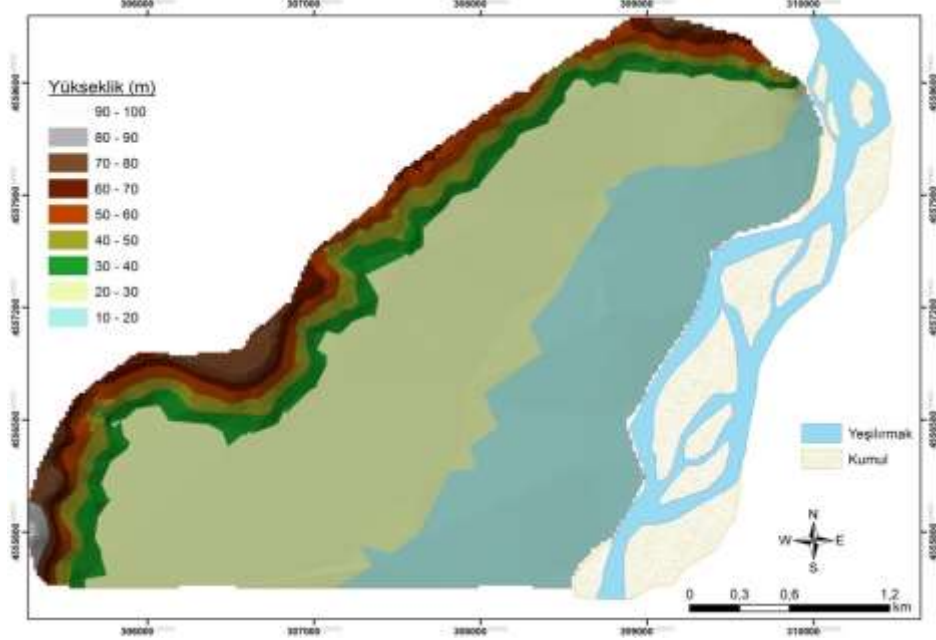
Çalışma Samsun İli Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı, Bölmepınar ve Yenikışla köylerinin yer aldığı tarım arazilerinde gerçekleştirilmiştir. Bu alan, İlçeye yaklaşık 5 km Samsun İline ise 44 km uzaklıkta bulunmaktadır. Çalışma alanı Yeşilirmak nehrinin sol sahilinde yer almakta olup, yaklaşık toplam alanı 97 km<sup>2</sup>'dir. Alan ayrıca 305500-311000m D ve 4555500-4558500 K (UTM, m) koordinatları arasında bulunmaktadır (Şekil 1). Topografik özellik yönünden çalışma alanı üç farklı fizyografya belirlenmiş olup, bunlar yamaç, etek ve taban (genç ve eski teras) arazilerden oluşmaktadır. Çalışma alanının temel coğrafi özelliklerinin belirlenmesi amacıyla, alanın 1:25.000 ölçekli topografik haritalardan Sayısal Yükselti Modeli (SYM) üretilmiştir.



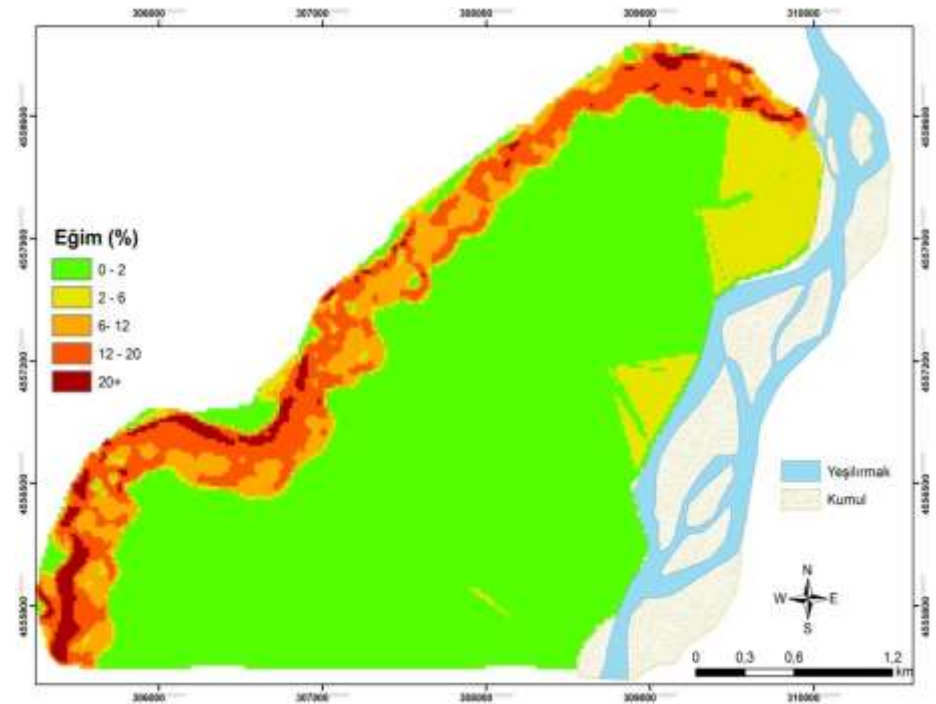
Şekil 1. Çalışma alanı yer buldur haritası

Üretilen SYM'den yararlanılarak eğim, yükselti ve kabartı haritaları oluşturulmuştur. Oluşturulan yükselti haritasında, taban arazinin deniz seviyesinden yüksekliği 5 ile 10 m arasında değişim gösterirken, alanın kuzey ve kuzey batı yönlerindeki yükseklik artışı 100 m'ye kadar çıkmaktadır (Şekil 2). Alanın eğim dağılım haritasına göre (Şekil 3), %0-2 arasında düz düze yakın araziler çalışma alanının büyük bir kısmını oluşturan taban arazilerin dağılımı oluştururken, eğim kuzey batı yönünde artmakta ve kademeli olarak %2 ile %20 arasında değişim göstermektedir. Bu alan içerisinde yamaç arazi topraklarının yanı sıra alüvyal ve kolüvyal topraklar yer almaktadır. Bilindiği üzere akarsuların zamanla taşıdığı ve biriktirdiği materyaller üzerinde oluşmuş alüvyal topraklar, çok kısa mesafeler içerisinde dahi çok değişken özellikler içererek birbirinden çok farklı topraklar meydana gelebilmektedir. Akarsu taşkın düzlüğüne girdiği zaman kendisine yakın olan yerlere iri taneleri, uzak olan mesafelere ise ince taneleri depolamaktadır. Bu nedenle, alüvyal depozitlerin karakteristikleri ve ana materyale bağlı olarak toprak oluşumu, stabil olmayıp devamlı değişime uğramakta ve farklı toprakların oluşmasına neden olmaktadır. Çalışma alanında dağılım gösteren alüvyal

topraklar, çeşitli fiziksel ve kimyasal parçalanmaya uğramış kayaç parçalarından ayrılan minerallerin karışımlarının Yeşilirmak Nehri tarafından taşınıp depolanması ile oluşmuş depozitler üzerinde gelişmişlerdir. Ayrıca, gelişim sürecine Yeşilirmak Nehrinin zaman içerisinde oluşturmuş olduğu fluviyal yer şekilleri de katkıda bulunarak, çalışma alanı içerisinde morfolojik, minerolojik, fiziksel ve kimyasal olarak bir birinden farklı özelliklere sahip topraklar oluşmuştur. Çalışma alanı toprakları çoğunlukla tarım arazisi olarak kullanılmasının yanı sıra, yer yer çayırılık ve meralık alanlarda yer almaktadır.



Şekil 2. Çalışma alanı yükselti haritası.



Şekil 3. Çalışma alanı eğim dağılım haritası.

Samsun-Çarşamba ilçesinin meteorolojik verisine göre yıllık ortalama sıcaklık  $14.3^{\circ}\text{C}$  ve yağış miktarı ise  $1045.2\text{ mm}$  olup yağışların büyük kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir (Çizelge 1). Yağışın en az düştüğü aylar Haziran ve Temmuz aylarıdır. Uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve aylık yağış miktarı dikkate alınarak Thornthwaite yöntemine göre bölgenin iklim tipi belirlenmiştir. Su bilançosu tablosundan (Çizelge 1 ve Şekil 4) yararlanılarak bulunan nemlilik indisi  $I_m = 46.89$  olarak bulunmuştur. Bu değere göre Çarşamba ilçesinin nemlilik indisi  $(40) < I_m < (60)$  arasında olup, iklim tipi nemli, nemli iklimler (B2) sınıfına

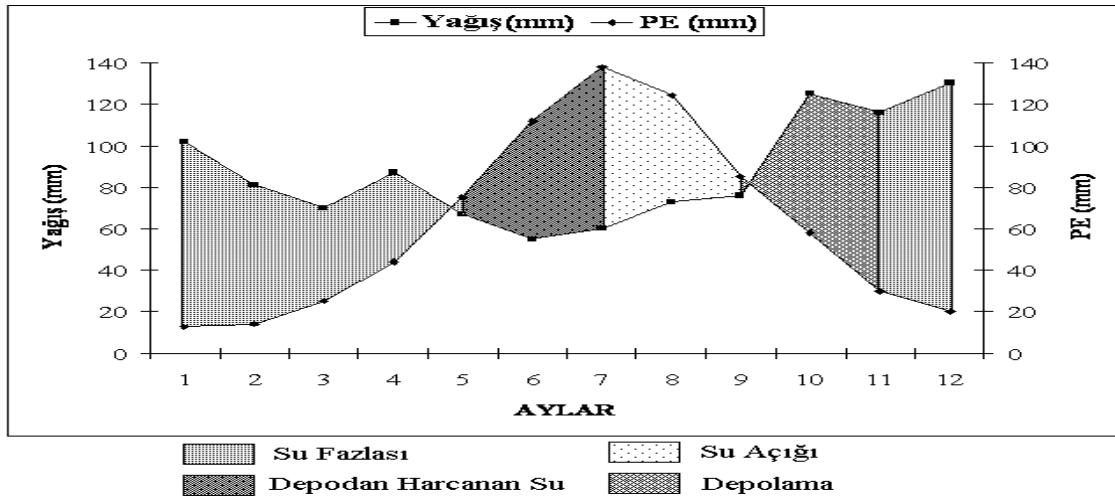
girmektedir. Yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarına göre ise iklim tipi, 739.06 mm ile mezotermal (orta sıcaklıktaki iklimler) B2 sınıfında yer almaktadır.

Araştırma alanı yağış rejimine yönelik olarak nemlilik indisi;  $I_a = 13.94$  değeri ile  $0 < I_a < 16.7$  değerleri arasında olup, yağış rejimi tipi "su açığı yok veya pek az (r)" sınıfa girmektedir. Sıcaklık rejimi ise; yıllık düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon miktarının üç yaz ayına ait düzeltilmiş potansiyel evapotranspirasyon değerleri toplamına oranlanması sonucu 374.33 mm bulunmuştur. Bu değerle yıllık potansiyel evapotranspirasyon miktarının %50.6'sını oluşturmaktadır. Thornthwaite yöntemine göre; %50.6 değeri ile Çarşamba; "deniz iklim etkisine yakın b4" sınıfına dahil edilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı meteorolojik verileri ve toprak su bilançosu

Bilanço Elemanları	AYLAR												Yıllık Ort.
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Sıcaklık (°C)	6.2	6.6	8.2	12	15.6	20.9	23.5	23.1	19.5	15.6	11.6	8.8	14.3
Sıcaklık İndisi	1.35	1.52	2.08	3.76	5.60	8.72	10.41	10.15	7.85	5.60	3.58	2.35	62.97
Düzeltilmemiş PE (mm)	15.8	17.2	24	40	60	89	109	104	82	60	37	25	14.28
Düzeltilmiş PE (mm)	13.11	14.28	24.72	44.4	75	112.14	138.43	123.76	85.28	57.6	30.34	20	739.1
Yağış (mm)	102.7	81.3	70.1	86.9	68.6	54.7	60	72.8	75.9	125.1	116.3	130.5	1045
Depo Değişikliği (mm)	0	0	0	0	-6.4	-57.44	-36.16	0	0	67.5	32.5	0	
Depolama (mm)	100	100	100	100	93.6	36.16	0	0	0	67.5	100	100	
Gerçek Ev-Tr(mm)	13.11	14.28	24.72	44.4	75	112.14	96.14	72.8	75.9	57.6	30.34	20	636.4
Su Açığı (mm)	0	0	0	0	0	0	42.27	50.96	9.38	0	0	0	103.1
Su Fazlası(mm)	89.59	67.02	45.38	42.5	0	0	0	0	0	0	53.46	110.5	408.4
Yüzeysel Akış (mm)	79.1	73.1	59.2	50.8	25.4	12.7	6.4	3.2	1.6	0.8	26.7	68.6	407.6

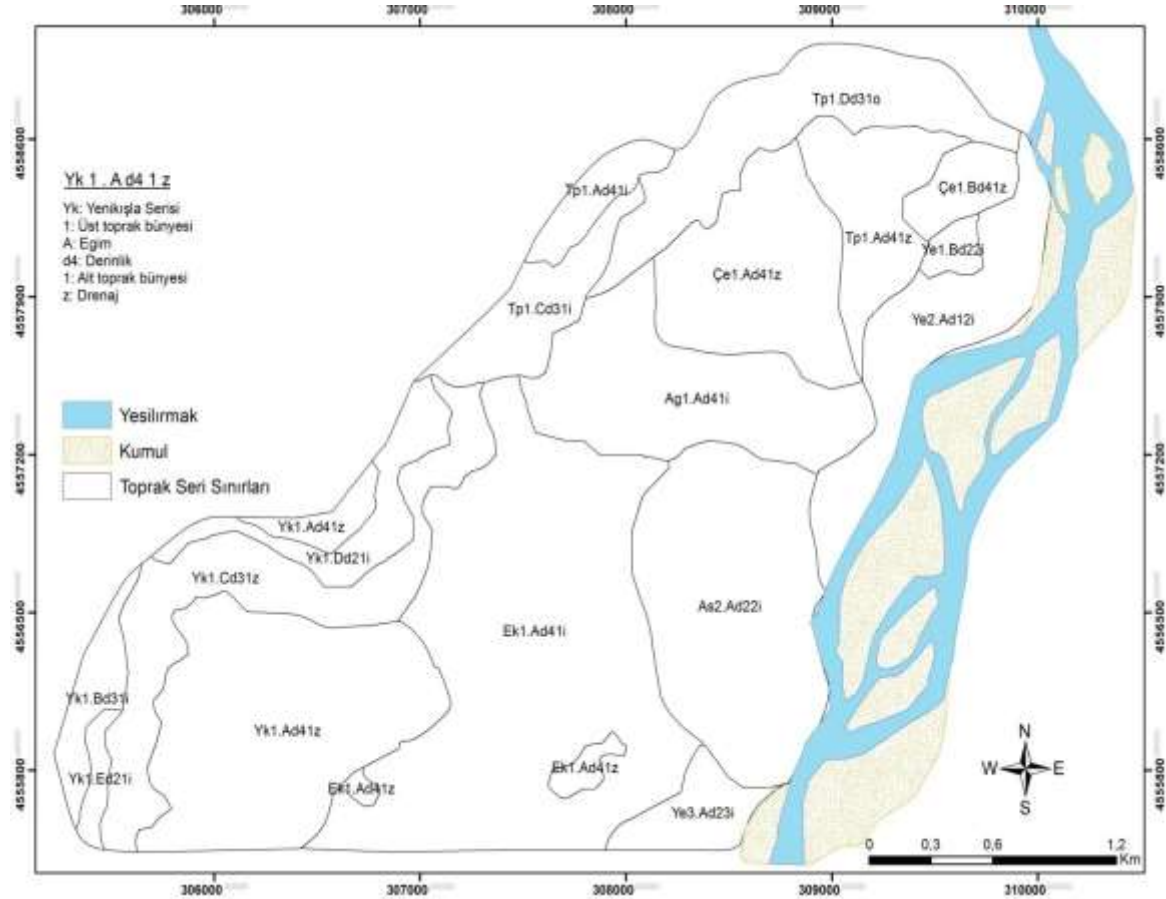
Thornthwaite yöntemine göre Çarşamba'nın iklim sınıfı B2 B2'r b4' simgeleri ile gösterilen "Nemli - nemli iklimler, Mezotermal, Su açığı yok veya pek az, denizel iklim etkisine yakın" bir iklim tipine sahip olduğu ortaya çıkmaktadır. Toprak sınıflamasına göre (Soil Survey Staff, 1999) 50 cm derinlikte toprak nem kontrol kesitinde, toprak sıcaklığı 5°C'in üzerinde olduğu dönemin yarısından daha fazlası kadar süre kuru değildir. Ayrıca, toprak nem kontrol kesiti 21 Aralık olan kış gün dönümünden sonraki 5 ay içerisinde ardışık olarak 45 gün veya daha fazla nemli olması ve 21 Haziran olan yaz gün dönümünden sonraki 4 ay içerisinde ardışık 45 gün kadar uzun süre kuru kalmaması nedeniyle toprak nem rejimi Ustik olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının sıcaklık rejimi; uzun yıllar yıllık ortalama toprak sıcaklığı 8°C'den fazla, 15°C'den az ve 50 cm'deki yıllık ortalama kış ayları toprak sıcaklığı ile yıllık ortalama yaz ayları toprak sıcaklığı arasındaki fark 6°C' den daha fazla olduğundan dolayı Mesik olarak belirlenmiştir.



Şekil 4. Araştırma alanı toprak su bilançosu grafiği

Dengiz ve Efendiler (2016) tarafından yapılan toprak çalışmasında, toprakların oluşum süreci sonrası oluşan bazı yüzey üstü ve yüzey altı tanı horizonları saptanmış ve bunların 2 tanesi genç olmaları nedeniyle Entisol ordosuna, 3 tanesi Veritisol, ve 3 tanesi Inceptisol ordosunda sınıflandırılmıştır. Araştırma alanında toprak haritasına göre %8.30 ile Aşağıyazı toprak serisi en az alana sahip iken, %25.47 ile Yenikışla serisi en fazla alana sahiptir (Şekil 5). Yürütülen bu çalışmada takip edilen süreç, arazilerin işlemeli tarıma uygunluğu yönünden değerlendirilmesi işleminde yer alan çeşitli toprak ve arazi faktörlerinin belirlenen her bir harita

birimi için oranlarının belirlenmesidir. Arazi uygunluk değerlendirme çalışmalarına, birden fazla parametreyi içeren bir değerlendirme biçimi veya çok kriterli karar verme problemi olarak yaklaşmak daha uygun olacaktır (Patrono, 1998). Duruma yönelik birçok teknik ve yaklaşımlar geliştirilmiş olmasına karşın, yapılan bu çalışmada çok parametrelili arazi uygunluk değerlendirmesi tekniği olarak, Doğrusal Kombinasyon Teknięinden (DKT) yararlanılmıştır.



Şekil 5. Çalışma alanı temel toprak haritası

Ele alınan bu teknikte, tarımsal yönden arazi kullanım şeklini etkileyen faktörlerin her birine etki derecesine göre bir ağırlık değeri atanmaktadır. Bu ağırlık değerleri, özellikle kriterlerin göreceli önemine göre belirlenmektedir. Yapılan bu işlemde sonra, faktörler alt sınıflara ayrılmakta ve bu alt sınıflar kendi içinde ayrı bir sayısal değerlendirmeye tabi tutularak sınıf puanları belirlenmektedir. DKT işleminde, sınıflara ait puanlar ile ait olduğu faktörün ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Böylece faktörler aynı ölçeğe konularak, birlikte toplanabilir yani kombine edilebilir hale getirilmiştir. DKT ile arazilerin işlemeli tarımsal amaçlı arazilerin uygunluk değerlendirmesi yaklaşımına ait matematiksel formül aşağıda verilmiştir.

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i)$$

Burada; S: Toplam arazi uygunluk skoru,  $W_i$  : i faktörünün ağırlık skoru,  $X_i$  : i faktörüne ait sınıf puanı, n: ele alınan faktörlerin toplam sayısıdır. Çizelge 2' de ise her bir haritalama birimine yönelik DKT ile hesaplanan değerler sınıflandırılarak, çalışma sahasının işlemeli tarıma yönelik arazilerin uygunluk haritası üretilmiştir.

Çizelge 2. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler

Tanımlama	Sınıf	Değer
Çok Uygun	S1	> 4.000
Uygun	S2	3.501 - 4.000
Az Uygun	S3	2.501 - 3.500
Uygun Değil	N	0.000 - 2.500



Çalışmada arazilerin işlemeli tarıma uygunluk çözümlerinde belirleyici olabilecek toplam 10 faktör göz önüne alınmıştır. Bu faktörler şu şekilde guruplandırılacak olunursa; fiziksel kriterler (arazi eğimi, toprak derinliği, bünye, taşlılık ve drenaj) ve kimyasal kriterler (elektiriksel iletkenlik, toprak reaksiyonu, organik madde ve kireç içeriği, toprak verimliliği) şeklindedir. Ayrıca, bu kriterler alt sınıflara ayrılarak, 0 ile 4 arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Sınıflar arazilerin işlemeli tarıma yönelik faaliyetler açısından kullanımlarını imkansız kılıyorsa 0, kültür bitkilerin yetiştirilmesine maksimum olanak sağlaması durumunda 4 değerini almaktadır. En düşük ve en yüksek olarak verilen değerler arasında kalan skorlar ise toprak ve arazi karakteristiğinin bitki yetişmesini sınırlama derecesine göre değişmektedir (Çizelge 3). Parametrelere ait sınıfların ağırlık puanlarının verilmesinde ayrıca bazı literatürlerden de yararlanılmıştır (FAO,1976; FAO 1983; FAO,1993; Dengiz ve Özcan, 2006; Dengiz, 2007; Tunçay ve ark, 2010; Dengiz ve Sarıoğlu, 2013).

Çizelge 3. Tarımsal arazi uygunluk sınıflaması modelinde kullanılan parametreler ve alt faktörlere ait ağırlık puanları

Fiziksel parametreler									
Eğim %		Bünye		Drenaj		Derinlik (cm)		Taşlılık (%)	
Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı
Düz (0-2)	4	Çok ince (C->%45)	2	İyi	4	0-20	1	< 2	4
Hafif (2-6)	3	Orta ince (C-<%45, CL, SiL, SCL)	3	Orta	3	20-50	2	2-10	3
Orta (6-12)	2	Orta (L, Si, SiL, fSL)	4	Yetersiz	2	50-90	3	10-50	2
Dik (12-20)	1	Kaba (S, SL, LS)	0	Fena	1	90+	4	>50	1
Çok dik (20+)	0								
Kimyasal parametreler									
pH		EC (dS/m)		CaCO <sub>3</sub> (%)		Organik Madde (%)		Verimlilik	
Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı	Sınıf	Ağırlık Puanı
>8.2-<6.5	1	0-2	4	0-5	2	< 1	1	Çok düşük	1
5.5-6.5	2	2-4	4	5-10	4	1-2	2	Düşük	2
6.5-7.5	4	4-8	1	10-20	3	2-3	3	Orta	3
7.5-8.2	3	8-10	0	20-30	1	>3	4	Verimli	4
		10+	0	30+	1				

Her bir faktöre veya kritere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesi işleminde, değerlendirmede göz önünde bulundurulacak faktörlerin karşılıklı birbirlerine göre önemi dikkate alınmış ve bu işlemde (ağırlık puanlarının belirlenmesi) Saaty (1980) tarafından geliştirilen Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) yöntemi kullanılmıştır. Saaty'nin önerdiği bu yaklaşım, ele alınan faktörlerin ikili olarak karşılaştırılmasından elde edilen öncelik değerlerine dayalı bir ölçüm yaklaşımıdır. Bu teknik, en iyi karar alternatifinin belirlenmesinde, gerek objektif (kantitatif, nicel) gerekse de sübjektif (kalitatif, nitel) faktörlerin dikkate alınmasına olanak sunmaktadır. Saaty (1980) tarafından öne sürülen ikili karşılaştırmalara dayalı göreceli önceliklendirme ölçeği Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. AHS tekniğinde tercihler için kullanılan ikili karşılaştırmalar ölçeği.

Sözel Tercih Hükümü	Açıklama	Değer
Eşit Tercih Edilme	İki faaliyet amaca eşit düzeyde katkıda bulunur	1
Kısmen Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre kısmen tercih ettiriyor	3
Oldukça Tercih Edilme	Tecrübe ve yargı bir faaliyeti diğerine göre oldukça tercih ettiriyor	5
Kuvvetle Tercih Edilme	Bir faaliyet değerine göre kuvvetle tercih ediliyor ve baskınlığı uygulamada rahatlıkla görünüyor	7
Kesinlikle Tercih Edilme	Bir faaliyetin değerine göre tercih edilmesine ilişkin kanıtlar çok büyük bir güvenirliliğe sahip	9
Orta Değerler	Uzlaşma gerektiğinde kullanılmak üzere iki ardışık yargı arasına düşen değerler	2,4,6,8
Ters (Karşıt) Değerler	Bir eleman başka bir elemanla karşılaştırıldığında yukarıdaki değerlerden birisi atanır. Bunlardan ikinci eleman birinci eleman ile karşılaştırıldığında ters değere sahip olur .	

Çalışmada değerlendirmeye alınan faktörlerin (parametrelerin) ağırlık puanları AHS yaklaşımı ile belirlenirken;

i) İlk adımda; ikili karşılaştırmaların yapıldığı matrislerin oluşturulmasına yönelik faktörlerin etki durumu göz önünde bulundurulur,



$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \dots & \dots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \dots & \dots & a_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ a_{n1} & a_{n2} & \dots & \dots & a_{nn} \end{bmatrix}$$

Burada,

A = İkili karşılaştırmalar matrisi,

$a_{ij}$  = Hiyerarşinin bir üst düzeyindeki elemana göre, i elemanının j elemanına göre önemidir (i, j = 1,2,...,n)'dir.

İkili karşılaştırma matrisinin özellikleri

-  $a_{ji} = 1/a_{ij}$ ,

-  $a_{ij} > 0$  (i, j = 1,2,...,n)'dir.

- İkili karşılaştırmalar matrisinin tam tutarlı olabilmesi için aşağıdaki özelliği sağlaması gerekir.

$a_{ik} = a_{ji}a_{jk}$  (i,j,k= 1,2,...,n)

Yukarıdaki eşitlik sağlanıyor yani ikili karşılaştırma hükümleri kesin olarak tutarlı ise, bu durumda A ikili karşılaştırmalar matrisinin girdileri hata içermeyecektir ve aşağıdaki formül ile gösterilebilecektir.

$$a_{ij} = W_i/W_j$$

Burada;  $W_i$  = A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan, i elemanına ilişkin öncelik değeri,  $W_j$  = A ikili karşılaştırmalar matrisi vasıtasıyla hesaplanmış olan, j elemanına ilişkin öncelik değeri ifade etmektedir. Yukarıdaki eşitlikten faydalanılarak aşağıdaki eşitlik yazılabilir.

$$a_{ik}a_{kj} = \frac{W_i}{W_k} \frac{W_k}{W_j} = \frac{W_i}{W_j} = a_{ij} \quad (i,j,k= 1,2,\dots,n)$$

İkili karşılaştırmalar matrisinin köşegen elemanları 1 değerini almaktadır. Yani,  $a_{ii} = 1$  (i, j, k= 1, 2,, n).

ii) A matrisi oluşturulması sonrasında karşılaştırılan parametrelerin her birinin önceliğinin hesaplanması (en büyük özdeğer vektörü veya öncelik vektörü veya kriterlerin ağırlık değerleri),

Adım 1: İkili karşılaştırmalar matrisinin her bir sütunundaki değerler toplanır.

Adım 2: İkili karşılaştırmalar matrisindeki her bir eleman, bulunduğu sütunun toplam değerine bölünür. Bu işlem sonucunda elde edilen matrise normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisi denir.

Adım 3: Normalize edilmiş ikili karşılaştırmalar matrisinin her bir satırındaki elemanların aritmetik ortalaması hesap edilir. Bu aritmetik ortalama değerleri, karşılaştırılan elemanların göreceli öncelikleri ile ilgili bir tahmin sağlar.

iii) Yöntemin son aşamasında ise, elde edilen özvektör değerinin tutarlılık kontrolünün yapılmasıdır. İkili karşılaştırmalar matrisi (A), sonuçta elde edilen öncelik vektörü (W) ile çarpılmak suretiyle yeni bir vektör elde edilir. Bu yeni vektörün her bir elemanını öncelik vektöründe buna karşılık gelen değere bölerek ikinci bir yeni vektöre ulaşılır. Bu son vektörün değerlerinin aritmetik ortalaması alınarak maksimum özdeğer ( $\lambda_{max}$ ) tahmin edilmiş olur.  $\lambda_{max}$ , ikili karşılaştırmalar matrisinin eleman sayısına (n) ne kadar yakın bir değer olur ise, sonuç o kadar tutarlı olacaktır (Kumar ve Ganesh, 1996).

O halde, A ikili karşılaştırmalar matrisinin tam tutarlı olmaması durumunda  $\lambda_{max}$  değeri n'den ve diğer özdeğerler de sıfırdan sapacaklardır. Bu sapmalar aşağıdaki eşitlikte verilen "Tutarlılık İndeksi (Tİ)" yardımı ile hesaplanmaktadır.

$$Tİ = (\lambda_{max}-n)/(n-1)$$

Öte yandan, Tutarlılık Oranını hesaplayabilmek için "Rastgele (Tasadüfi) İndeks (Rİ)" değerleri de bilinmelidir. Bu değerler 1-15 boyutlu matrislerin her bir boyutunda 100'er adet matrisin rastgele olarak doldurulması ve yukarıdaki formüle göre hesaplanan Tutarlılık İndekslerinin ortalamasını almak suretiyle oluşturulur (Çizelge 5).

Çizelge 5. AHS Tekniğindeki Tutarlılık Oranının Hesaplanmasında Kullanılan ve Matris Boyutlarına Göre Değişen Rastgele İndeks Değerleri (Saaty 1980).

n	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Rİ	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49	1.51	1.48	1.56	1.57	1.59

$$TO = T\dot{I}/R\dot{I}$$

Tutarlılık kontrolü, yargıların mantıksal tutarsızlığını ölçer ve yargılarda olabilecek hataların tanımlanmasına olanak sağlar. Yöntemin geçerli olması için tutarlılık oranı 0.10 (%10) veya daha küçük olmalıdır. Eğer bu oran 0.10'dan büyük ise ikili karşılaştırma matrislerinin yeniden oluşturulması gerekir (Saaty 1980).

## Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanı yamaç arazi ve marn ana materyal üzerinde oluşum topraklarının yanı sıra taban ve etek arazilerde yer alan alüvial ve ko-aluviyal üzerinde yer alan topraklardan oluşmaktadır. Çalışma alanının işlemeli tarıma uygunluk yönünden değerlendirilmesinde, coğrafi bilgi sistemi yardımıyla çok kriterli değerlendirme sistemlerinden parametrik bir yaklaşım olan doğrusal kombinasyon tekniği (DKT) ve analitik hiyerarşik süreç (AHS) birlikte ele alınmıştır. Detaylı yürütülen toprak etüd haritalama çalışması sonucu araştırma alanına ait 19 tane haritalama birimi (HB) belirlenmiştir. Ayrıca, her bir HB'lerine ait modelde kullanılan arazi ve toprak karakteristik özellikleri olan drenaj, derinlik, taşlılık, bünye, eğim, pH, EC, organik madde, CaCO<sub>3</sub> içeriği ve verimlilik değerleri Dengiz ve Efendiler (2016) tarafından yapılan detaylı temel toprak haritasından elde edilmiştir.

Doğrusal Kombinasyon tekniğine dayalı arazilerin tarımsal amaçlı uygunluk değerlendirmesinde kullanılan parametrelere ilk olarak Saaty (1980) tarafından geliştirilen Çizelge 6 dikkate alınarak göreceli önemleri veya etki derecelerine göre bir kriter ağırlığı verilmiştir. Bu işlemin gerçekleştirilmesinde AHS tekniği kullanılmış olup, bu teknik kapsamında uygulanan ikili karşılaştırmalar süreci, karar analizine dahil olan elemanların kendi aralarında ikili olarak karşılaştırılması ile bu elemanların her birisi için ağırlık değerlerinin belirlenmesi şeklinde oluşturulmuştur. Çizelge 6'da arazilerin işlemeli tarıma uygunluklarının belirlenmesine yönelik olarak seçilen fiziksel parametreler (arazi eğimi, toprak derinliği, taşlılık, tekstür ve drenaj) ve kimyasal parametreler (EC, pH, organik madde, kireç içeriği, verimlilik) için yapılan ikili karşılaştırmalara dayalı olarak elde edilen ağırlık değerleri verilmiştir.

Çizelge 6'dan görüleceği üzere, işlemeli tarıma uygunluk değerlendirilmesine yönelik ele alanın arazi ve toprak karakteristikleri içerisinde çoğunlukla fiziksel parametreler daha yüksek ağırlık değerleri göstermiştir. Buna göre 0.2783 ağırlık değeri ile ele alınan uygunluk parametrelerinden arazi eğim parametresi en yüksek ağırlığı elde eden faktör olarak belirlenmiştir. Bu parametreyi sırasıyla bünye (0.1856), derinlik (0.1472) ve drenaj kriteri (0.1296), kimyasal parametrelerden ise organik madde kriteri (0.0947), verimlilik kriteri (0.066) ve pH parametresi (0.0555) takip etmektedir. Ayrıca, faktörlerin ikili karşılaştırmalarına ait ortalama tutarlılık oranı değeri ise %10'un altında (0.094) olarak belirlenmiştir. Doran ve Jones (1996) göre ele alınan kriterlerin ağırlıklandırılmasında özellikle doğal (kalıtsal-stabil) ve yapay-değiştirilebilir (dinamik) faktörler olarak ikiye ayırmaktadır. Wienhold ve diğ. (2004) ise dinamik kriterlerin (sulama, verimlilik vb.) özellikle toprak ve arazi yönetimlerinin nasıl yapılmasına yönelik etkilerinin olduğunu belirtmişlerdir.

Bununla birlikte, özellikle parametrelerin işlemeli tarım faaliyetlerinin yapılmasına yönelik göz önünde bulundurulması gereken önemli unsurlarada uygunluk göstermektedir. Bilindiği gibi, erozyona yönelik önlemleri almadan yada çok az tedbirler alınmak suretiyle makinalı tarımsal faaliyetlerin yapılabilmesindeki eğim sınırı yaklaşık %10 ile %12'nin üzerine çıkmaması gerekmektedir (Sönmez, 1994). Bu nedenle arazi eğimi, işlemeli veya makinalı tarım gerçekleştirilmesinde gerek mekanizasyon işlemlerinin gerçekleştirilmesinde gerekse de toprağın yerinde korunabilmesi açısından faktörler içerisinde en önde gelenidir. Çünkü, eğim gerek tarla içi mekanizasyon veya tarla trafiği gibi faaliyetlerin doğru yapılması, gerekse de toprak taşınımı açısından önemli rol üstlenmektedir (Dengiz, 2007; Dengiz ve Sarıoğlu, 2013).

Göz önüne alınan faktörlere yönelik hiyerarşik ilişki içerisinde fiziksel parametrelerde ikinci ve üçüncü sırasında ise bünye, toprak derinliği ve dördüncü sırada ise toprak drenaj özelliği gelmektedir. Bu faktörler toprakta yeterince su ve bitki besin maddesi tutulmasında, agregat ve strüktürel gelişiminin sağlanması dolayısıyla bitki kök gelişiminde, hava, su ve ısı döngüsünde mikroorganizma aktiviteleri gibi birçok toprak kalite özellikleriyle çok yakından ilişkili bulunmaktadır (Gülser ve ark. 2016; Mamedov ve ark. 2016; Gülser 2018; Doğan ve Gülser 2019). Gülser ve Candemir (2006), farklı bünyelere sahip toprakların dağılım gösterdiği alanlarda toprak işleme tav zamanlarına göre farklılıklar gösterdiğine yönelik bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Ağır bünyeli toprakların belirlenen zamandan önce işlenmesi ve tarla trafiğine maruz

kalması, toprakların yapısal özelliklerinde önemli tahripler olurken, fazla nemli koşullarda işlenmeleri durumunda ise fazla çeki gücü istemesinin yanı sıra topraklarda iri keseklerin oluşmasına neden olmaktadır ki bu da yine topraklarda strüktürel deformasyonlara yol açmaktadır. Toprakların bünyesel değişkenlikleri aynı zamanda geçirgenlik ve drenaj durumları ile de yakından ilişkili olup, çok ağır veya çok kaba bünyeli topraklar bitkisel üretimde olumsuz etkileri yaratabilmektedir. Bitkilerin topraktan optimum fayda sağlamasında diğer bir önemli kriter ise toprak derinliğidir ki, derinlik bitkiler için sadece bir tutunma veya dayanak yeri olmayıp aynı zamanda su ve besin elementlerinin depolandığı yerdir. Bu bağlamda toprak derinliğineki artış iyi bir kök gelişim ortamı sağlaması yanı sıra verim ve kalite artışında olumlu etki yapmaktadır.

Çizelge 6. Parametrelere ait ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik AHS tekniği hesaplamaları

İkili Karşılaştırmalar Matrisi											
	Eğim	Bünye	Drenaj	Derinlik	Taşlılık	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	OM	Verimlilik	
Eğim	1,000	3,000	3,000	3,000	5,000	5,000	7,000	5,000	7,000	3,000	
Bünye	0,333	1,000	3,000	2,000	5,000	5,000	5,000	5,000	3,000	3,000	
Drenaj	0,333	0,333	1,000	0,500	5,000	3,000	5,000	5,000	3,000	5,000	
Derinlik	0,333	0,500	2,000	1,000	5,000	3,000	5,000	7,000	3,000	3,000	
Taşlılık	0,200	0,200	0,200	0,200	1,000	0,333	3,000	3,000	0,200	0,200	
pH	0,200	0,200	0,333	0,333	3,000	1,000	3,000	2,000	0,333	2,000	
EC	0,142	0,200	0,200	0,200	0,333	0,333	1,000	1,000	0,200	0,333	
CaCO <sub>3</sub>	0,200	0,200	0,200	0,142	0,333	0,500	1,000	1,000	0,142	0,200	
OM	0,142	0,200	0,333	0,333	5,000	3,000	5,000	7,000	1,000	3,000	
Verimlilik	0,333	0,333	0,200	0,333	5,000	0,500	3,000	5,000	0,333	1,000	
Toplam	3,216	6,166	7,466	8,041	34,666	21,666	38,00	41,00	18,208	20,733	
Normalize Edilmiş İkili Karşılaştırmalar Matrisi											
	Eğim	Bünye	Drenaj	Derinlik	Taşlılık	pH	EC	CaCO <sub>3</sub>	OM	Verimlilik	
Eğim	0,311	0,487	0,402	0,373	0,144	0,231	0,184	0,122	0,384	0,145	
Bünye	0,104	0,162	0,402	0,249	0,144	0,231	0,132	0,122	0,165	0,145	
Drenaj	0,104	0,054	0,134	0,062	0,144	0,138	0,132	0,122	0,165	0,241	
Derinlik	0,104	0,081	0,268	0,124	0,144	0,138	0,132	0,171	0,165	0,145	
Taşlılık	0,062	0,032	0,027	0,025	0,029	0,015	0,079	0,073	0,011	0,010	
pH	0,062	0,032	0,045	0,041	0,087	0,046	0,079	0,049	0,018	0,096	
EC	0,044	0,032	0,027	0,025	0,010	0,015	0,026	0,024	0,011	0,016	
CaCO <sub>3</sub>	0,062	0,032	0,027	0,018	0,010	0,023	0,026	0,024	0,008	0,010	
OM	0,044	0,032	0,045	0,041	0,144	0,138	0,132	0,171	0,055	0,145	
Verimlilik	0,104	0,054	0,027	0,041	0,144	0,023	0,079	0,122	0,018	0,048	
Öncelik Vektör											
	Normalize Edilmiş Satırlar Toplamı				Normalize Edilmiş Satırlar Ortalaması			Öncelik Vektörü			
Eğim	2,783				2,783/10			0,2783			
Bünye	1,856				1,856/10			0,1856			
Drenaj	1,296				1,296/10			0,1296			
Derinlik	1,472				1,472/10			0,1472			
Taşlılık	0,363				0,363/10			0,0312			
pH	0,555				0,555/10			0,0555			
EC	0,230				0,230/10			0,0230			
CaCO <sub>3</sub>	0,240				0,240/10			0,0240			
OM	0,947				0,947/10			0,0947			
Verimlilik	0,660				0,660/10			0,0660			

$$\lambda_{\max} = 11.252 \quad TO = 0.094 \quad (\%9.40)$$

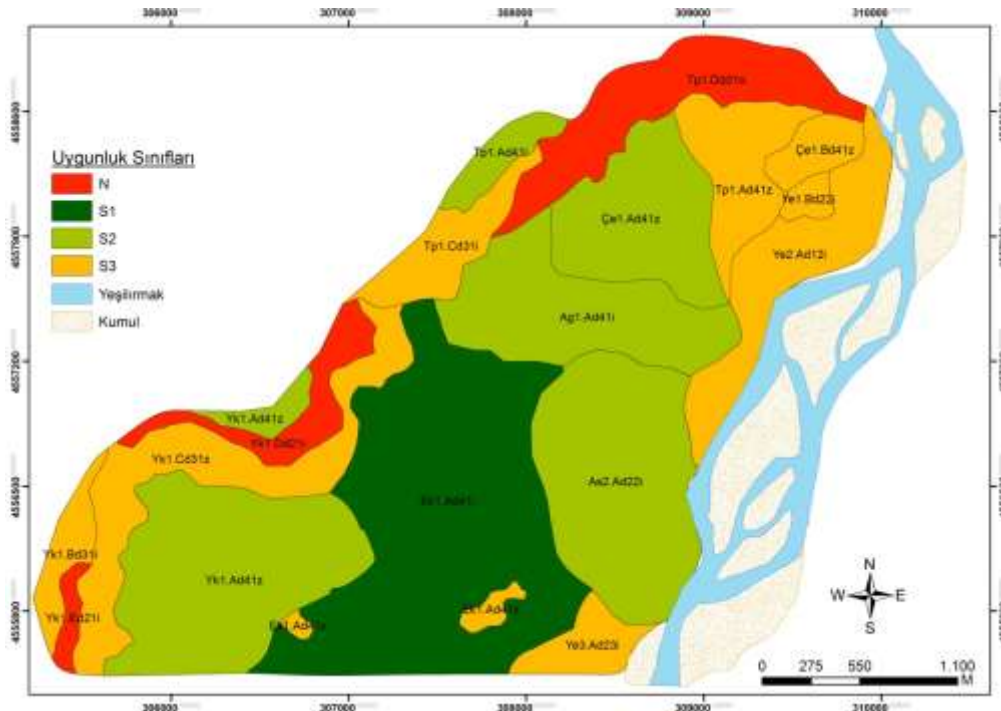
Kimyasal kriterler içerisinde EC en düşük ağırlık değerine sahip olup, bu durum çalışma alanı topraklarında ağırlık puanında değişkenliğinin çok az ve bitkiler için problem görülmemesindedir. Kireç ise benzer şekilde olmasına karşın değişim aralığı EC'ye göre biraz daha fazla olmasıdır. Verimlilik faktörüne yönelik ise, verimliliği düşük veya az olarak belirlenen alanlarda gübreleme faaliyetleri gibi uygulamalarla verimsel artışın sağlanması nedeniyle, ağırlık değerleri düşük olarak belirlenmiştir. Buna karşın, organik maddenin topraklar arasında çok farklılıklar göstermesi ve toprakta artışının çok zor olması ayrıca toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerinin tümüne etki yapması nedeniyle kimyasal kriterler içerisinde en yüksek değer olarak belirlenmiştir. [Dengiz ve Sarıoğlu \(2013\)](#), parametrik bir model olan DKT kullanılarak

arazilerin işlemeli tarıma uygunluk sınıflamasının belirlenmesi ve haritalanma amacıyla, Samsun İlinin Bafra ilçesine bağlı Dedeli ve Çetinkaya Köyleri ve yakın çevresinde yaklaşık 1762.4 ha alanda bir çalışma gerçekleştirmişlerdir. Çalışma alanına ait haritalama birimleri ve modeller için gerekli olan toprak parametrelerinin belirlenmesinde daha önce yapılmış detaylı toprak haritasından yararlanılmıştır. Ayrıca, CBS programı kullanılarak çalışma alanının arazi uygunluk haritaları oluşturulmuştur. Tarımsal yönden arazi uygunluk haritasına göre, araştırma alanının büyük bir kısmı olan 1035.7 ha'ı (%58.8) uygun ve çok uygun sınıfları oluştururken, %31.3'ü (552.4 ha) az uygun sınıfa girmektedir. Toplam alanın yalnız %9.9'unu oluşturan Kz4.Ad1a, Hz1.Ed2a ve Tt1.Dd2i haritalama birimleri ise tarımsal kullanıma uygun değildir. Yapılan analitik hiyerarşik süreçte tutarlılık oranını 0.074 olarak belirlemişlerdir. Son olarak, Doğrusal Kombinasyon Tekniği ile elde edilen sonuçlar Arazi Kalite İndeks modeli ile elde edilen uygunluk sınıflarıyla karşılaştırılmış ve sonuçların birbirine yakınlık gösterdiği belirlenmiştir. Yine, [Dengiz ve ark \(2015\)](#), çeltik yetiştiriciliğinde en uygun alanların belirlenmesi amacıyla Sinop-Boyabat ilçesi Gökırmak Havzasında yer alan aluviyal araziler üzerinde çeltik tarımı yapılan alanlardan 52 adet toprak örnekleri alınmış ve örneklerde bazı fiziko kimyasal toprak özellikleri analiz edilmiştir. Alanın çeltik yetiştiriciliğinde uygun alanların belirlenmesinde çok kriterli yaklaşımda analitik hiyerarşik süreç ve doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak her bir noktanın uygunluk sınıflaması belirlenmiş ve noktaların aldığı uygunluk değerleri jeoistatistik model ile dağılım alanları belirlemişlerdir. Yapılan analitik hiyerarşik süreçte tutarlılık oranı %9 olarak belirlemişlerdir. Çeltik uygunluk haritalama çalışmasına göre alanın %65.1 çok uygun ve uygun iken %34.9'u ise hiç uygun olmayan alanları oluşturduğu belirlemişlerdir. Çalışmada DKT dikkate alınarak arazi uygunluk değerlendirme çalışması sonucu oluşturulan tarımsal uygunluk haritası Şekil 6' da ve uygunluk sınıflarının alan içerisindeki alansal ve yüzdesel dağılımları Çizelge 7'de gösterilmiştir.

Çizelge 7 incelendiğinde, DKT yaklaşımına göre, çalışma alanı topraklarının büyük bir kısmı olan %62.85 tarımsal yönden arazi uygunluk sınıflamasında işlemeli tarıma uygun ve çok uygun olarak belirlenirken, 2633.4 da yani alanın %27.1'si az uygun sınıfa girmektedir. Ayrıca alanın yaklaşık %10'u ise işlemeli tarıma uygun olmayan alanı oluşturmaktadır.

Çizelge 7. Arazi uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

Tanımlama	Sınıf	Alan (da)	Oran (%)
Çok Uygun	S1	2109,2	21,71
Uygun	S2	3997,1	41,14
Az Uygun	S3	2633,4	27,10
Uygun Değil	N	976,1	10,05
Toplam		9715,8	100,00



Şekil 6. DKT göre alanın arazi uygunluk sınıflarına ait harita

Toprak haritasında yer alan her bir seri ve bu serilere ait haritalama birimlerinin uygunluk sınıfları, alansal ve yüzdesel dağılımları ise Çizelge 8’de verilmiştir. Alanda işlemeli tarıma uygun olmayan ve N olarak sınıflandırılmış olan Tp1.Dd31o, Yk1.Ed21i ve Yk1.Dd21i haritalama birimleri özellikle eğim (>%20) sınırlandırıcı bir faktör olarak belirlenmiştir. S3 olarak sınıflandırılan haritalama birimlerinde ise başlıca ağır bünyeli olmalarının yanı sıra Yeşilirmak serisinde yer alan haritalama birimlerinde aluviyal depozitler üzerinde oluşmuş genç toprakların sığ ve kaba bünyeye sahip olmalarıdır. Alanda sadece Ek1.Ad41i haritalama birimi S1 seviyesinde uygunluk düzeyine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 8. Her bir haritalama birimini tarımsal arazi kullanımına uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

Seriler	Haritalama Birimleri	Değer	Sınıf	Alan (da)	Oran (%)
Aşağımahalle	As2.Ad22i	3,665	S2	1112,0	11,44
Aşağıyazı	Ag1.Ad41i	3,621	S2	809,6	8,33
Eğrikum	Ek1.Ad41i	4,004	S1	2334,2	24,02
Eğrikum	Ek1.Ad41z	2,963	S3	46,8	0,48
Eğrikum	Ek1.Ad41z	2,963	S3	18,0	0,19
Tepecik Tepe	Tp1.Ad41z	3,440	S3	140,0	1,44
Tepecik Tepe	Tp1.Dd31o	2,022	N	653,0	6,72
Tepecik Tepe	Tp1.Ad41i	3,583	S2	405,2	4,17
Tepecik Tepe	Tp1.Cd31i	2,574	S3	293,2	3,02
Yenikaşla	Yk1.Ad41z	3,518	S2	90,0	0,93
Yenikaşla	Yk1.Cd31z	2,825	S3	733,1	7,54
Yenikaşla	Yk1.Ed21i	1,889	N	62,3	0,64
Yenikaşla	Yk1.Bd31i	2,825	S3	159,3	1,64
Yenikaşla	Yk1.Dd21i	2,407	N	260,8	2,68
Yenikaşla	Yk1.Ad41z	3,534	S2	1169,6	12,04
Yeşilirmak	Ye1.Bd22i	3,023	S3	58,3	0,60
Yeşilirmak	Ye2.Ad12i	2,919	S3	591,1	6,08
Yeşilirmak	Ye3.Ad23i	2,740	S3	182,0	1,87
Çerkezler	Çe1.Ad41z	3,524	S2	451,1	4,64
Çerkezler	Çe1.Bd41z	3,248	S3	164,5	1,51

## Sonuç

Yapılan bu çalışma Samsun İlinin Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı Köyü ve yakın çevresini kapsamakta olup, yaklaşık 97 km<sup>2</sup> alanda gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı yamaç arazi ve marn anamateryal üzerinde oluşum topraklarının yanı sıra, taban ve etek arazilerde yer alan aluviyal ve ko-aluviyal üzerinde yer alan topraklardan oluşmaktadır. Çalışma alanının işlemeli tarıma uygunluk yönünden değerlendirilmesinde, coğrafi bilgi sistemi yardımıyla çok kriterli değerlendirme sistemlerinden parametrik bir yaklaşım olan DKT ve AHS birlikte ele alınmıştır. Yapılan uygunluk değerlendirmesinde ele alınan arazi ve toprak karakteristikleri içerisinde çoğunlukla fiziksel parametreler daha yüksek ağırlık değerleri göstermiştir. Bunun en önemli sebebi ise arazi ve toprağın kalıtsal özelliği yani değiştirilemez stabil karakteristiklerinden ileri gelirken, daha dinamik ve insan etksi ile değişkenlik gösterebilecek verimlilik (gübreleme vb.) özelliklerin ağırlıklandırılmasında daha düşük değer almıştır.

Detaylı yürütülen toprak etüd haritalama çalışması sonucu araştırma alanına ait 19 tane haritalama birimi (HB) belirlenmiştir. Ayrıca, her bir HB’lerine ait modelde kullanılan arazi ve toprak karakteristik özellikleri olan drenaj, derinlik, taşlılık, bünye, eğim, pH, EC, organik madde, CaCO<sub>3</sub> içeriği ve verimlilik değerleri detaylı temel toprak haritasından elde edilmiştir. Temel toprak haritasına göre 7 adet toprak serisi tanımlanmış olup, bu seriler içerisinde 247.6 da ile Yenikaşla toprak serisi en büyük yayılım alanına sahip iken, 82.3 da alan ile Çerkezler toprak serisi en az alanda dağılım göstermektedir.

Çalışma alanına ait haritalama birimleri ve DKT için gerekli olan arazi ve toprak parametrelerinin elde edilmesinde detaylı sayısal toprak haritası ve toprak veri tabanından faydalanılmıştır. Elde edilen bu veriler ve model yardımıyla, coğrafi bilgi sistemi yazılımı kullanılarak çalışma sahasına ait işlemeli tarımın yapılmasına yönelik arazi uygunluk haritası üretilmiştir. Tarımsal yönden oluşturulan alanın arazi uygunluk haritasına göre, çalışma alanının büyük bir kısmı olan 6106.3 da’ı uygun ve çok uygun sınıfları oluştururken,



yaklaşık %37'si az uygun veya hiç tarımsal uygulamalara uygunluk göstermeye sınıfa girmektedir. Özellikle burada işlemeli tarımsal faaliyetlerin yapılmasına yönelik, bitkisel üretimi sınırlandıran ana faktörler olarak eğim, ağır bünye ve sığ toprak özellikleri olduğu belirlenmiştir.

Arazi uygunluk işlemlerinde, modelsel yaklaşımların oluşturulmasına yönelik kullanılacak faktörlerin nicelik ve niteliklerine göre, aynı alanda farklı sonuçlar ile karşılaşılabilmektedir. Bundan dolayı, arazi uygunluk çalışmalarında model seçimlerinde ön plana alınacak unsur, alana ait veri miktarı ve veri kalitesidir. Her alandan aynı miktarda ve kalitede veri temini mümkün değildir. Parametrik modellerde temel yaklaşım, bitkisel üretimde her bir arazi ve toprak karakteristiğinin sınırlayıcı faktörüne bağlı olarak değişen seviyelere göre arazi değerlendirme işlemidir. Araştırmaya konu olan sahadaki doğal kaynakların potansiyelleri ile yerel insanların ihtiyaçları göz önünde bulundurularak, kaynakların sürdürülebilir şekilde değerlendirilmesi yönünde öneriler getirmiştir. Sahadan ve ofis çalışmalarından elde edilen sonuçlarla, yörenin sürdürülebilir arazi kullanımına önemli katkılar sağlanacaktır.

Çalışmada ayrıca, günümüzün güncel ve önemli teknolojilerinden biri olarak sayılan CBS tekniğinin kullanılması sayesinde, yüksek hacimli veri ve bilgilerin kısa zaman sürecinde elde edilmesi, analiz edilmesi ve sorgulanması, saklanması-depo edilmesi ve çok çeşitli haritaların oluşturulmasına olanak sağlamıştır. Bu teknik ve yazılımların kullanılmasının yaygın hale getirilmesi sonucu, planlamacıların ve karar vericilerin sonuçlara ulaşmada hızlilik ve doğruluğun yanı sıra doğal kaynakların (toprak ve arazi) sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasına imkân tanımıştır.

Sonuç olarak yapılan bu çalışmada, CBS ve AHS yardımıyla DKT modeli kullanılarak incelenen alana ait sahadaki tarımsal faaliyetlerin uygulanmasına yönelik uygunluk sınıflaması çalışması gerçekleştirilmiştir. Bu doğrultuda arazilerin büyük bir kısmının tarımsal yönünden uygun ve çok uygun olduğu belirlenerek haritalandırılmıştır. Bu bilgiler ışığında bölgedeki yanlış arazi kullanımını önleyerek, gerek doğal kaynakların gerekse insan kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı sağlanmaya çalışılmıştır.

## Kaynaklar

- Dengiz O, Özcan H, 2006. Samsun-Bafra Ovası topraklarının cbs yardımıyla verimlilik indekslerinin (PI) belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 20 (38), 136-142.
- Dengiz O, 2007. Assessment of soil productivity and erosion status for the Ankara-Soğulca catchment using GIS. International Journal of Soil Science 2 (1), 15-28.
- Dengiz, O, Sarıoğlu FE, 2013. Parametric approach with linear combination technique in land evaluation studies. Journal of Agricultural Sciences, 19 (2), 101-112.
- Dengiz O, Efendiler A, 2016. Farklı iki fizyografik ünite üzerinde oluşmuş toprakların karakteristiklerinin belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, TÜCAUM, 13-14 Ekim, 156-168. Ankara.
- Doğan B, Gülser C, 2019. Assessment of soil quality for vineyard fields: A case study in Menderes District of Izmir, Turkey. Eurasian Journal of Soil Science, 8(2), pp.176-183.
- Dengiz O, Gülser C, İç S, Kara Z, 2009. Aşağıaksu Havzası Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ve Haritalanması. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 24 (1): 34-43.
- Dengiz O, Gülser C, 2014. Farklı Fluviyal Depozitler Üzerinde Oluşmuş Toprakların Dağılım Alanlarının Belirlenmesi ve Sınıflaması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 1: 9-17.
- Dengiz O, Şişman A, Gülser C, Şişman Y, 2014. Arazi Topluşturmasında Kullanılan Arazi Kalite Derecelendirme Yöntemine Alternatif Yaklaşım. Toprak Su Dergisi, 3(1): (59-69)
- Dengiz O, Özden, Ş, Başkan, O, Özcan H. 2004. Determination of Soil Quality Index of Bala State Farm Soils According to The Medalus Methodology. International Soil Congress on Natural Resource Management for Sustainable Development, Erzurum-Turkey.
- Dengiz O, MA. Özyazıcı, Sağlam M. 2015. Multi-Criteria Assessment And Geostatistical Approach For Determination of Rice Growing Suitability Sites in Gokirmak Catchment. Paddy Water Environment, 13: 1-10. DOI 10.1007/s10333-013-0400-4.
- Diñç U, Şenol S, 1997. Toprak Etüd ve Haritalama. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitapları Yayın No:50, Adana.
- Doran JW, Parkin BT, 1994. Defining and assessing soil quality. In: Doran, J.W., Coleman, D.C., Bezdicek, D.F., Stewart, B.A. (Eds.), Defining Soil Quality for a Sustainable Environment. SSSA Inc., Madison, WI, USA, pp. 3-21 (SSSA Special Publication No. 35).
- FAO, 1976. A Framework for land evaluation: Soils Bulletin 32, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO, 1983. Guidelines. Land evaluation for rainfed agriculture: Soils Bulletin 52, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.

- FAO, 1984. Land evaluation for forestry, forestry paper 48: Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy
- FAO, 1993. An international framework for evaluating sustainable land management. Rome, Italy.
- Gülser C, Candemir F, 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit Kampus topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 21(2): 213-217.
- Gülser C, Ekberli İ, Candemir F, Demir Z. 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. Eurasian Journal of Soil Science, 5(3):192-200.
- Gülser C, 2018. Predicting Aggregate Stability of Cultivated Soils. Journal of Scientific and Engineering Research, 5(11):252-255.
- Keskin S Yüksel M, 1998. Ankara Zir Vadisi ve yakın çevresinin arazi kullanım planlaması. M. Şefik Yeşilsoy International Symposium on Arid Region Soil. Menemen- İzmir (457- 463)
- Kumar NV, Ganesh LS, 1996. A simulation-based evaluation of the approximate and exact eigenvector methods employed in AHP, European Journal of Operational Research, 95, 656-662.
- Mamedov A, Ekberli İ, Gülser C, Gümüş İ, Çetin U, Levy JG, 2016. Relationship between soil water retention model parameters and structure stability. Eurasian Journal of Soil Science, 5(4):255-331.
- Saaty TL, 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. A Basic of Soil Classification for Making and Interpreting Soil Survey. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Thorntwaite CW, 1948. An Approach to a Rational Classification of Climate. Geographic Review, 38: 55-94.
- Tunçay T, Bayramin İ, Erpul G, Kibar M, 2010. Kırşehir Çiçekdağ Tarım İşletmesi topraklarının kalite durumlarının belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 25(3):185-191.
- Patrono A, 1998. Multi-Criteria Analysis and Geographic Information Systems: Analysis of Natural Areas and Ecological Distributions. Multicriteria Analysis for Land-Use Management, Edited by Euro Beinat and Peter Nijkamp, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, pp: 271-292, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Sönmez K, 1994. Toprak Koruma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169, Erzurum.
- Wienhold BJ, Andrews SS, Karlen DL, 2004. Soil quality: a review of the science and experiences in the USA. Environ Geochem Hlth. 26:89-95.



## Çinko (Zn) uygulamalarının marul (*Lactuca Sativa L.*) bitkisinin bazı yaprak besin element içeriklerine etkisi

Bülent Yağmur\*<sup>1</sup>, Şenay Aydın<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bornova- İzmir

<sup>2</sup> Celal Bayar Üniversitesi Alaşehir Meslek Yüksek Okulu Alaşehir-Manisa

### Özet

Marul (*Lactuca sativa L.*) protein ve yağ oranı yok denecek kadar az, düşük kalorili, iştah açıcı bir bitkidir. Hem Türkiye’de hem de dünyada açıkta ve örtü altında yetiştirilmektedir. Ege, Marmara ve Akdeniz Bölgelerinde ticari marul üretimi Haziran, Temmuz, Ağustos hariç yılın her mevsiminde yapılabilmektedir. Çinko (Zn) bitkiler için önemli bir mikro elementtir ve çinko yetersizliği Dünya’da en sık görülen mikro element yetersizliğidir. Çinko yetersizliği bitkinin verim ve kalitesini etkilediği için gıda üretiminin sürdürülebilirliği açısından da önemlidir. Bu mikro element yetersizliğini önlemek için hem topraktan hem de topraktan çinko uygulamaları yapılmaktadır. Bu çalışmada topraktan ( $Zn_{T0}=0$ ;  $Zn_{T1}=10$  ppm;  $Zn_{T2}=20$  ppm;  $Zn_{T3}=30$  ppm) ve yaprakтан farklı dozlarda çinko uygulamalarının ( $Zn_{Y0}=0$ ;  $Zn_{Y1}=\% 0.10$ ;  $Zn_{Y2}=\% 0.20$ ;  $Zn_{Y3}=\% 0.30$  3 kez) çinko sülfat formunda ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) marul bitkisinde bazı yaprak besin element içeriklerine etkisinin saptanması amaçlanmıştır. Sonuç olarak; hem toprak hemde yaprak Zn uygulamalarının bitkideki Mg, Zn, Mn ve Cu içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.005$ ) etkiler yaptığı saptanmıştır. Her iki uygulama yönteminde marul bitkisi için  $Zn_{T2}=20$  ppm ve  $Zn_{Y2}=\% 0.20$  önerilebilir.

**Anahtar Kelimeler:** Marul, çinko, gübre, toprak, yaprak, besin elementleri.

### The effect of applications of Zinc (Zn) on some leaf nutrient element contents of lettuce plant (*Lactuca Sativa L.*)

### Abstract

Lettuce (*Lactuca sativa L.*) is a low-calorie, appetizing plant with low protein and fat content. Lettuce is grown both in Turkey and in the world under the open cover. Commercial lettuce production in the Aegean, Marmara and Mediterranean regions can be made in all seasons of the year except June, July and August. Zinc (Zn) is an important micro element for plants and zinc deficiency is the most common micro element insufficiency in the world. Zinc insufficiency is also important for the sustainability of food production since it affects the yield and quality of the plant. In order to prevent the insufficiency of this micro element, zinc application from both soil and foliar applications are used. In this study, it was aimed to determine the effect of zinc applications on some leaf nutrient element contents in lettuce plant at different doses from soil ( $Zn_{T0}=0$ ;  $Zn_{T1}=10$  ppm;  $Zn_{T2}=20$  ppm;  $Zn_{T3}=30$  ppm) and leaf ( $Zn_{Y0}=0$ ;  $Zn_{Y1}=0.10\%$ ;  $Zn_{Y2}=0.20\%$ ;  $Zn_{Y3}=0.30\%$  as three times) in the form of  $Zn SO_4 \cdot 7H_2O$ . As a result, the effects of the increasing doses of both soil and foliar applications on Mg, Zn, Mn and Cu contents of lettuce plant were determined to be statistically significant differences ( $P<0.05$ ). In terms of both soil and foliar Zn applications  $Zn_{T2}=20$  ppm and  $Zn_{Y2}=0.20\%$  can be recommended for Zn contents of lettuce plant.

**Keywords:** Lettuce, Zinc, fertilizer, soil, leaf, nutrient elements.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Salata ve marul yaprağı yenen düşük kalorili ve iştah açıcı özelliği olan sebzeler arasında yer almaktadır. Protein ve yağ oranları yok denecek kadar azdır ve nişasta içermezler. Ancak iyi bir vitamin A ve C kaynağıdır. Yapraklarında antosiyanin içeren renkli yapraklı tipler karotenoidlerce zengindir. Bu nedenle salata ve marul kalp ve dolaşım sistemi sağlığı bakımından büyük öneme sahip antioksidan özelliği yüksek olan sebzelerdir. Ülkemizde çok eski yıllardan beri yetiştirilen yedikule tipi marullar A ve C vitaminleri bakımından diğerlerine göre daha zengindirler. Fakat Yedikule marulları son zamanlarda daha az

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (535) 290 6548

E-posta : [bulent.yagmur@ege.edu.tr](mailto:bulent.yagmur@ege.edu.tr)

Geliş Tarihi : 11 Mayıs 2021

Kabul Tarihi : 09 Haziran 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.936190

yetiştirilmekte ve kısa bir süre pazarlarda görülmektedir (Eşiyok; 2012). Diğer taraftan diyet sebze olan salata ve marul yaprakları %94-95 oranında su içermektedir. Besleyici değerinin diğer sebzelere göre düşük olduğunun belirtilmesi yanında 100 g taze salata ve marul yaprağının 6-8 mg askorbik asit, 1-15 g ham protein, 0.2-0.4 g yağ ve 1.5-2.5 g karbonhidrat, 330 i.u. vitamin A 20-25 mg kalsiyum, 40 mg fosfor ve 1.5 mg demir içerdiği bildirilmektedir (Vural ve ark., 2000).

Baş salata ve marul (*Lactuca Sativa* L.) ülkemizde ve dünyanın birçok ülkesinde, açıkta ve örtü altı tarımında ekonomik olarak yetiştirilebilen sebzeler arasında yer almaktadır. Gün geçtikçe artan sebze ihtiyacının karşılanabilmesi için; üretim ve kaliteyi artıran, erkencilik ile yıl içindeki sebze yetiştiriciliğinin her bölgede devreye girmesi büyük katkılar sağlayacaktır. Özellikle ülkemizde baş salata ve marul üretimi özellikle 1985-1990 yıllarında artış göstermiştir (Karataş ve ark., 1995). Ülkemizde salata ve marulun ticari boyutlardaki üretimi Ege, Marmara ve Akdeniz bölgelerinde Haziran ve Ağustos arasındaki aylar hariç yılın her mevsiminde yapılabilmektedir. Ancak en fazla gelir sağladığı Aralık-Şubat ayları üretimi Ege ve Güney bölgelerinde açık tarla koşullarında, diğer bölgelerde ise sera ve tünel altında yapılmaktadır (Vural ve ark., 2000). Ayrıca seralarda sürekli aynı türlerin yetiştirilmesi toprak yorgunluğuna yol açmaktadır. Bu nedenle marul sonbaharda diğer türlere alternatif olabilecek bir sebzedir. Ülkemizde yaklaşık 30.000 ha sera alanında %96'sı biber, patlıcan, domates ve marul gibi sebzeleri yetiştirmek üzere kullanılmaktadır (Sevgican, 1999).

Marul toprak isteği bakımından seçici olmamakla birlikte kumlu-tın ve killi-tın bünyeli pH'nın 6-7 olduğu organik maddece ve bitki besin maddece zengin su tutma kapasitesinin iyi olduğu topraklarda kaliteli bir üretim oluşturmaktadır. Ağır karakterli ve derin olmayan topraklarda verim azalır ve bitki gelişimi yavaş olur. Özellikle toprak asitliği ve tuzluluğa karşı da çok hassastır (Eşiyok, 2012).

Tohum ekimi ve fide dikiminden önce toprak yapısına bağlı olarak dekara 3-5 ton çiftlik gübresi verim, kaliteyi olumlu etkiler. Özellikle hasat dönemine yakın verilen aşırı azotlu gübrelerin bitki yapraklarında biriken nitritin insan vücudunda olumsuz etki yaptığı saptanmıştır. Bu nedenle toprak analiz sonuçlarına ve kaldırılan ürüne göre gübreleme yapılmalıdır. Yapılan bir çalışmada kışlık üretimle dekardan 4500 kg ürün ile 26.2 kg N, 2.4 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 31.1 kg K<sub>2</sub>O, 7.1 kg Ca ve 1.0 kg Mg, yazlık üretimle 5800 kg ürün ile 22.4 kg N, 1.5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 44.8 kg K<sub>2</sub>O, 62 kg Ca ve 1.7 kg Mg topraktan kaldırmaktadır. Salata ve marul üretiminde toprak koşullarına ve yetiştirme dönemine bağlı olarak üreticiler dekara 15 kg N, 10 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve 15 kg K<sub>2</sub>O uygulamaktadırlar. Marul ve salatalarda verim birim alandan sebze olarak hasat edilen pazarlanabilir bitki sayısı olarak belirlenmekte, pazarlama adet olarak yapıldığı için verimde adet olarak verilmektedir. Aile işletmelerinde bir dekar alandan ortalama 7000-8000 adet marul elde edilirken, örneğin damla sulama yapılarak yetiştirilen Yedikule marul çeşidinde 5000-6000 adet olarak pazarlanabilir marul elde edilmektedir. Pazarlanabilir marul adedi; yetiştirme dönemi, bitki sıklığı ve çeşit özelliğine bağlı olarak değişmektedir (Eşiyok, 2012).

TÜİK (2021) verilerine göre ülkemizde 500151 ton marul (kıvırcık, göbekli, iceberg) üretilmekte, bunun 5747 tonu ihraç edilmektedir. Gerek ürün miktarının arttırılmasının, gerekse kalitenin iyileştirilmesinin en başta gelen şartı bitkilerin yeterli ve dengeli bir şekilde beslenmeleridir. Ülkemiz tarım alanlarında yıllardır tek taraflı N, P, K'lı kimyasal gübrelerin kullanılması, gübre ve ilaç bayilerinin önerdiği gübrelerin kullanılması, birim alandan alınan ürünün miktarının artması, yıkanma ile besin maddesi kayıpları, yeşil gübre ve çiftlik gübre kullanımının giderek azalması, toprak ve bitki analizlerine dayalı olmayan bilinçli bir gübreleme programının uygulanamaması, konvansiyonel (geleneksel) tarım yöntemlerinin sürdürülmesi gibi nedenlerle topraklarımızda bitki besin maddeleri dengesi giderek bozulmakta ve mikro elementlerin bitkilere faydalılığı azalmaktadır. Bunun bir sonucu olarak da son yıllarda dünyada ve ülkemizde yoğun şekilde tarım yapılan alanlarda mikro besin elementlerinden özellikle Zn (Çinko) noksanlığı görülmektedir (Çakmak ve ark., 1996; Torun ve Çakmak, 2004). Çinko noksanlığı kurak ve sıcak koşullarda pH, kireç, kil içeriğinin yüksek olduğu alanlarla birlikte düşük organik maddeye sahip, yıkanmanın fazla olduğu ve aşırı P uygulanan topraklarda görülmektedir (Marschner, 1997). Topraklar toplam Zn miktarı yönünden çok zengin olmasına rağmen sorun toprakta Zn'un bitki köklerinde kolaylıkla alınamamasıdır (Çakmak ve ark., 1996).

Çinko bitki metabolizmasında, fizyolojisinde, biyokimyasal işlevlerinde çok önemli görevi olan bir mikro besin elementidir (Marschner, 1997). Çinko'nun indolasetik asitin (IAA) bitki büyüme konilerinde sentezlenmesi için gerekli olduğu, bu hormonun eksikliğinde, bitkinin boğumlar arası mesafesinin kısalarak bitki büyüme ve gelişmesini geriletmediği bildirilmektedir. Ayrıca noksanlığında bitkilerde düşük gibberellin miktarı belirlenmiştir (Bergmann, 1993).

Çinko (Zn) protein ve karbonhidrat metabolizmasında önemli fonksiyonları yanında, biyolojik membran stabilitesine etkinliği, enzim aktivite etme yeteneği, oksin sentezi gibi fonksiyonları nedeni ile direkt olarak verimi ve kaliteyi etkileyen bir mikro elementtir (Marschner, 1997; Mousavi ve ark., 2013)

Çinkonun yaprak, toprak ve katkılı kompoze gübre şeklinde olan uygulamalarının birçok kültür bitkilerinde hem verime hem de kaliteye olumlu yönde etkili olduğu yapılmış çalışmalarda saptanmıştır (Yağmur ve Aydın, 2013; Aydın ve ark., 2007; Hakerlerler ve ark., 1999; Eşiyok ve ark., 2001; Çakmak ve ark., 1996).

Çevresel etkenler yanında, bitkisel faktörler de (bitki çeşidi, kökü, yaşı, yaprak yapısı gibi) bitkilerin Zn beslenmesini belirlemede önemli bir faktördür (Mohsin ve ark., 2014). Bu bağlamda marul, çinko eksikliğine çok duyarlı ürünler arasında bulunmaktadır (Marschner, 1997).

Alaşehir yöresi bağ topraklarının çoğunda Zn eksikliği saptanmış bağ ve marulun gelişme parametreleri ve mineral beslenmesi ile Zn arasında önemli ilişkiler bulunmuştur (Aydın ve ark., 2007; Yağmur ve Aydın, 2013). Bu saptamaların ışığında sunulan araştırma; Manisa ili Alaşehir ilçesinin belediye serasında yetiştirilen marul bitkisine topraktan ve yapraktan farklı dozlarda çinko uygulamalarının bazı makro ve mikro element (Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu) içerikleri üzerine etkisini saptamak amacıyla gerçekleştirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Deneme Manisa ile Alaşehir ilçesi belediye arasında kontrollü olarak gerçekleştirilmiştir. Deneme materyali marul bitkisi yörede yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan mor marul (*Lactuca Sativa* L.) çeşididir. Yüksekliği 25 cm genişliği 30 cm olan 32 adet silindirik plastik saksılarda yürütülen denemede, saksılara tartılarak doldurulan toprak Zn noksanlığı (0.48 ppm) saptanan üretici tarlasından alınmıştır. Saksılara önce 2 marul fidesi dikilmiş daha sonra 1 bitki bırakılmıştır. Çizelge 1’de deneme toprağının fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları verilmiştir. Denemede her bir saksı 6 kg toprak + 30 g perlit olacak şekilde doldurulmuş ve her saksıya 15:15:15 kompoze gübresinden (temel gübre olarak) 5g olacak şekilde saksı toprağıyla birlikte homojen şekilde karıştırılarak verilmiştir. Deneme tesadüf parselleri desenine göre, topraktan ve yapraktan Zn uygulamaları şeklinde 4 seviyeli ve 4 tekerürlü gerçekleştirilmiştir. Topraktan çinko (Zn) uygulamaları çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) formunda tek seferde temel gübreleme olarak dikim zamanında ( $Zn_{T0}=0$ ;  $Zn_{T1}=10$  ppm;  $Zn_{T2}=20$  ppm;  $Zn_{T3}=30$  ppm); yapraktan çinko uygulamaları ise üç kez 20 gün ara ile yine çinko sülfat ( $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ ) formunda ( $Zn_{Y0}=0$ ;  $Zn_{Y1}=\%0.10$ ;  $Zn_{Y2}=\%0.20$ ;  $Zn_{Y3}=\%0.30$ ) verilmiştir. Topraktan ve yapraktan uygulamada kontrole uygulamasına Zn’lu gübre uygulanmamış, sadece yapraktan uygulamada, kontrol saksılarındaki bitkilere su püskürtülmüş, diğer saksılardaki bitkilere ise yukarıdaki seviyelere göre Zn’lu çözeltiler verilmiştir. Saksılara verilen su miktarı başlangıçta su tutma kapasitesinin % 60’ı olarak tartılmak suretiyle uygulanmış, vejetasyon döneminde su tutma kapasitesinin %80’ine ulaşmıştır. Marul bitkisindeki yaprak örnekleri olgunlaşma döneminde olgun, sağlıklı yapraklardan alınmıştır (Mills and Jones, 1996; Kacar ve İnal, 2008). Yaprak örnekleri önce çeşme daha sonra saf suda yıkanarak ön temizlikleri yapılmıştır. 65-70°C de kurutma dolabında kurutulan örnekler öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Analize hazır hale getirilen örneklerde yaş yakma yöntemi (Nitrik ve Perklorik asitle (1:4) uygulanarak elde edilen bitki ekstraktlarında bitkinin Ca içeriği alev fotometresinde, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri ise AAS (Atomik Absorbsiyon Spektrofotometre) cihazında okunarak saptanmıştır (Mills ve Jones, 1996; Kacar ve İnal, 2008). Araştırmada kullanılan toprak örnekleri laboratuvarında uygun koşullarda kurutulduktan sonra 2 mm’lik elekten geçirilip fiziksel ve kimyasal analizleri uluslararası yöntemlere göre saptanmış, (Jackson, 1962; Çağlar, 1949; Bouyocous, 1955; Bremner, 1965; Lindsay ve Norvell, 1978; Kacar, 2009) Çizelge 1’de denemede kullanılan toprağın bazı fiziko- kimyasal analiz sonuçları verilmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesinde TARİST paket programı kullanılmıştır (Açıkgöz ve ark., 1993).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziko-kimyasal analiz sonuçları

Analiz	Birim	Sonuç		Analiz	Birim	Sonuç	
pH		7,55	Hafif alkali	Alınabilir Fosfor	(ppm)	4,43	Yetersiz
Toplam Tuz	(%)	0,032	Tuzsuz	Alınabilir Potasyum	(ppm)	185	Yetersiz
Kireç	(%)	3,85	Kireçli	Alınabilir Kalsiyum	(ppm)	2360	Yeterli
Kum	(%)	68,40		Alınabilir Magnezyum	(ppm)	275	Yeterli
Silt	(%)	24,00		Alınabilir Sodyum	(ppm)	25	Problemsiz
Kil	(%)	7,60		Alınabilir Demir	(ppm)	6,23	Yeterli
Tekstür		Kumlu-Tın		Alınabilir Bakır	(ppm)	1,27	Yeterli
Organik Madde	(%)	1,84	Fakir	Alınabilir Çinko	(ppm)	0,48	Yetersiz
Toplam Azot	(%)	0,070	Orta	Alınabilir Mangan	(ppm)	7,50	Yeterli



## Bulgular ve Tartışma

Topraktan ve yapraktan uygulanan çinkonun (Zn) farklı dozlarının marul bitkisinin bazı makro (Ca, Mg) ile bazı mikro element (Fe, Zn, Mn ve Cu) içeriklerine ait ortalama değerler ve ortalamalar arasındaki farkların LSD testi ile kontrolü Çizelge 2’de verilmiştir

Çizelge 2 incelendiğinde topraktan Zn uygulamalarının; marul bitkisinin Mg, Zn ve Mn içerikleri üzerine, yapraktan Zn uygulamalarının ise marul bitkisinin Zn ve Cu içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $P<0.05$ ) etkiler yaptığı belirlenmiştir. Buna karşın her iki uygulama da bitkinin Ca ve Fe içerikleri ile topraktan Zn uygulamasının bitkinin Cu, yapraktan Zn uygulama ise bitkinin Mn içerikleri üzerine istatistiksel olarak etkili olmadığı gözlenmiştir.

Marul bitkisine topraktan Zn uygulamaları sonucunda elde edilen ortalama Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri sırasıyla %1.30-1.52; %0.51-0.62; 327.8-412.4ppm; 61.3-75.8 ppm; 61.8-82.0 ppm ve 13.0-14.2 ppm arasında değişmiştir. Buna karşılık yapraktan Zn uygulamaları ile marul bitkisinin Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu değerleri sırasıyla %1.17-1.28; %0.68-0.72; 325.4-367.7 ppm; 58.2-79.5 ppm; 66.8-75.0 ppm ve 11.3-12.4 ppm arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 2). Fe ve Mn hariç en yüksek ortalama değerler genelde  $Zn_{T2}$  (20 ppm) ile  $Zn_{Y2}$  (%0.20) uygulamalarından elde edilmiştir. Demir besin elementi dışında çinko uygulanmayan kontrol saksılarda en düşük değerler saptanmıştır (Çizelge 2). Marul bitkisinin Mg, Zn ve Mn içerikleri üzerine topraktan Zn uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuş ve kontrol uygulamasına göre artışların olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Yapraktan Zn uygulamalarının ise Zn ve Cu içeriklerine etkisinin istatistiki olarak önemli ( $P<0.05$ ) olduğu ve kontrol uygulamasına göre önemli artışların olduğu saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge- 2. Topraktan ve yapraktan çinko (Zn) uygulamalarının marul bitkisinin bazı makro ve mikro besin element içeriklerine (kuru madde de) etkisi

UYGULAMALAR		Ca (%)	Mg (%)	Fe (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	Cu (ppm)
TOPRAK UYGULAMALARI	$Z_{T0}$	1.30	0.51 b*	<b>412.4</b>	61.3 c	61.8 b	13.0
	$Z_{T1}$	1.33	0.61 a	410.6	68.0b	72.1 ab	13.1
	$Z_{T2}$	<b>1.52</b>	<b>0.62 a</b>	360.8	<b>75.8 a</b>	76.1 ab	<b>14.2</b>
	$Z_{T3}$	1.43	0.62 a	327.8	71.2 ab	<b>82.0 a</b>	13.1
Ortalama		1.39	0.89	377.9	69.1	73.0	13.4
LSD ( $P<0.05$ )		n.s	0.087	n.s	3.91	12.28	n.s
YAPRAK UYGULAMALARI	$Z_{Y0}$	1.17	0.68	<b>367.7</b>	58.2 c	66.8	11.3 b
	$Z_{Y1}$	1.18	0.72	366.8	62.2 bc	70.0	12.3 a
	$Z_{Y2}$	<b>1.28</b>	<b>0.72</b>	341.9	<b>79.5 a</b>	72.0	<b>12.4 a</b>
	$Z_{Y3}$	1.23	0.72	325.4	69.6 ab	<b>75.0</b>	12.4 a
Ortalama		1.27	0.71	350.5	67.4	70.9	11.6
LSD ( $P<0.05$ )		ns	n.s	n.s	3.91	n.s	0.899

\*Aynı kolonda farklı harfle gösterilen ortalamalar arası fark istatistiksel olarak 0.05 seviyesinde önemlidir. n.s = Önemli değil.

Topraktan Zn’lu gübre uygulamasının marul bitkisinin Zn ve Mn içeriklerine, yapraktan Zn’lu gübre uygulamasının ise bitkinin Zn ve Cu içerikleri etkisi istatistiksel olarak önemli bulunurken, topraktan Zn’lu uygulamasının marul bitkisinin Fe ve Cu içerikleri üzerine, yapraktan Zn’lu uygulamasının ise marul bitkisinin Fe ve Mn içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli etkili olmadığı görülmektedir. Bitkide en yüksek Zn içeriğinin her iki uygulama yönteminde Zn’un ikinci dozunda  $Zn_{T2}$  (20 ppm) ve  $Zn_{Y2}$  (%0.20) elde edildiği belirlenmiştir. İstatistiksel olarak önemli olmasa da uygulamalar ve artan Zn dozları bitkinin Mn ve Cu içeriğini arttırmıştır. Topraktan ve yapraktan Zn uygulamalarında marul bitkisi yapraklarının en yüksek Fe içeriği kontrol uygulamasında belirlenmiş, her iki yöntemde de uygulanan Zn dozlarının artışı yaprakların Fe içeriğinde azalmaya sebep olmuştur. Bu durumun Fe Zn arasındaki etkileşimin bir sonucu olduğu

söylenbilir. Bununla beraber değişik araştırmacılar tarafından marul bitkisi için önerilen Fe kriter değerleri ile araştırmada saptanan Fe içerikleri kıyaslandığında Fe beslenmesi yönünden herhangi bir sorunun olmadığı belirlenmiştir.

**Trivedi ve Dhumal (2013)** soğanın verim ve kalite parametreleri üzerine Hindistan'da 27 deneme kombinasyonunun topraktan ve yapraktan Zn ve Fe uygulamalarının etkisi incelemek için yaptıkları çalışmada Zn'yu topraktan 45t/ha olarak yapraktan 2,4-D (3ppm) ile birlikte vermişlerdir. Soğanın gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine Zn uygulamasının Fe'den daha etkili olduklarını bildirmişlerdir.

**Mohsin ve ark. (2014)** hibrit mısırın gelişimi, dane kalitesi, verimliliği üzerine tohum uygulaması (%1-%2 Zn solüsyon) ile yaprak uygulamasını (%1-%2 Zn) yalnız ve kombinasyonları şeklinde 3 tekrarlamalı tesadüf blokları deneme desenine göre yaptıkları çalışmada mısırın dane verimi, bitki boyu, hasat indeksini ve Zn içeriğini yaprak uygulamasının daha etkili olduğunu saptamışlardır. Buna karşın dane protein içeriğinin ise uygulamalarının azalttığını bulmuşlardır.

**Olesegun ve ark. (2014)** Zambiya Alfasil topraklarında mısır ve buğday gelişimi üzerine Zn'un toprak (0-10-20-30 ve 40 kg Zn ha<sup>-1</sup> ZnSO<sub>4</sub> olarak) ve yaprak (0-1-2-4-8 kg Zn ha<sup>-1</sup>) uygulamalarının etkisini saptamak için tarla denemesi kurmuşlardır. Sonuçta verimi topraktan Zn uygulamaları arttırırken, dane Zn içeriğini ise yapraktan Zn uygulamalarının arttırdığını bulmuşlardır.

**Hakerlerler ve ark. (1999)**'da topraktan (0-100-200-300-400-500g ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O/ağaç) ve yapraktan 3 kez Zn uygulayarak (0-%0.05-%0.10-%0.15 - %0.20 ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O) incirde yaptıkları çalışmada topraktan uygulamanın sürgün uzunluğunu, boğum sayısını ve meyve sayısını arttırdığını saptamışlardır. **Aydın ve ark. (2007)** yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidine topraktan (0-15-30-45g ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O/omca) ve yapraktan 3 kez çinko sülfat uygulayarak (0-% 0.025-%0.050-%0.10 Zn) yaptıkları çalışmada taze meyve verimini, meyve eni ve boyunu, 100 tane ağırlığını, toplam eriyebilir kuru madde miktarını, yaprağın N, P, K ve Zn içeriklerini her iki uygulamanın da olumlu yönde etkilediğini saptamışlardır. Omca başına en yüksek verim topraktan 30 g ZnSO<sub>4</sub>7H<sub>2</sub>O/omca ile yapraktan %0.05 Zn uygulamalarından sağlanmıştır.

**Moghadam ve ark. (2012)** İran'da buğdayda (*Triticum aestivum*) verim ve verim komponentleri üzerine yapraktan Zn, B ve Cu uygulamalarının (0.1 ve 2.0lt/ha) etkisini araştırmışlardır. Özellikle bor ve çinko uygulamalarının verim ve 1000 dane ağırlığına pozitif etki yaptığını bulmuşlardır.

Olgunlaşma döneminde marul bitkisinin yapraklarında makro elementlerden Ca için ; %1.0-%1.80; >%0.88; %1.4-2.0 ; % 0.92; %2.30-3.50 referans değerlerini, **Winsor ve Schwarz, (1990)**; **Hakerlerler ve ark. (1992)**; **Reuter ve Robinson (1986)**; **Anonim (1992)**; **Mills ve Jones (1996)** bildirmişlerdir. Hem topraktan hem yapraktan Zn uygulamalarının bitkinin Ca içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamakla birlikte marul bitkisi yapraklarının Ca içeriği **Winsor ve Schwarz, (1990)**, **Hakerlerler ve ark.(1992)** ve **Anonim (1992)** tarafından önerilen kriter (referans) değerler ile kıyaslandığında elde edilen değerlerin verilen bu referans değerler arasında olduğu belirlenmiştir.

Olgunlaşma döneminde bitkinin Mg referans değerleri; %0.24-0.48; %0.25; %0.30-0.70; %0.32 olarak **Winsor ve Schwarz, (1990)**; **Hakerlerler ve ark.(1992)**; **Reuter ve Robinson (1986)** ve **Anonim (1992)** tarafından verilmektedir. Hem topraktan hem yapraktan Zn uygulamaları sonucunda marul bitkisinin Mg içerikleri, farklı araştırmacılar tarafından verilen tüm referans (sınır) değerlerinin arasında veya üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 2).

Bitkide her iki makro element için (Ca ve Mg) elde edilen verilerin toprak analiz sonuçları ile uyumlu olduğu, bitki beslenmesi açısından Ca ve Mg besin element içerikleri bakımından herhangi bir sorun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1).

**Winsor ve Schwarz (1990)** tarafından olgunlaşma döneminde marul bitkisi yapraklarındaki Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri için sırasıyla; >50 ppm; 30-330 ppm; 50-200 ppm ve 10-25 ppm referans değerleri önerilmektedir. **Hakerlerler ve ark. (1992)** ise bitkinin yapraklarında >55.9 ppm; >30.0 ppm; >22.0 ppm ve > 5.0 ppm Fe, Zn, Mn ve Cu değerlerini bildirmişlerdir. **Reuter ve Robinson (1986)**'a göre; 50-500 ppm Fe; 25-150 ppm Zn; 30-200 ppm Mn ve 10-25 ppm Cu sınır değerleri verilmektedir. **Mills ve Jones (1996)**'ya göre Fe için 50-100 ppm; Zn için 25-250 ppm; Mn için; 15-250 ppm ve Cu için 8-25 ppm kriter değerleri bildirilmektedir.

Çizelge 2'den de görüleceği gibi her iki uygulama metodunda da marul bitkisi yapraklarının Fe, Zn, Mn ve Cu içerikleri farklı araştırmacılar tarafından verilen kriter (referans) değerler ile karşılaştırıldığında genellikle bu değerler ile uyumlu olduğu ve bitkinin mikro besin element içeriği bakımından herhangi bir beslenmesi

sorununun olmadığı söylenebilir (Winsor ve Schwarz, 1990; Hakererler ve ark., 1992; Reuter ve Robinson, 1986; Mills ve Jones, 1996).

Ünsal ve ark. (2008) yaptıkları çalışmada alkalın topraklarda humik asit (0-40 kg da<sup>-1</sup>) ve çinko (0-2-4 kg da<sup>-1</sup> çinko sülfat olarak) uygulamalarının iki farklı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinin tane ve gövdesindeki bazı besin element içeriklerine etkisini araştırmışlardır. Humik asit ve çinko uygulamalarında tane ve gövde de Fe ve Zn içerikleri artarken çalışmamızda Fe içerikleri kontrole göre azalmaktadır (Çizelge- 2).

Hasani ve ark. (2012) nar meyvesinin verim, kalite (toplam suda erir kuru madde, titre edilebilir asitlik, antosiyan indeksi, yaprak alanı, meyve çapı) ve yapraktaki besin element içerikleri üzerine yapraktan çinko sülfat ve mangan sülfat uygulamalarının (0.%0,3 ve %0.6) etkisini belirlemek için yaptıkları çalışmada, %0.3 çinko sülfat uygulamasının daha etkili olduğunu saptamışlardır. Yapraktan Zn uygulaması ile araştırmamıza benzer şekilde yapraktaki Zn içeriği artmıştır. Buna karşın Mn içeriği çalışmamızdan farklı olarak azalmıştır. En uygun kombinasyon %0.6 mangan sülfat ile %0.3 çinko sülfat önerilmektedir. Çeşitli araştırmacılarının topraktan ve yapraktan Zn uygulayarak ıspanakta, buğdayda, mısırdada ve marulda yaptıkları araştırmalarda da çalışmamıza benzer şekilde yapraktaki Zn içeriğinin arttığı saptanmıştır (Aref, 2011; Ranjbar ve Bahmaniar, 2007; Eşiyok ve ark., 2000).

## Sonuç

Bu çalışmada, sera koşullarında saksıda topraktan ve yapraktan çinko (ZnSO<sub>4</sub> 7H<sub>2</sub>O) uygulayarak yetiştirilen marul bitkisinde belli dozda Zn'lu gübreleme ile bazı yaprak besin element içeriklerinde artışların sağlandığı, topraktan ve yapraktan Zn uygulamalarının bitkinin Mg, Zn, Mn ve Cu içerikleri üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etkiler yaptığı saptanmıştır Her iki uygulamada da marul bitkisinin Ca, Mg, Zn ve Cu içeriğine Zn<sub>T2</sub> ve Zn<sub>Y2</sub> (20 ppm; %0.20) seviyelerinin, Mn içeriği üzerine ise Zn<sub>T3</sub> ve Zn<sub>Y3</sub> dozlarının (Zn<sub>T3</sub>=30 ppm; Zn<sub>Y3</sub>=%0.30) daha etkili olduğu saptanmıştır.

## Kaynaklar

- Açıkgöz N, Akkaş MKE, Maghaddom A, Özcan K, 1993. TARIST, PC'ler için istatistik kantitatif genetik paketi. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 133, 15-19 Ekim, Konya.
- Anonim, 1992. IFA World fertilizer usual manuel. International fertilizer industry association, Paris. Printed in Germany.
- Aref F, 2011. Zinc and boron content by maize leaves from soil and foliar application of zinc sulfate and boric acid in zinc and boron deficient soils. Middle-East Journal of Scientific Research 7(4): 610-618
- Aydın Ş, Yağmur B, Hakererler H, Çoban H, 2007. Effects of different types and levels of zinc sulphate applications in vineyard (*Vitis vinifera* L.) in a semiarid environment. Asian Journal of Chemistry 19(1): 555-563.
- Bergmann W, 1993. Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Gustav Fischer Verlag Jena, Stuttgart.
- Bouyoucos GJ, 1955. A recalibration of the hydrometer methods for making mechanical analysis of the soils. Agronomy Journal, 43:434-438.
- Bremner JM, 1965. Total Nitrogen (Methods of Soil Analysis Part II, C.A. Black et al). American Soc. of Agr. Inc. Pub. Madison, Wisconsin, USA, pp. 1149-1176.
- Çağlar KÖ, 1949. Toprak Bilgisi. Annkara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Sayı:10. Ankara.
- Çakmak İ, Torun B, Erenoğlu B, Kalaycı M, Yılmaz A, Ekiz H, Braun HJ, 1996. Türkiye'de toprak ve bitkilerde çinko eksikliği ve bitkilerin çinko eksikliğine dayanıklılık mekanizmaları. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20:13-23.
- Eşiyok D, 2012. Kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği. Meta Basım Matbaacılık, İzmir. 410s.
- Eşiyok D, Yağmur B, Duman İ, Bozokalfa MK, 2000. çinko katkılı ve katkısız kompoze gübrelerin ıspanağın verim ve mineral madde içeriğine etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 37 (2-3):101-108.
- Hakererler H, Aydın Ş, İrget ME, Aksoy U, Tutam M, 1999. The effect of soil and foliage applied zinc on yield and quality of fig (*Ficus carica* L.cv sarılop) for drying, 5th International Meeting Type of Climate, p. 1071, July 4-9, Spain.
- Hakererler H, Anaç D, Gül A, Saatçı N, 1992. Topraksız yetiştirme ortamlarının sera koşullarında yetiştirilen marulun azot fraksiyonlarına ve besin maddeleri miktarına etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 29(2-3):87-94.
- Hasani M, Zamani Z, Savaghebi G, Fatahi R, 2012. Effects of zinc and manganese as foliar spray on pomegranate yield, fruit quality and leaf minerals. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 12(3):471-480.
- Jackson ML, 1962. Soil chemical analysis. Prentice Hall. Inc., New York.
- Kacar B, 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım (Genişletilmiş II. Baskı) No: 1387. Ankara, 467s.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki analizleri. Nobel yayınları. Yayın No: 1241. Fen Bilimleri,892. Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara, 892s.

- Karataş A, Akıncı İE, Akıncı S, Türkmen Ö, 1995. Açık arazi ve yüksek tünelde güz dönemi yetiştiriciliğine elverişli boş salata ve marul çeşitlerinin belirlenmesi. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, (3):295-299, 3-6 Ekim, Adana.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42:421-428.
- Marschner H, 1997. Mineral nutrition of higher plants. Institute of plant nutrition, University of Hohenheim. Academic Press. Inc., Sandiego, CA 9210, Germany. p. 889.
- Mills HA, Jones JB, 1996. Plant Analysis Handbook II. Micro-Macro Publishing, Inc., Georgia, USA.
- Moghaddom MJ, Sharifabad HH, Noormohamadi G, Motahar SYS, Siadat SA, 2012. the effect of zinc, boron and copper foliar application, on yield and yield components in wheat (*Triticum aestivum*). Annals of Biological Research, 3(8):3875-3884.
- Mohsin AU, Ahmad AUH, Farooq M, Ullah S. 2014. Influence of zinc application through seed treatment and foliar spray on growth, productivity and grain quality of hybrid Maize. The Journal of Animal & Plant Sciences, 24(5):1494-1503.
- Mousavi SR, Galavi M, Rezaei M, 2013. Zinc (Zn) importance for crop productiona review. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4(1):64-68.
- Olesegun A, Yerokun A, Chirwa M, 2014. Soil and foliar application of zinc to maize and wheat grown on a Zambian Alfisol. African Journal of Agricultural Research, 9(11):963-970.
- Ranjbar GA, Bahmaniar, MA, 2007. Effects of soil and foliar application of zn fertilizer on yield and growth characteristics of bread wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Asian Journal of Plant Sciences 6(6):1000-1005.
- Reuter D, Robinson JB, 1986. Plant analysis an inter pretation manual. Melbourne, Sydney, p.211.
- Sevgican A, 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği Cilt I, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Basımevi, 302 s., İzmir.
- Torun B, Çakmak B, 2004. Orta Anadolu Bölgesi'nde çinko noksanlığı. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım-Sanayi-Çevre, 521-534, 11-13 Ekim, Tokat.
- Trivedi AP, Dhumal KN, 2013. Dhumal, Effect of soil and foliar applications of zinc and iron on the yield and quality of onion (*Allium cepa* L.) Bangladesh J. Agril. Res. 38(1):41-48.
- TUİK, 2021. www.tuik.gov.tr. Erişim tarihi: 24.04.2021.
- Ünsal H, Tüfekçi Ş, Gürbüz Kılıç Ö, 2008. Alkalin topraklarda humik asit ve çinko uygulamalarının iki farklı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşidinin tane ve gövdesindeki bazı besin element içeriklerine etkisi. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübreleme Kongresi, 465-475, 8-10 Ekim, Konya.
- Vural H, Eşiyok D, Duman İ, 2000. Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme), E.Ü. Basımevi, İzmir 440 s.
- Winsor G, Adams P, 1987. Glasshouse Crops, (3):119-125.
- Winsor GW, Schwarz ZM, 1990. Soilless culture for horticultural crop production. FAO Plant Production and Protection Papaer, No. 101, 188p.
- Yağmur B, Aydın Ş, 2013. Toprakta ve yaprakta çinko uygulamalarının marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin gelişmesi ve bazı mineral madde kapsamı üzerine etkisi. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 23(2):36-43.



# Organik atık ve polimer uygulamalarının toprakta doğrusal uzama katsayısı ve hacimsel büzülme değeri üzerine etkileri

Zerrin Civelek\* Nutullah Özdemir

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Atakum- Samsun

## Özet

Topraklarda ıslanma kuruma süreçleriyle meydana gelen şişme büzülme olayları toprak çatlamlarına neden olarak bitki köklerinin zarar görmesine ve toprakta su kayıplarına yol açmaktadır. Bu çalışma kumlu tın ve killi tın tekstürüne sahip topraklarda buğday samanı, fındık zürufu, hümik asit ve PAM uygulamalarının toprakta COLE çubuk (doğrusal uzama katsayısı) ve hacimsel büzülme değerleri üzerine olan etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür. Bölünen bölünmüş parseller deneme düzeninde yürütülen bu çalışmada, buğday samanı (%0, 2, 4), fındık zürufu (%0, 2, 4), hümik asit (0, 200 ve 1000 ppm) ve PAM (0, 30 ve 90 ppm) topraklara 3 farklı dozda üç tekrarlamalı olarak uygulanmıştır. Beş aylık inkübasyon periyodundan sonra saksılarda buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Buğday bitkisinin hasadından sonra topraklarda yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda, toprakların COLE-çubuk değerlerinin 0.024-0.140 aralığında; hacimsel büzülme değerlerinin ise 6.86-43.17 aralığında değişim gösterdiği; organik düzenleyici ve polimer uygulamalarının toprakların doğrusal uzama katsayısı ve hacimsel büzülme değerlerini düşürdüğü tespit edilmiştir. Etkinliğin killi tın tekstüründeki toprakta daha belirgin olduğu, 2. doz uygulamasının diğer dozlara göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik atık, hümik asit, PAM, COLE-çubuk, hacimsel büzülme.

## Effect of organic waste and polymer applications on COLE-rod and volumetric shrinkage of soils

### Abstract

Swelling and shrinkage events that occur with wetting and drying processes in soils cause soil cracking, damage to plant roots and water loss in the soil. This study was carried out to determine the effects of wheat straw, hazelnut slag, humic acid and PAM applications on COLE-rod (coefficient of linear extensibility) and volumetric shrinkage parameters in soils with sandy loam and clay loam textures. In this study carried out in a split plots trial design were used with wheat straw (0, 2, 4%), hazelnut slag (0, 2, 4%), humic acid (0, 200 and 1000 ppm) and PAM (0, 30 and 90 ppm) applied to soils with three repetition. After a five month incubation period, wheat plants were grown in pots. Swelling-shrinkage parameters in soils were analyzed after the harvest of the wheat plants. The COLE-rod and volumetric shrinkage values of the soils were determined between 0.024-0.140 and 6.86-43.17, respectively. The results indicate that organic conditioner and polymer applications to soils reduce the values of COLE-rod and volumetric shrinkage. In addition, it was determined that the regulating activity was higher in clay loam textured soil and the second dose application was more effective than the other doses.

**Keywords:** Organic waste, humic acid, PAM, COLE-rod, volumetric shrinkage.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Topraklar mekaniksel bileşim, kil içeriği, kil tipi, organik madde kapsamı gibi temel özelliklerine bağlı olarak birbirini izleyen ıslanma ve kuruma süreçlerine bağlı olarak genişleme ve büzülme süreçlerine maruz kalırlar. Şişme büzülme süreci içinde profil derinliğinde ortaya çıkan çatlamlar; bitki köklerinin ve genç fidelerin zarar görmesine, toprağın su ve hava dengesinin olumsuz etkilenmesine, nem kaybının artmasına, sulama suyunun etkinliğinin azalmasına ve toprakta strüktürel durumun kötüleşmesine neden olmaktadır (Sönmez ve Öztaş, 1988; Dengiz ve Gürsoy, 2019). Şişme olayı; topraktaki kilin yüzdesine, mineralojik yapısına ve bu minerallerin toprak içerisindeki konum veya yönelimine bağlı olarak değişebilmektedir. Yine,

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (543) 878 9904

E-posta : zrrnCVLK@outlook.com

Geliş Tarihi : 27 Nisan 2021

Kabul Tarihi : 04 Haziran 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.928758



değişebilir katyonların tabiatı, karbonatların miktarı, su içeriği, strüktür, suyun kimyasal niteliği ve kil taneleri arasındaki çimentolayıcı bağlar gibi pek çok faktörden etkilenmektedir. Bu nedenle, hiçbir özellik tek başına tüm toprakların şişme-büzülme durumlarını tam olarak tahmin edebilmek için yeterli değildir. Şişme-büzülme davranışının belirlenebilmesi için fiziksel, kimyasal ve mineralojik toprak özelliklerinin birlikte değerlendirilmesinde yarar vardır (Thomas, 1998). Doğrusal uzama katsayısı (COLE-çubuk), toprağın şişme-büzülme kapasitesinin bir ölçüsü olarak ifade edilmektedir (Grossman ve ark., 1968). Ayrıca toprağın şişme-büzülme potansiyelinin değerlendirilmesinde, hacimsel büzülmeden de yararlanılabilir. Hacimsel büzülme, bir toprağın tarla kapasitesi veya herhangi bir nem değerinin büzülme limitindeki nem değerine azalması durumunda toprak hacminde meydana gelen değişimi ifade etmektedir (AASHTO, 2001). Toprakların şişme ve büzülme potansiyeli üzerinde kil mineralojisi, toprak suyunun kimyası, toprağın strüktürü, toprağın emme gücü, plastisite, kuru birim hacim ağırlığı, başlangıçtaki nem durumu ve nem değişimleri etkili olmaktadır (Nelson ve Miller, 1992).

Toprakta şişme ve büzülme potansiyeli üzerinde etkili olan bileşenlerin etki ya da katkı derecelerinin ortaya konulması uygun bir bitki gelişim ortamının oluşturulması, su kayıplarının azaltılması ve erozyonun kontrolü ile uygun bir arazi yönetiminin seçilmesi açısından oldukça önemlidir. Toprak organik maddesi ve sentetik polimerler bu doğrultuda önemli etki ya da katkılara sahip olabilirler (Yakupoglu, 2010; Özdemir ve ark., 2017). Organik materyaller toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etkiler oluşturmaktadır. Toprağın iyi bir strüktürel yapı kazanması, agregatların dayanıklı hale gelmesi, toprağın su tutma ve iletim özelliklerinin düzelmesi, daha iyi havalanması ve iyi bir tav durumunu muhafaza etmesi gibi fiziksel özellikler geniş ölçüde toprağın organik madde içeriği ile yakından ilişkilidir (Ertop, 2002). Ağır yapı topraklarda yumuşak ve geçirgen bir yapının oluşturulması, toprağın işlenebilmesi için uygun bir kıvamın kazandırılması oldukça önemlidir. Bu konuda hümik asit önemli katkılar sağlayabilmektedir. Hümik asit ilavesi toprağın solunum ve su tutma kabiliyetini, tohumun çimlenme oranını artırır. Kil içeriği düşük topraklarda, kurak bölgelerde ve suyu tutmanın mümkün olmadığı kumlu alanlarda bu özellik büyük önem taşımaktadır (Benz ve ark., 1998; Ay, 2015).

Fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından bozulmaya uğramış olan topraklarda yapıyı iyileştirmek için üst toprak içerisine organik materyallerin karıştırılması yaygın yol olarak tercih edilmektedir. Ancak toprak ıslahında fazla miktarda organik girdiye ihtiyaç duyulması ve söz konusu organik materyallerin topraktaki ayrışma periyodunun uzun olması bu alanda organik kökenli sentetik toprak düzenleyicilerinin alternatif olarak kullanımını gündeme getirmiştir. Bu konuda yapılan araştırmalarda, sentetik polimerlerin toprak yüzeyine çok düşük dozlarda uygulanmasının bile yapısal stabiliteyi arttırmada, mekaniksel özellikleri iyileştirilmede pozitif etkiler yapabileceği genel bir sonuç olarak ortaya konulmuştur (Bryan, 1992; Sojka ve Lentz, 1994; Imbufe ve ark., 2005).

Bu çalışmada topraklara organik atık ve sentetik düzenleyici uygulamalarının doğrusal uzama katsayısı (COLE-çubuk) ve hacimsel büzülme değerleri üzerine etkileri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra deneme alanından ve Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra uygulama arazisinden alınmıştır. Çalışmada organik düzenleyici olarak buğday samanı ve fındık zürufu, sentetik düzenleyici olarak ise poliakrilamid (PAM) ve hümik asit kullanılmıştır. Kullanılan fındık zürufu Giresun ili Lapa Köyü'nden, buğday samanı Samsun'un Bafra İlçesinden temin edilmiş olup söz konusu organik düzenleyicilere ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere buğday samanı atığının % O.C değeri 53.46, toplam % N içeriği 0.65 ve C/N oranı ise 82.25'tir; fındık zürufu atığının ise % O.C değeri 46.93, toplam % N içeriği 1.86 ve C/N oranı ise 25,23'tür. Uygulanan poliakrilamid (PAM) teknik nitelikli, hümik asit (HA) ise ticari olarak satılan, içerisinde %15 etkin madde içeren materyaldir.

Bölünen bölünmüş parseller deneme düzeninde yürütülen bu çalışmada, buğday samanı ve fındık zürufu bitkisel artıkları öğütüldükten sonra 2mm'lik elekten geçirilerek saksılara konulan toprak örnekleri ile % 0, 2, 4 dozlarını içerecek şekilde homojen bir şekilde karıştırılmıştır. PAM topraklara 0, 30 ve 90 ppm şeklinde, hümik asit ise topraklara 0, 200 ve 1000 ppm şeklinde 3 farklı dozda olmak üzere; suda çözülmüş halde ilk sulamada ilave edilmiştir. Beş aylık inkübasyon periyodundan sonra saksılarda buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Buğday bitkisi ekimden 3 ay sonra hasat edilerek toprak örneklerinde ilgili analizler yapılmıştır.

Çizelge.1. Organik atıklara ait bazı analiz sonuçları

Organik atıklar	pH (1:10)	EC (1:10) (µmhos/cm)	OC (%)	Toplam N (%)	C/N	Kül (%)	P (ppm)
Buğday samanı	5.69	2848.50	53.46	0.65	82.25	7.84	2055.00
Fındık zürufu	6.16	2058.00	46.93	1.86	25.23	19.09	6291.52

OC: Organik karbon

Toprakların tane büyüklük dağılımları Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Gee ve Bauder, 1986); toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5'lük toprak-su süspansiyonunda pH metre ile (Rowell, 1996); elektriksel iletkenlik toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti ile (Bayraklı, 1987); toprakların kireç içerikleri Scheibler kalsimetresi kullanılarak CaCO<sub>3</sub> ile muamele edilen hidroklorik asite bağlı olarak açığa çıkan CO<sub>2</sub> gazı hacminin ölçülmesiyle (Kacar, 1994); organik madde içerikleri organik karbonun oksidasyonu esasına dayanan Walkley-Black yöntemiyle (Nelson ve Sommers, 1982) tespit edilmiştir.

Toprakların COLE-çubuk değerleri doymunluk derecesine yakın neme sahip toprak macunundan bir şırınga yardımıyla hazırlanan yaklaşık 1 cm çap ile 6-10 cm uzunluğuna sahip çubukların boyutundaki değişimden hesaplanmıştır. Çubukların önce nemli sonrada havada kurutulduktan (48 saat) sonraki uzunlukları belirlenmiş ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla COLE-çubuk değeri hesaplanmıştır (Schafer ve Singer 1976).

$$\text{COLE-çubuk} = (\text{Lm-Ld})/\text{Ld}$$

Burada; Lm: Nemli çubuk uzunluğu (cm), Ld: Kuru çubuk uzunluğu (cm).

Toprakların hacimsel büzülme değeri (VS); toprağın başlangıç nem içeriği, büzülme sınırı nem içeriği ve büzülme oranı değerlerinden yararlanarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (ASTM, 1974).

$$\text{VS} = (\text{W1-SS}) * \text{SR}$$

Burada; W1: Toprak macununun başlangıçtaki yüzde nem içeriği, SS: Büzülme sınırı, SR: Büzülme oranı.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS bilgisayar paket programı Duncan çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır (Minitab, 2013).

## Bulgular ve Tartışma

### Denemede Kullanılan Topraklar ve Organik Atıklar

Sera denemesinde kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yapılan analizlerin sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgenin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra uygulama arazisinden (OMÜBUA) alınan toprak örneği orta derecede alkalın reaksiyonlu, kumlu tın bünyeli; Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra deneme alanından (KTAEBDA) alınan toprak örneği ise hafif alkalın reaksiyonlu, killi tın bünyeli bir yapıya sahiptir. Toprakların pH değerleri 8.5'in altında olup topraklarda alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 1993).

Çizelge.2. Araştırmada kullanılan toprakların bazı özellikleri

Topraklar	Tekstür			Tekstür Sınıfı	pH (1:2,5)	EC, dS/m	CaCO <sub>3</sub> , %	OM, %
	Kum, %	Silt, %	Kil, %					
OMÜBUA*	59.42	29.88	10.70	SL	7.96	0.418	17.92	1.06
KTAEBDA**	23.86	42.30	33.84	CL	7.59	0.425	7.24	2.09

\*Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra uygulama arazisi, \*\*Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra deneme alanı, CaCO<sub>3</sub>: Kireç, OM: Organik madde

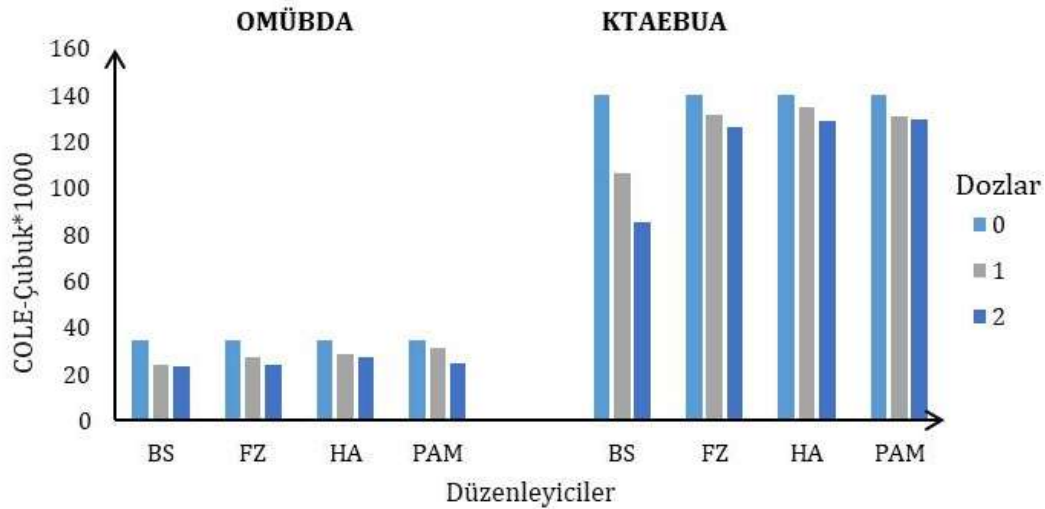
### Doğrusal Uzama Katsayısı (COLE-çubuk)

Deneme konusu topraklara farklı düzeylerde buğday samanı (BS), fındık zürufu (FZ), hümik asit (HA) ve PAM karıştırılıp buğday bitkisi yetiştirilmesinden sonra belirlenen COLE-çubuk değerlerine ilişkin değişimler Şekil.1'de gösterilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden de görüleceği üzere, her dört düzenleyici de toprakların doğrusal uzama katsayısı (COLE-çubuk) değerlerinde belirgin düşüşler sağlamıştır.

Toprakların doğrusal uzama katsayısı değerinde meydana gelen değişimler (düşüşler) yüksek kum ve düşük organik madde içeriğine sahip OMÜBUA grubunda ki topraklarda daha düşük seviyede gerçekleşmiştir. Toprakların COLE-çubuk değerleri ile kireç (-0.943\*\*), pH (-0.558\*\*) ve organik madde (-0.541\*\*) değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Smith ve ark. (1985), Crescimano ve ark.

(1995), Zong ve ark. (2014), Klopp (2015), İslam (2016), Özdemir ve ark. (2016) yaptıkları araştırmalarda topraktaki organik madde miktarı ile COLE-çubuk değerleri arasında önemli negatif ilişkiler olduğunu tespit etmişlerdir. Klopp ve ark., (2019) ise yaptıkları çalışmada ESP (değişebilir sodyum yüzdesi) ve EC değerleri ile COLE-çubuk değeri arasındaki ilişkileri irdelemişlerdir. Çalışma sonucunda en yüksek COLE-çubuk değerinin yüksek ESP ve düşük EC değerinde meydana geldiği ifade edilmiştir. Grossman ve ark., (1968) COLE değerinin  $\geq 0.03$  olduğunda toprakta önemli miktarda "smektit grubu" kil minerallerinin bulunduğunu; bu değer 0.09'u geçtiğinde ise toprakta önemli bir şişme büzülme etkinliğinin olduğunu ifade etmişlerdir. Yukarıdaki değerlendirmeye göre deneme konusu toprakların COLE-çubuk değerleri dikkate alındığında kil içeriği yüksek olan Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra deneme alanı topraklarında önemli düzeyde bir şişme ve büzülme riskinin bulunduğu, organik atık ve düzenleyicilerin bu riski azaltma açısından önemli etkilerinin olduğu ifade edilebilirken, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra uygulama arazisi topraklarında ise önemli bir riskin bulunmadığı söylenebilmektedir.

Deneme topraklarının deneme sonundaki COLE-çubuk değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, COLE-çubuk değerindeki değişimde topraklar, düzenleyici çeşitleri ve uygulama dozlarına ilişkin kareler ortalamasının etkisi ( $p < 0.01$ ) önemli bulunmuş olup buğday samanının etkinliğinin en fazla olduğu, HA ve PAM düzenleyici etkinliklerinin daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca COLE-çubuk değerinde ki değişimler uygulanan materyallerin doz seviyelerinin artmasıyla artmış olup en fazla düşüş en yüksek doz seviyesinde görülmüştür. Söz konusu değişimlere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge.3'te verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere deneme de kullanılan organik ve sentetik düzenleyicilerin COLE-çubuk değeri üzerindeki etkileri bakımından küçükten büyüğe doğru  $BS < FZ < PAM < HA$  şeklinde sıralandıkları belirlenmiştir. Aynı doğrultuda kullanılan düzenleyici dozlarının etkileri dikkate alındığında dozların  $2 < 1 < 0$  şeklinde sıralandığı görülmektedir. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere, kontrole göre COLE-çubuk değerinde en fazla azalma buğday samanının 2. doz uygulamasında killi tın toprak örneğinde gerçekleşmiştir.



Şekil.1. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların doğrusal uzama katsayısı değerleri (BS: Buğday samanı; FZ: Fındık zürufu; HA: Hümik asit; PAM: Poliakrilamid)

Çizelge 3. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların COLE değerleri üzerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Düzenleyiciler	BS	FZ	HA	PAM
COLE-çubuk değerleri	68.94 <sup>a</sup>	80.56 <sup>b</sup>	82.18 <sup>c</sup>	81.74 <sup>c</sup>
Dozlar %	0	1	2	
COLE-çubuk değerleri	87.17 <sup>a</sup>	76.81 <sup>b</sup>	71.09 <sup>c</sup>	

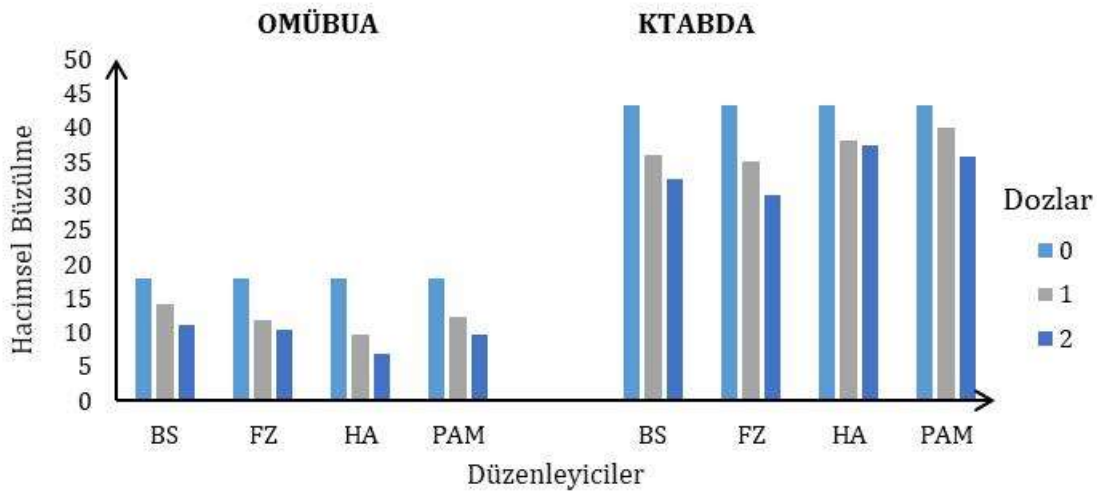
(Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

## Hacimsel büzülme

Deneme konusu topraklara farklı düzeylerde buğday samanı (BS), fındık zürufu (FZ), hümik asit (HA) ve PAM karıştırılıp yetiştirilen buğday bitkisinin hasat edilmesinden sonra topraklarda belirlenen hacimsel büzülme değerine ait değişimler Şekil 2'de gösterilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden görüleceği üzere, her dört düzenleyici de toprakların hacimsel büzülme değerlerinde belirgin düşüşler meydana getirmiştir.

Bu düşüşler kil içeriği yüksek, kireç içeriği düşük ve organik madde içeriği yüksek KTAEBDA toprak örneklerinde daha fazla gerçekleşmiştir. Deneme topraklarının hacimsel büzülme değerleri ile kireç (-0.916\*\*), pH (-0.568\*\*) ve organik madde (-0.572\*\*) değerleri arasında %1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Puppala ve ark. (2000) polipropilen elyafın, Yakupoğlu ve Özdemir (2006) biyokatı ve çay atığının, Malongweni ve ark. (2019) karbonatsız pirinç kabuğu, pirinç kabuğu biyokömürü, işlenmemiş şeker kamışı küspesi ve şeker kamışı küspesi biyokömürü tarımsal artıklarının topraklara uygulanmasıyla toprakların hacimsel büzülme (VS) değerlerinin önemli ölçüde düştüğünü bildirmişlerdir.

Deneme topraklarının deneme sonundaki hacimsel büzülme değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, hacimsel büzülme değerindeki değişimde topraklar, düzenleyici çeşitleri ve uygulama dozlarına ilişkin kareler ortalamasının etkisi ( $p < 0.01$ ) önemli bulunmuş olup fındık zürufunun etkinliğinin en fazla olduğu, PAM düzenleyicisinin etkinliğinin en az olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca hacimsel büzülme değerindeki değişimler uygulanan materyallerin doz seviyelerinin artmasıyla artmış olup en fazla düşüş en yüksek doz seviyesinde görülmüştür. Söz konusu değişimlere ait Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge.4'te verilmiştir. Bu çizelgeden de görüleceği üzere denemede kullanılan organik atık ve sentetik düzenleyicilerin toprakların hacimsel büzülme değeri üzerine etkileri bakımından küçükten büyüğe doğru FZ<HA<BS<PAM şeklinde sıralandıkları kaydedilmiştir. Aynı doğrultuda düzenleyici dozlarının toprakların hacimsel büzülme değerleri üzerine etkileri bakımından 2<1<0 şeklinde sıralandıkları görülmüştür. Bu verilerden de anlaşılacağı üzere kontrole göre hacimsel büzülme değerindeki en fazla azalma fındık zürufunun 2. doz uygulamasında killi tın toprak örneğinde tespit edilmiştir.



Şekil.1. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların hacimsel büzülme değerleri (BS: Buğday samanı; FZ: Fındık zürufu; HA: Hümik asit; PAM: Poliakrilamid)

Çizelge.4. Farklı dozlarda düzenleyici karıştırılan toprakların hacimsel büzülme değerleri üzerine etkilerine ilişkin Duncan testi sonuçları

Düzenleyiciler	BS	FZ	HA	PAM
Hacimsel büzülme değerleri	25,7450 <sup>b</sup>	24,6867 <sup>a</sup>	25,5022 <sup>b</sup>	26,3922 <sup>c</sup>
Dozlar	0	1	2	
Hacimsel büzülme değerleri	30,4967 <sup>a</sup>	24,5863 <sup>b</sup>	21,6617 <sup>c</sup>	

(Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

## Sonuç

Organik ve sentetik düzenleyici uygulamalarının iki farklı tekstür sınıfına sahip toprak örneklerinin COLE-çubuk ve hacimsel büzülme ölçütleri üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada; buğday samanı, fındık zürufu, hümik asit ve PAM uygulamalarının kumlu tın ve killi tın tekstür sınıfına sahip toprak örneklerinin COLE-çubuk ve hacimsel büzülme değerlerini düşürdükleri belirlenmiştir. Düzenleyicilerin etkinlikleri kendi özellikleri ve toprak özellikleri ile uygulama dozuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir. Uygulama dozu arttıkça etkinliğin de arttığı görülmüştür.

Denete göre değişimler dikkate alındığında geneli ile düzenleyicilerin killi tın tekstürüne sahip topraklarda daha etkili oldukları bu durumun muhtemelen organik madde ve kil içeriği arasındaki etkileşimden kaynaklandığı kanaatine varılmıştır. Uygulamada bu hususların dikkate alınmasında yarar vardır.

## Kaynaklar

- AASHTO, 2001. Standard method of test for determining the shrinkage factors of soils. Am. Ass. State Highway and Transport. Officials, T-92-97. Washington, D.C.
- ASTM, 1974. Annual book of ASTM standarts. American Society for Testing and Materials. Part 19: 90-92.
- Ay, F., 2015. Hümik asit ve hümik asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi. Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD), Cilt: 36, 28-51.
- Bayraklı, F., 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 17, Samsun.
- Benz, M., Schink, B., Brune, A., 1998. Humic acid reduction by Propionibacterium freudenreichii and other fermenting bacteria. *Applied Environmental Microbiology*, 64: 4507-4512.
- Bryan R.B, vd., 1992. The influence of some soil conditioners on soil properties: laboratory tests on Kenyan soil samples. *Soil Technologies*, 5(3): 225-247.
- Crescimano, G., Iovino, M., Provenzano, G., 1995. Influence of salinity and sodicity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1701-1708.
- Dengiz, O., & Gürsoy, F. E., 2019. Farklı Pedolojik Özelliklere Sahip Toprakların, Morfolojik, Mineralojik ve Bazı Mühendislik Özellikleri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(1), 1-9.
- Ertop, S. 2002. Organik madde nedir. Topraktaki organik maddenin toprağın organik maddesini arttırma yolları nelerdir. Tez çalışması. Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Gee, G.W., Bauder, 1986. Particle size analysis. In: A. Clute (Ed) *Methods of Soil Analysis. Part I Agronomy No:9 Am. Soc. of Agron. Madison, Wisconsin, USA.*
- Grossman, R. B., Brasher, B. R., Franzmeier, D. P., & Walker, J. L., 1968. Linear extensibility as calculated from natural-clod bulk density measurements. *Soil Science Society of America Journal*, 32(4), 570-573.
- Imbufe, A.U., Patt, A.F., Burrow, D., Surapaneni, A., Jackson, W.R. and Milner, A.D., 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125(3-4): 321-330.
- İslam, E., 2016. Fındık zürufu kompostunun toprak mekaniksel özellikleri üzerine etkisi (Master's thesis, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Kacar, B., 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Eğitim Araş. ve Gel.Vakfi Yay., No:3 Ankara.
- Klopp, H.K., 2015. Soil Salinity and Sodicity Impacts on Soil Shrinkage, Water Movement and Retention. North Dakota State University. M.S. Thes., North Dakota State Univ., Fargo
- Klopp, H. W., Arriaga, F. J., Likos, W. J., & Bleam, W. F., 2019. Atterberg limits and shrink/swell capacity of soil as indicators for sodium sensitivity within a gradient of soil exchangeable sodium percentage and salinity. *Geoderma*, 353, 449-458.
- Malongweni, S. O., Kihara, Y., Sato, K., Tokunari, T., Sobuda, T., Mrubata, K., & Masunaga, T., 2019. Impact of agricultural waste on the shrink-swell behavior and cracking dynamics of expansive soils. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 8(4), 339-349.
- Minitab, Inc. 2013. Minitab 17.1 (Computer Software). State College, PA: Minitab, Inc.
- Nelson J.D, Miller, D.J., 1992. Expansive soils problems and practice in foundation and pavement engineering, John Wiley & Sons, Inc. New York.
- Nelson, D.W., Sommer, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. p.539-579. In A.L. Page (ed) *Methods of Soil Analysis. 2nd ed. ASA Monogr. 9(2). Amer. Soc. Agron. Madison, WI.*
- Özdemir, N., Durmuş, Ö. T. K., Ekberli, İ., & Zorba, İ., 2016. Düzenleyici Uygulamasının Farklı Reaksiyona Sahip Toprakların Bazı Mekanik Özellikleri Üzerine Etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(2), 130-138.
- Özdemir, N., Öztürk, E., & Durmuş, Ö. T. K., 2017. Organik düzenleyici uygulamalarının yapay yağış koşulları altında toprak kaybı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 114.
- Puppala, A. J., Musenda, C., 2000. "Effects of fiber reinforcement on strength and volume change in expansive soils", *Transportation Res. Rec.*, No.1736, 134-140.
- Rowell, D.L., 1996. *Soil Science: Methods and Applications*. Wesley Longman Ltd, Harlow.



- Schafer W .M, Singer M J., 1976. A new method of measuring shrink-swell potential using soil pastes. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 40: 805-806.
- Smith, C.W., Hadas, A., Dan, J., Koyumdjisky, H., 1985. Shrinkage and Atterberg limits in relation to other properties of principal soil types in Israel. *Geoderma* 35, 47-65.
- Soil Survey Staff., 1993. Soil survey manual. IICA CO 631.4 S6831s 1952.
- Sojka, R.E., Lentz, R.D., 1994. Time for yet another look at soil conditioners. *Soil Sci.*, 158: 233-234.
- Sönmez, K., Öztaş T. 1988. Iğdır Ovası yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile mekaniksel özellikleri arasındaki ilişkiler. *Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19 (1-4): 145-153s.
- Thomas, P. J., 1998. Quantifying properties and variability of expansive soils in selected map units (Doctoral dissertation, Virginia Tech).
- Yakupoğlu, T., Özdemir, N., 2006. Erozyona uğramış topraklarda organik atık uygulamalarının bazı mekaniksel özelliklere etkisi. *O.M.Ü Ziraat Fakültesi Dergisi, Samsun*, 21(2):173-178.
- Yakupoğlu, T., 2010. Samsun ili minoz ve gölet havzalarında yaygınlık gösteren toprakların su erozyonuna duyarlılıklarının laboratuvar koşullarında belirlenmesi. *Doktora tezi, OMÜ Fen Bil. Ens., Samsun.*
- Zong Y, Chen D, Lu S, 2014. Impact of biochars on swell-shrinkage behavior, mechanical strength, and surface cracking of clayey soil. *Plant Nutr Soil Sci* 177:920-926.



## Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinin toprak özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkiler

 Abdurrahman Ay\*  Rıdvan Kızılkaya

<sup>1</sup> Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Atakum- Samsun

### Özet

Çalışmada, Ordu ve Giresun illerinde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlardan alınan toprakların biyolojik özellikleri ile bazı fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; Ordu ve Giresun yöresinde fındık yetiştirilen topraklar genel olarak; orta bünyeli, asidik reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz ve yeterli organik madde içeriğine sahiptir. Bununla birlikte, toprakların biyolojik özelliklerinden toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz ve katalaz enzim aktivitesi ile toprakların diğer özellikleri arasındaki ilişkiler araştırılmış, elde edilen sonuçlara göre, toprak biyolojik özelliklerini en fazla etkileyen toprak özelliğinin pH, kireç ve organik madde olduğu belirlenmiştir. Toprak biyolojik özellikleri ile toprak organik madde kapsamı ve pH arasında önemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Analiz sonuçları yöre topraklarının en temel sorunu olan düşük pH değerlerinin optimum düzeye getirilmesi için gerekli uygulamaların yapılması besin elementlerinin alınmasının yanı sıra toprakların biyolojik özellikleri üzerine de olumlu etkiler yapacağını ortaya koymaktadır. Genel olarak toprakların organik madde seviyesi yapılan çalışmada yeterli seviyede olmasına rağmen organik madde içeriğinin toprakların sürdürülebilirliği, toprak kalitesi ve canlılığı açısından çok önemli bir parametre olduğu için muhafaza edilmesi gerekli görülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fındık, Toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, katalaz.

### Relationships Between Soil Properties and Biological Properties of Hazelnut Orchards in Ordu and Giresun Provinces

#### Abstract

In this study, the physico-chemical and biological properties of soils taken from hazelnut cultivation areas in the provinces of Ordu and Giresun were determined and the relationships between the biological properties and the physico-chemical properties of soils were evaluated. Most of the soil samples taken from hazelnut grown areas in Ordu and Giresun region have fine textural class, acidic reaction, non-saline, low lime content, sufficient organic matter content. Biological properties of soils, soil respiration, microbial biomass C, dehydrogenase and catalase activity and other physico-chemical properties of soil between relationship investigated. According to the results, it was determined that the soil properties that affect the soil biological properties are the most important pH, lime and organic matter. Significant positive correlations between soil organic matter content and pH were determined. As a result, it is thought that the applications to eliminate the acidity in the region will have positive effects on the biological properties of soils as well as the intake of nutrients. Although the organic matter level of the soils is sufficient in the study, it is necessary to conservation the organic matter content as an important parameter in terms of soil sustainability, soil quality and viability.

**Keywords:** Hazelnut, soil respiration, microbial Biomass C, dehydrogenase, catalase.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Fındık (*Corylus avellana*) kışın yaprak döken çalılar ve ağaçlar olarak bilinen *Corylus* cinsi bitkiler kapsamında değerlendirilen; bodur ve çalı formunda olan uzun ömürlü bir bitkidir (Özbek, 1978; Köksal, 2002). Fındık bademden sonra dünyada en yaygın yetiştiriciliği yapılan sert kabuklu bir meyvedir. Fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı başlıca ülkeler; Türkiye ilk sırada olmak üzere İtalya, İspanya, ABD, Gürcistan, Azerbaycan, Çin, İran, Şili, Avustralya ve Fransa'dır. Dünya fındık üretimi, 1960'lı yıllarda yaklaşık olarak 250 bin ton iken, son yıllarda bir milyon tona yaklaşmıştır. Dünyada fındık tarımı 950 bin hektarlık alanda yapılmakta ve bu alanın yaklaşık 700 bin hektarı Türkiye'de bulunmaktadır (Anonim, 2017).

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 464 7888

E-posta : [abdurrahman.ay@omu.edu.tr](mailto:abdurrahman.ay@omu.edu.tr)

Geliş Tarihi : 20 Mayıs 2021

Kabul Tarihi : 15 Haziran 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.940159

Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi fındık yetiştiriciliğinde ortalama 400 bin hektarlık üretim alanıyla, toplam alanın yaklaşık %70'ini kapsamaktadır. Bölgede yer alan iller içerisinde en fazla fındık dikim alanına %32 ile Ordu, bunu sırasıyla %17 Giresun ve %9 Trabzon illeri takip etmektedir (TUİK, 2014). Ülkemizde fındık üretim alanları ve miktarı yüksek olmasına karşın, birim alandan elde edilen toplam ürün miktarı diğer ülkelerle kıyaslandığında verimi oldukça düşüktür (Özkutlu ve ark., 2016).

Fındık bitkisi saçak köke sahip bir kültür bitkisi olduğundan dolayı fazla derine gitmemekle birlikte, eğimli arazilerde 80 cm derinliğe kadar ulaşabilmektedir. Toprak isteği olarak fazla seçici değildir fakat toprak pH'sı 6 civarında olan, besin maddelerince zengin, tınlı-humuslu bünyeye sahip ve nispeten daha derin topraklarda daha iyi bir gelişme göstermektedir (Karadeniz ve ark., 2008). İklim, sulama, gübreleme, kültürel uygulamalar, toprak kalitesi gibi birçok faktörün etkili olduğu tarımsal verimlilik çok yönlü şartların optimum oluşması ile sağlanmaktadır. Özellikle kültürel uygulamaların asgari seviyede yapıldığı fındık yetiştiriciliğinde, tarımsal uygulamaların önemi bir kat daha artmaktadır. Ayrıca son yıllarda ülkemizde fındığın tarımsal ürün niteliğinin dışında gıda sanayisine hammadde oluşturması ve katma değerli ürünlere dönüştürülmesi büyük öneme sahiptir. Dörtte üç üretimi ülkemizde gerçekleştirilen bu ürünün verimlilik ve kalite açısından en yüksek değerlere sahip olması da yine ülkemiz tarımsal üretiminden beklenmelidir. Ülkemizin önemli bir ihracat ürünü olan fındığın, verimlilik ve kalite değerlerinin artırılması bölge üreticisinin ekonomik ihtiyaçlarını karşılaması açısından da hayati öneme sahiptir.

Fındık tarımında süreklilik ve verim artışı sağlamak amacıyla birçok çalışma yapılmıştır. Toprakların verimliliğinin artırılmasına yönelik olarak yapılan çalışmalarda genellikle toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmekte olup, bu özellikler arasındaki ilişkiler dikkate alınmaktadır. Ancak, topraklarda fiziksel ve kimyasal değişimlerin meydana gelmesi ve bu değişimlerin saptanması uzun zaman alabilmektedir. Buna karşın, biyolojik ve biyokimyasal değişiklikler toprak içerisinde meydana gelen küçük değişikliklere (bozulma ve erozyon) bile çok hassas olduğu için kısa sürede tespit edilebilmektedir. Sonuç olarak toprak mikrobiyal aktivitesi ekosistemin dengesi ve verimliliği üzerinde doğrudan bir etkiye sahip olduğu için toprağın kalitesi hakkında çok doğru ve hızlı bilgiler verir (Smith ve Papendick 1993). Ayrıca, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mikrobiyal biyokütle ve mikrobiyal aktivite ile etkileşim içerisinde olduğu yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir (Parr ve Papendick 1997; Karaca ve ark., 1998; Kızılkaya ve ark., 1998; Matson ve ark., 1999; Phoenix ve ark., 2006; Lu ve ark., 2010; Cusack ve ark., 2011; Durmuş ve ark., 2011; Kızılkaya ve ark., 2019).

Fındık tarımı, üretici özellikleri ve tarımsal üretim uygulamaları yönünden çok çeşitli ve büyük sorunlara sahiptir. Fakat, verimlilik parametrelerinin bir bütün olarak ortaya koyulması fındık tarımında bulunan sorunların hızlı bir şekilde tespit edilmesini ve bu sorunların çözümüne katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Bu çalışmada, ülkemiz fındık üretim alanlarının yaklaşık olarak %40'nın yer aldığı Ordu ve Giresun illerinde farklı konum ve topoğrafik özelliklere sahip fındık bahçesi topraklarının biyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerin bazı toprak özellikleriyle olan ilişkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Ordu ve Giresun ilinde fındık tarımı yapılan farklı konum ve topoğrafik özelliklere sahip 31 farklı bahçeden alınan toplam 62 adet toprak örneğinde yürütülmüştür. Toprak örneklerinin alındıkları noktalar Şekil 1'de verilmiştir. Toprak örnekleri, toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ile biyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla fındık hasatını takiben 0-20 cm derinlikten Jones (2001) tarafından bildirildiği şekilde alınmıştır.

Toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla yaklaşık 2 kg toprak örneği alınmış, gölgede kurutulmuş, hava kuru hale gelen topraklar tahta tokmak ile dövülerek 2mm'lik elekten elenmiş, analizlere hazır hale getirilmiş ve laboratuvar koşullarında analizler için bekletilmiştir. Toprakların biyolojik özelliklerinin belirlenmesi için alınan taze toprak örnekleri araç buzdolabında (+4°C) laboratuvara nakledilmiş, 2 mm'lik elekten elenmiş ve analiz sırası gelinceye değin laboratuvarda buzdolabında (+4°C) bekletilmiştir.

Alınan toprak örneklerinin; kil, silt ve kum fraksiyonları hidrometre yöntemi ile, toprak reaksiyonu (pH) 1:1 (w/v) toprak : saf su karışımında pH-metre ile, Elektriksel İletkenlik (EC) 1:1 (w/v) toprak : saf su karışımında EC-metre ile, organik madde kapsamı Walkley-Black yöntemi ile, kireç kapsamı (CaCO<sub>3</sub>) Scheibler kalsimetresi ile volümetrik olarak belirlenmiştir (Rowell, 1996).

Alınan toprak örneklerinde, toprakların biyolojik analizleri 3 paralelli olarak yapılmış ve tüm sonuçlar, toprakların nem içeriklerindeki farklılıklar dikkate alınarak kuru toprak cinsinden ifade edilmiştir. Toprak örneklerinin karbondioksit üretim miktarları [Anderson \(1982\)](#) tarafından bildirildiği şekli ile, mikrobiyal biyomas karbon içerikleri [Anderson ve Domsch \(1978\)](#) tarafından bildirilen substrat indirgenme yöntemine göre, dehidrogenaz enzim aktiviteleri [Pepper ve ark. \(1995\)](#) tarafından bildirildiği şekli ile ve katalaz enzim aktiviteleri ise [Beck \(1971\)](#) tarafından bildirildiği şekli ile belirlenmiştir.

Toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde yapılan Pearson korelasyonu ile regresyon analizlerinde SPSS 17.0 paket programı kullanılmış, elde edilen sonuçlar [Yurtsever \(1984\)](#) tarafından bildirildiği şekli ile değerlendirilmiştir.



Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı noktalar

## Bulgular ve Tartışma

Ordu ve Giresun illerinde bulunan fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin tekstür sınıfları, pH, EC, organik madde ve kireç içeriklerine ait analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprakların tekstür sınıfına göre gruplandırılması

Tekstür sınıfı	Ordu (n=32)		Giresun (n=30)		Toplam (n=62)	
	Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%	Örnek sayısı	%
Killi tın	6	18.75	14	46.67	20	32.26
Kumlu killi tın	10	31.25	8	26.67	18	29.03
Kumlu tın	6	18.75	6	20	12	19.35
Killi	8	25	-	-	8	12.90
Tın	2	6.25	2	6.67	4	6.45

Ordu ilinde yer alan fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin %18.75'i killi tın, 31.25'i kumlu killi tın, %18.75'i kumlu tın, %25'i killi ve %6.25'inin ise tın bünyeli olduğu belirlenmiştir. Giresun'da fındık yetiştiriciliği yapılan bahçelerden alınan toprakların %46.67'si killi-tın, %26'sı kumlu killi tın, %20'si kumlu tın, ve geriye kalan %6.67'lik kısmının ise tın bünyeli olduğu belirlenmiştir. Her iki ildeki fındık yetiştiriciliği yapılan toprakların bünye sınıfı birlikte değerlendirildiğinde ise toprakların %87'lik gibi büyük kısmının orta bünyeli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bu bulgular doğrultusunda, Orta ve Doğu Karadeniz bölgesinde yer alan fındık bahçelerinde yürütülen çalışmada benzer sonuçlar elde edilmiş olup bölge topraklarının %75.3'ünün orta bünyeli olduğu bildirilmiştir ([Özyazıcı ve ark., 2016](#)).

Çizelge 2. Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin pH, EC, kireç ve organik madde analiz sonuçları

		Bazı kimyasal özellikler			
		pH (1:1)	EC, dS m <sup>-1</sup>	Kireç, %	Organik madde, %
Ordu (n=32)	Minimum	5.33	0.06	1.08	1.68
	Maksimum	7.89	0.61	69.38	8.18
	Ortalama	6.64±0.8	0.30±0.1	10.49±17.9	4.26 ±1.7
Giresun (n=30)	Minimum	3.92	0.03	0.99	1.62
	Maksimum	7.03	0.87	5.80	22.42
	Ortalama	5.73±0.9	0.42±0.2	1.99±0.9	6.84±5.3
Toplam (n=62)	Minimum	3.92	0.03	0.99	1.62
	Maksimum	7.89	0.87	69.38	22.42
	Ortalama	6.20±1.0	0.36 ±0.2	6,38±13,48	5.51±4.07

Ordu ilinden örnekleme yapılan toprakların pH değerleri 5.33- 7.89 değerleri arasında olup ortalama değer 6.64 olduğu belirlenmiştir. Giresun ilinde ise pH değerleri 3.92-7.03 değerleri arasında olduğu ve ortalama pH değerinin 5.73 olduğu bulunmuştur (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlara göre bölge toprakları genel olarak değerlendirildiğinde büyük kısmının hafif asit karakterli olduğu tespit edilmiştir.

Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin elektriksel iletkenlik (EC) dağılımı sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Örnekleme yapılan fındık bahçesi topraklarının elektriksel iletkenlik değerleri Ordu ilinde 0.06-0.61 dSm<sup>-1</sup> arasında olup ortalama elektriksel iletkenlik değerinin 0.30 dSm<sup>-1</sup> olduğu bulunmuştur. Giresun ilinde ise 0.03-0.87 dSm<sup>-1</sup> aralığında ve ortalama elektriksel iletkenlik değeri 0.42 dSm<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, Ordu ve Giresun illeri topraklarının tamamı tuzluluk bakımından tuzsuz sınıfta yer aldığı belirlenmiştir.

Ordu ilinde yer alan fındık bahçelerinden alınan toprakların organik madde içerikleri %1,68-8.18 aralığında olup ortalama %4.26 olarak bulunmuştur. Giresun ilinde ise organik madde değerleri %1.62-22.42 değerleri arasında ve ortalama organik madde değeri %6.84 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre Ordu ili topraklarının %78'lik kısmının ve Giresun ili topraklarının ise %80'lik kısmının organik madde yönünden yeterli olduğu saptanmıştır (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlara benzer olarak yapılan çalışmalarda da araştırmacılar, yöre topraklarının asit karakterli, tuz içeriği bakımından düşük, az kireçli ve yeterli seviyede organik maddeye sahip olduğunu belirlemişlerdir (Tarakçıoğlu ve ark., 2003; Özkutlu ve ark., 2016).

Çizelge 3. Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin biyolojik analiz sonuçları

Özellik	Ordu			Giresun			Ordu + Giresun		
	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.	Min.	Maks.	Ort.
CO <sub>2</sub> <sup>1</sup>	0.04	0.23	0.12±0.1	0.04	0.31	0.11 ±0.1	0.04	0.31	0.12 ±0.1
MBC <sup>2</sup>	13.73	80.28	58.24 ±14.6	7.51	72.66	40.76 ±18.3	7.51	80.28	49.78 ±18.6
DHA <sup>3</sup>	0.06	2.01	0.52 ±0.4	0.20	1.44	0.42 ±0.3	0.06	2.01	0.47 ±0.4
KA <sup>4</sup>	42.77	141.31	80.98 ±28.4	68.81	347.59	168.75±75.9	42.77	347.59	123.45±72.1

1)CO<sub>2</sub> : CO<sub>2</sub> üretimi (Toprak Solunumu): ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> 2)MBC: Mikrobiyal Biyomas C mg CO<sub>2</sub>-C 100 g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> 3)DHA: Dehidrogenaz aktivitesi, µg TPF g<sup>-1</sup> 24 saat<sup>-1</sup> 4)KA: Katalaz aktivitesi, ml O<sub>2</sub> 1g<sup>-1</sup> 3 dak<sup>-1</sup>

Toprak solunumu, toprak karbon döngüsünün temel bir bileşenini temsil etmekte olup (Raich ve Schlesinger, 1992) toprakta karbon depolanmasının, toprak biyolojik aktivitesinin ve genel toprak kalitesinin bir göstergesidir (Ewel ve ark. 1987; Tufekcioglu ve ark. 2001). Genel olarak, toprak solunumu bitki köklerinin ve toprak mikroorganizmalarının solunumuna bağlıdır. Toprak sıcaklığı ve toprak nemi gibi çevresel faktörlerin, toprak solunumunun mevsimsel dinamikleri üzerinde belirgin bir etkisi olduğu bilinmektedir (Lloyd ve Taylor 1994). Tekstür, organik madde içeriği, kök yoğunluğu ve mikrobiyal biyokütle gibi toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ayrıca toprak solunumunun büyüklüğünü de etkilediği bildirilmiştir (Haynes ve Gower, 1995; Kelting ve ark., 1998; Raich ve Tufekcioglu, 2000).

Ordu ilindeki fındık bahçelerinden alınan toprakların CO<sub>2</sub> üretimi miktarları 0.04-0.23 ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> aralığında olup ortalama CO<sub>2</sub> üretim değeri 0.12 ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Giresun ilindeki toprakların CO<sub>2</sub> üretimi 0.04-0.23 ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> değerleri arasında olup ortalama 0.12 ml CO<sub>2</sub> 100g<sup>-1</sup> 1 saat<sup>-1</sup> olarak belirlemiştir (Çizelge 3).

Mikrobiyal biyomas karbon, toprağın mikrobiyal popülasyonunun toplam kütesinin belirlenmesinde mikroskop veya diğer yöntemlere göre çok daha kolay ve hızlı olması, organik maddenin parçalanmasına etkisi (Powlson ve Brookes, 1987) ve toprakta besin döngüsünün sağlanması açısından önemli olduğu bildirilmiştir (Jenkinson ve Parry, 1989).



Ordu ilinde yer alan fındık bahçelerinden alınan toprakların mikrobiyal biyomas karbon miktarları 13.73-80.28 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> değerleri arasında ve ortalama mikrobiyal biyomas karbon miktarı 58.14 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> olarak hesaplanmıştır. Giresun ilinde ise 7.51-72.66 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> değerleri aralığında olup ortalama mikrobiyal biyomas karbon miktarı 40.76 mg MBC 1 g<sup>-1</sup> kuru toprak 1 saat<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Dehidrogenaz enzimi tüm canlı mikrobiyal hücrelerde hücre içinde oluştukları için (Salazar ve ark., 2011) toprağın genel mikrobiyal aktivitesinin bir göstergesi olarak kullanılırlar (Zhao ve ark., 2010). Ayrıca, dehidrogenaz enzimi toprakta organik substratlardan organik alıcılara hidrojen transfer ederek toprak organik maddesinin biyolojik oksidasyonunda önemli bir oynar (Zhang ve ark., 2010).

Topraklarda yapılan dehidrogenaz enzim aktivitesi sonucuna göre Ordu ilinden alınan toprak örneklerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi 0.06-2.01 µg TPF g<sup>-1</sup> 24 saat<sup>-1</sup> değerleri arasında ve ortalama aktivite değeri 0.52 µg TPF g<sup>-1</sup> 24 saat<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Giresun ili dehidrogenaz enzim aktivitesi 0.20-1.44 µg TPF g<sup>-1</sup> 24 saat<sup>-1</sup> değerleri arasında bulunmuş ve ortalama 0.42 µg TPF g<sup>-1</sup> 24 saat<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

Katalaz enzimi (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>-oksidoreductase, EC 1.11.1.6.), hidrojen peroksitin (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), su ve moleküler oksijene parçalanma reaksiyonunu katalizleyen bir enzimdir. Katalaz enzim aktivitesi, topraktaki aerobik mikrobiyal popülasyonun varlığı ve toprakların verimliliği ile yakından ilişkili olup, intrasellüler yani hücre içi bir enzim olan katalaz enzim tayini toprakta mevcut aerobik mikroorganizma popülasyonunun değerlendirilmesinde indikatör olarak kullanılır (Garcia ve Hernandez, 1997). Hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), canlı organizmaların solunum süreçlerinde ve organik maddenin oksidasyona uğradığı çeşitli biyokimyasal süreçler sonunda oluşmaktadır (Weetall ve ark.,1965; Trevors, 1984).

Fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin katalaz enzim aktivitesi değerleri Ordu ilinde 42.77-141.31 ml O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 3 dak<sup>-1</sup> değerleri arasında olup ortalama katalaz enzim aktivitesi değeri 159.36 ml O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 3 dak<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Giresun ilinden alınan toprak örneklerinin katalaz enzim aktivitesi değerlerinin 68.61-347.59 ml O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 3 dak<sup>-1</sup> aralığında ve ortalama katalaz enzim aktivitesi değerinin ise 168.75 ml O<sub>2</sub> g<sup>-1</sup> 3 dak<sup>-1</sup> olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Fındık bahçelerinden alınan toprakların bazı kimyasal özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla SPSS.17 paket programında korelasyon analizi yapılmıştır. Fındık bahçesi topraklarının bazı kimyasal özellikleri ve biyolojik özellikleri arasındaki lineer korelasyon katsayıları (r) Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. Fındık bahçesi topraklarının bazı biyolojik özellikleriyle kimyasal özellikleri arasındaki korelasyonlar.

n= 62	CO <sub>2</sub>	MBC	DHA	KA
CO <sub>2</sub>	1	0.387**	0.399**	0.246
MBC	0.387**	1	0.172	-0.210
DHA	0.399**	0.172	1	0.126
KA	0.246	-0.210	0.126	1
pH	0.334**	0.275*	0.225	-0.412**
EC	-0.076	-0.380**	-0.071	0.171
OM	0.028	0.108	-0.075	0.396**
CaCO <sub>3</sub>	0.388**	0.231	0.378**	-0.157

Toprak örneklerinin pH değerleri ve kireç içeriğiyle CO<sub>2</sub> üretimi arasında istatistik açıdan 0.01 önem düzeyinde pozitif ilişkiler olduğu tespit edilmiştir. Toprakların CO<sub>2</sub> üretim miktarlarıyla diğer biyolojik özelliklerinden mikrobiyal biyomas karbon miktarı ve dehidrogenaz enzim aktivitesi ile pozitif ilişkiler belirlenmiş olup, bu ilişkilerden 0.01 önem düzeyinde anlamlı ilişkiler olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Fındık bahçesi topraklarının mikrobiyal biyomas karbon miktarının elektriksel iletkenlik değerleri ile arasında negatif ve toprak reaksiyonu (pH) ile arasında ise pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkilerden toprak reaksiyonunun 0.05 önem düzeyinde ve elektriksel iletkenlik değerinin ise 0.01 önem düzeyinde olduğu yapılan korelasyon analizi ile belirlenmiştir (Çizelge 4).

Elde ettiğimiz verilere benzer olarak Skujins (1973) yaptığı çalışmada mikroorganizma sayısı ile dehidrogenaz enzim aktivitesinin ve CO<sub>2</sub> üretimi arasında önemli ilişkiler olduğunu belirlemiş fakat bu ilişkinin sürekli olarak gerçekleşmediğini bildirmiştir. Wang ve ark. (2018) topraklara ilave edilen azotlu gübrelerin uzun vadede bakteri popülasyonunu azalttığını belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra düşük pH ve yüksek elektriksel iletkenlik değerleri ve amonyum konsantrasyonları gibi yoğunlaşmış çevresel streslerde

yine fazla miktarda azot girdilerinde topraklarda mevcut olan mantarlardan ziyade bakterileri engelleyen bir mekanizma olabileceğini bildirmişlerdir.

Yapılan korelasyon analiz sonuçları incelendiğinde, toprakların dehidrogenaz enzim aktiviteleri ile kireç içeriği arasında pozitif ilişki olduğu belirlenmiş olup bu ilişkinin istatistiki açıdan 0.01 önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir. Dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine kireç miktarındaki artışın ve buna bağlı olarak pH artışlarının olumlu etkiler gösterebileceği anlaşılmaktadır (Çizelge 4).

Elde edilen sonuçlara benzer olarak, toprak dehidrogenaz aktivitesi ile pH arasında anlamlı pozitif korelasyonlar bulunduğunu, asit koşulların potansiyel enzim aktivitesini baskıladığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Frankenberger ve Johanson, 1982; Levyk ve ark. 2007; Fernández-Calviño ve ark., 2010). Aynı zamanda maksimum dehidrogenaz aktivitesinin nötr ve hafif alkali toprak şartlarında meydana gelebileceği yapılan çalışmalarla bildirilmiştir (Trevors, 1984; Włodarczyk ve ark., 2002; Ros ve ark., 2003).

Fındık bahçesi topraklarının katalaz enzim aktivitesi ile toprakların kimyasal özelliklerinden pH değerleri ve organik madde içeriği arasında istatistiki açıdan (0.01) önemli ilişkiler olduğu belirlenmiştir. Bu ilişkilerden pH değerinin negatif, organik madde içeriğinin ise pozitif yönde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Elde ettiğimiz verilere benzer olarak Gür (1987), organik madde kapsamının katalaz enzim aktivitesi ile yakından ilişkili olduğunu, alkali ve kireçli topraklarda daha yüksek katalaz enzim aktivitesinin meydana geldiğini belirtmiştir.

## Sonuç ve Öneriler

Ordu ve Giresun illerinde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlardan alınan toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri belirlenerek bunların birbirleri arasındaki ilişkiler değerlendirilmiştir. Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre, Ordu ve Giresun yöresinde fındık yetiştirilen topraklar genel olarak; orta bünyeli, asidik reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz, yeterli organik madde içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analizine göre ise, toprakların biyolojik özellikleri ile toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, kireç içeriği ve organik madde arasında istatistiksel açıdan önemli ilişkiler saptanmıştır. Toprak pH'sı ile toprak solunumu ve mikrobiyal biyomas C arasında önemli pozitif, toprak pH'sı ile katalaz enzim aktivitesi ile arasında negatif, elektriksel iletkenlik ile mikrobiyal biyomas C arasında negatif, kireç içeriği ile dehidrogenaz enzim aktivitesi arasında pozitif ve organik madde ile katalaz enzim aktivitesi arasında pozitif ilişkiler olduğu belirlenmiştir.

Sonuç olarak, yöre topraklarının en temel sorunlarından biri olan düşük pH değerlerinin optimum düzeye getirilmesi için gerekli uygulamaların yapılması ile toprakların biyolojik aktivitesi de optimum düzeye getirilebilir. Kireçleme ve alkalin karakterli gübre uygulamalarının yapılması bu sorunu ortadan kaldırmaya yönelik önlemlerin başında gelmektedir. Genel olarak toprakların organik madde seviyesi yapılan çalışmada yeterli seviyede olmasına rağmen organik madde içeriğinin toprakların sürdürülebilirliği, toprak kalitesi ve canlılığı açısından çok önemli bir parametre olduğu için muhafaza edilmesi gerekli görülmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Abdurrahman Ay'ın Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teşekkür ederiz

## Kaynaklar

- Anderson JP, 1982. Soil respiration. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties, page, A.L. (Ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp 831-871.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. Soil Biology and Biochemistry, 10(3): 215-221.
- Anonim 2017. Kooperatifçilik Genel Müdürlüğü Türkiye Fındık Raporu. <http://koop.gtb.gov.tr/data/5ad06bb9ddee7dd8b423eb23/2017%20F%C4%B1nd%C4%B1k%20Raporu.pdf> (Erişim: tarihi: 06.05.2019).
- Beck TH, 1971. Die messung der katalaseaktivitaet von Böden. Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde, 130(1), 68-81.
- Cusack DF, Silver WL, Torn MS, Burton, SD, Firestone MK, 2011. Changes in microbial community characteristics and soil organic matter with nitrogen additions in two tropical forests. Ecology, 92(3), 621-632.

- Durmuş M, Erkoçak A, Kızılkaya R, Dengiz O, 2011. Alüviyal Araziler Üzerinde Oluşan Farklı Toprakların Katalaz Enzim Aktivitelerindeki Değişimin Belirlenmesi. *Toprak ve Su Sempozyumu*. 25-27 Mayıs, Ankara, 153-159.
- Ewel KC, Cropper WP, Gholz HL, 1987. Soil CO<sub>2</sub> evolution in Florida slash pine plantations. I. Changes through time. *Canadian Journal of Forest Research*, 17(4), 325-329.
- Fernández-Calviño D, Soler-Rovira P, Polo A, Díaz-Raviña M, Arias-Estévez M, Plaza C, 2010. Enzyme activities in vineyard soils long-term treated with copper-based fungicides. *Soil Biology and Biochemistry*, 42(12), 2119-2127.
- Frankenberger Jr WT, Johanson JB, 1982. Effect of pH on enzyme stability in soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 14(5), 433-437.
- Garcia C, Hernández T, 1997. Biological and biochemical indicators in derelict soils subject to erosion. *Soil Biology and Biochemistry*, 29(2), 171-177.
- Gür K, 1987. Toprak Biyolojisi Ders Notları. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları 10, Konya.
- Haynes BE, Gower ST, 1995. Belowground carbon allocation in unfertilized and fertilized red pine plantations in northern Wisconsin. *Tree physiology*, 15(5), 317-325.
- Jenkinson DS, Parry LC, 1989. The nitrogen cycle in the Broadbalk wheat experiment: a model for the turnover of nitrogen through the soil microbial biomass. *Soil Biology and Biochemistry*, 21(4), 535-541.
- Jones, JB 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Crc. doi: 10.1201/9781420025293
- Karaca A, Kızılkaya R, Horuz H, Arcak S, 1998. Fındık tarımı yapılan toprakların biyokimyasal aktivite özellikleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(5), 813-822.
- Karadeniz T., Bostan S. Z., Tuncer C, Tarakçioğlu C, 2008. Fındık yetiştiriciliği. Ordu Ziraat Odası Başkanlığı Bilimsel Yayınlar Serisi No:1, 154, Ordu.
- Kelting DL, Burger JA, Edwards GS, 1998. Estimating root respiration, microbial respiration in the rhizosphere, and root-free soil respiration in forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 30(7), 961-968.
- Kızılkaya R, Arcak S, Horuz A, Karaca A, 1998. Çeltik Tarımı Yapılan Toprakların Enzim Aktiviteleri Üzerine Toprak Özelliklerinin Etkisi. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 4(3), 797-804.
- Kızılkaya R, Dede V, Dengiz O, Ay A, 2019. İlgaç dağlarında farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2), 121-127.
- Köksal İ, 2002. Türk Fındık Çeşitleri. Fındık Tanıtım Grubu Yayınları, Ankara. 136s.
- Levyk V, Maryskévych O, Brzezińska M, Włodarczyk T, 2007. Dehydrogenase Activity of Technogenic Soils of Former Sulphur Mines (Yvaoriv and Nemyriv, Ukraine). *International Agrophysics*, 21(3), 255.
- Lloyd J, Taylor JA, 1994. On the temperature dependence of soil respiration. *Functional ecology*, 315-323.
- Lu X, Mo J, Gilliam FS, Zhou G, Fang Y, 2010. Effects of experimental nitrogen additions on plant diversity in an old-growth tropical forest. *Global Change Biology*, 16(10), 2688-2700.
- Matson PA, McDowell WH, Townsend AR, Vitousek PM, 1999. The globalization of N deposition: ecosystem consequences in tropical environments. *Biogeochemistry*, 46(1-3), 67-83.
- Özbek S, 1978. Fındık Yetiştiriciliği. Özel Meyvecilik. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:128, 286-321, Adana.
- Özkutlu F, Korkmaz K, Özenç N, Aygün A, Şahin Ö, Kahraman M, Ete Ö, Taşkın B, 2016. Ordu-Merkez ilçedeki bazı fındık bahçelerinin mineral beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 77-86.
- Özyazıcı, MA, Dengiz O, Aydoğan M, Bayraklı B, Kesim E, Urla Ö, Yıldız H, Ünal E, 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 31.
- Parr JF, Papendick RI, 1997. Soil quality: relationships and strategies for sustainable dryland farming systems. *Annals of Arid Zone*, 36(3), 181-191.
- Pepper IL, Gerba CP, Brendecke JW, 1995. *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. Academic Press Inc. New York, USA
- Phoenix GK, Hicks WK, Cinderby S, Kuylenstierna JCI, Stock WD, Dentener FJ, Giller KE, Austin AT, Lefroy RDB, Gimeno BS, Ashmore MR, Ineson P, 2006. Atmospheric nitrogen deposition in world biodiversity hotspots: the need for a greater global perspective in assessing N deposition impacts. *Global Change Biology*, 12(3), 470-476.
- Powlson DS, Prookes PC, Christensen BT, 1987. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. *Soil biology and biochemistry*, 19(2), 159-164.
- Raich JW, Schlesinger WH, 1992. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. *Tellus B*, 44(2), 81-99.
- Raich JW, Tufekcioglu A, 2000. Vegetation and soil respiration: Correlations and controls. *Biogeochemistry*, 48(1), 71-90.
- Ros M, Hernandez MT, García C, 2003. Soil microbial activity after restoration of a semiarid soil by organic amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(3), 463-469.
- Rowell DL, 1996. *Soil science: methods and applications*. 3rd Edition Longman. London, UK.

- Salazar S, Sánchez LE, Alvarez J, Valverde A, Galindo P, Igual JM, Peix A, Santa-Regina I, 2011. Correlation among soil enzyme activities under different forest system management practices. *Ecological Engineering*, 37(8), 1123-1131.
- Skujins J, 1973. Dehydrogenase: an indicator of biological activities in arid soils. *Bulletins from the Ecological Research Committee*, (17), 235-241.
- Smith J L, Halvorson JJ, Papendick RI, 1993. Using multiple-variable indicator kriging for evaluating soil quality. *Soil Science Society of America Journal*, 57(3), 743-749.
- Tarakçıoğlu C, 2001. Ordu Yöresinde Yetiştirilen Fındık (*Corylus Avellana* L.) Bitkisinin Beslenme Durumunun Toprak ve Bitki Analizleriyle Belirlenmesi ve Fındık Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, 185, Ankara.
- Trevors JT, 1984a. Effect of substrate concentration, inorganic nitrogen, O<sub>2</sub> concentration, temperature and pH on dehydrogenase activity in soil. *Plant and Soil*, 77(2-3), 285-293.
- Trevors JT, 1984b. Rapid gas chromatographic method to measure H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> oxidoreductase (catalase) activity in soil. *Soil biology and biochemistry*.
- Tufekcioglu A, Raich JW, Isenhardt TM, Schultz RC, 2001. Soil respiration within riparian buffers and adjacent crop fields. *Plant and Soil*, 229(1), 117-124.
- Wang C, Lu X, Mori T, Mao Q, Zhou K, Zhou G, Nie Y, Mo J, 2018. Responses of soil microbial community to continuous experimental nitrogen additions for 13 years in a nitrogen-rich tropical forest. *Soil Biology and Biochemistry*, 121, 103-112.
- Weetall HH, Weliky N, Vango SP, 1965. Detection of Micro-Organisms in Soil by Their Catalatic Activity. *Nature*, 206(4988), 1019.
- Włodarczyk T, Stępniewski W, Brzezińska M, 2002. Dehydrogenase activity, redox potential, and emissions of carbon dioxide and nitrous oxide from Cambisols under flooding conditions. *Biology and Fertility of Soils*, 36(3), 200-206.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel istatistik metodları. Tarım, Orman ve Köyişleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. s.623.
- Zhang N, Xing-Dong H, Yu-Bao G, Yong-Hong L, Hai-Tao W, Ma D, Zhang R, Yang S, 2010. Pedogenic carbonate and soil dehydrogenase activity in response to soil organic matter in *Artemisia ordosica* community. *Pedosphere*, 20(2), 229-235.
- Zhao B, Chen J, Zhang J, Qin S, 2010. Soil microbial biomass and activity response to repeated drying-rewetting cycles along a soil fertility gradient modified by long-term fertilization management practices. *Geoderma*, 160(2), 218-224.

## TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAZIM KURALLARI

**TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ**, bu alanda yeni bulgular ortaya koyan erişilebilir ve uygulanabilir temel ve uygulamalı yöntem ve tekniklerin sunulduğu bir forumdur. Dergi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme alanında yapılmış özgün araştırma makalelerini veya önemli bilimsel ve teknolojik yenilikleri ve yöntemleri açıklayan derleme niteliğindeki yazıları yayınlar. Yazar(lar) makalenin ne tür bir yazı olduğunu belirtmelidir. Dergiye sunulan çalışmanın başka yerde yayınlanmamış (bilimsel toplantılarda sunulan çalışmalar hariç) ve başka bir dergiye yayın için sunulmamış ve yayın hakkı verilmemiş olması gerekir. Buna ilişkin yazılı belge (sorumlu yazar tarafından onaylı) makale ile gönderilmelidir. Makale iyi anlaşılabilir bir Türkçe ile yazılmış olmalıdır. Etik Kurul Raporu gerektiren araştırma sonuçları makale olarak gönderilirken, Etik Kurul Raporu'nun bir kopyası eklenmelidir. Dergiye sunulan tüm çalışmalar, yayın kurulu ve bu kurul tarafından seçilen en az iki veya daha fazla danışman tarafından değerlendirilir. Dolayısıyla, çalışmanın dergide yayınlanabilmesi için yayın kurulu ve danışmanlar tarafından bilimsel içerik ve şekil bakımından uygun bulunması gerekir. Yayınlanması uygun bulunmayan eser yazar(lar)a iade edilir. Danışman veya yayın kurulu tarafından düzeltme istenen çalışmalar ise yazar(lar)a eleştiri ve önerileri dikkate alarak düzeltmeleri için geri gönderilir. Düzeltme istenen makaleler, düzeltme için verilen sürede (30 gün) yayın kuruluna dönmez ise, yeni sunulan bir makale gibi değerlendirilir.

### Makale gönderilmesi

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ ([www.toprak.org.tr](http://www.toprak.org.tr)) adresindeki (<http://dergi.toprak.org.tr>) linkine gönderilen makaleler hızla incelenecek ve değerlendirecek, sonuç yazarlara en kısa sürede bildirilecektir. Makaleler hakkında yapılan değerlendirmeler e-posta yoluyla sorumlu yazara bildirilecektir.

### “Telif Hakkı Devir Sözleşmesi” formu

Sorumlu yazarca imzalanan Telif Hakkı Devir Sözleşmesi formunun dergiye makale sunumu esnasında gönderilmesi gerekmektedir. Yayın transfer formu gönderilmeyen makaleler değerlendirilmeye alınmayacaktır.

### TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAYIN YAZIM KURALLARI

Her çalışma MS Word 2007 (veya daha üst versiyonu) kullanılarak A4 boyutundaki kağıda kenarlarda 2.5 cm boşluk bırakılmış, Times New Roman yazı karakterinde 11 pt 1,5 satır aralıklı ve yaklaşık 20 sayfa ve aşağıdaki düzende olmalıdır. Makale başlık sayfası, Özet, Anahtar Sözcükler, İngilizce Başlık, Abstract, Keywords, Metin, Teşekkür, Kaynaklar, Şekiller (fotoğraf, çizim, diyagram, grafik, harita v.s.) ve Çizelgeler şeklinde sıralanmalıdır.

Yazar(lar) makale hazırlarken derginin web sayfasında bulunan makale örneğinden yararlanabilirler. Bölüm başlıkları da dahil tüm başlıklar küçük harflerle koyu yazılmış olmalıdır. Tüm sayfalar ve satırlar numaralandırılmış (sayfada yeniden) olmalıdır. Türk Dil Kurumu'nun yazım kuralı dikkate alınarak yazılmalı ve Türkçe noktalama işaretlerinden (nokta, virgül, noktalı virgül vb.) sonra mutlaka bir ara verilmiş olmalıdır. Metin içerisinde kısaltma kullanılacak ise ilk kullanıldığı yerde kavramın açık şekli yazılmalı ve parantez içinde kısaltması verilmelidir (katyon değişim kapasitesi (KDK) gibi). Yukarıdaki kurallara uymayan makaleler işleme alınmadan yazar(lar)ına geri gönderilecektir.

### Başlık sayfası

Bu sayfada, a) Makale başlığı (Türkçe ve İngilizce başlıklar yazılmalı; başlık kısa ve konu hakkında bilgi verici ve tümü büyük harflerle yazılmış olmalı ve kısaltmalar kullanılmamalıdır), b) Yazar(lar)ın açık adı (ad ve soyad unvan belirtilmeden küçük harfler ile yazılmalı), c) Çalışmanın yapıldığı üniversite, laboratuvar veya kuruluşun adı ve adresi (sadece ilk harfleri büyük harfle yazılmalı), yazışmalardan sorumlu yazar belirtilmeli ve bu yazarın telefon ile e-posta adresi verilmelidir. Bu sayfadaki tüm bilgiler koyu karakterde yazılmış olmalıdır.

### Ana metin



Makalenin ana metin bölümü, makalenin Türkçe ve İngilizce başlığı ile başlamalı ancak yazar isim ve adres bilgilerini içermemelidir. Daha sonraki bölümler aşağıdaki gibi organize edilmelidir.

**Özet (Abstract):** Her makalenin Türkçe ve İngilizce özeti olmalıdır (paragraf girintisi verilmeden; konuya hakim, kısa ve makalenin bütün önemli noktalarını – niçin, ne ve nasıl yapıldığını, ne bulunduğunu ve bunların ne ifade ettiğini – vurgulayan özet metni yazılmalıdır. Bu bölümde kaynak verilmemelidir. Özet ve Abstract metinlerinin hemen altında sırasıyla Anahtar Sözcükler ve Keywords yer almalıdır. Anahtar sözcüklerin ilk harfleri büyük ve virgül ile ayrılmış, başlığı tekrarlamayan fakat onu tamamlayan özellikte olmalı ve 3-6 sözcükten oluşmalıdır.

### **Giriş**

Bu bölüm makalenin içeriğini ve yapıma nedenini kaynak bilgileri ile açıklayan kısım olup, çalışmanın amacını ve test edilecek hipotezi açık şekilde sunmalıdır.

### **Materyal ve Yöntem** (Alt başlıklar da yapılabilir)

Denemede kullanılan materyal ve yöntemlerin başka araştırmacılar tarafından yinelenmek istemine de cevap verebilmesi için ayrıntılı olarak açıklanmalıdır. Ancak yayınlanmış olanlar varsa kapsamlı açıklamalara girmeden atıfta bulunulabilir. Test edilecek hipoteze yanıt verecek uygun istatistiksel yöntem/yöntemler kullanılmalı ve açıklanmalıdır. Uluslararası SI birim sistemi kullanılmalıdır.

### **Bulgular ve Tartışma**

Bulgular kısa ve açıklayıcı şekilde, çizelgeler ve şekiller ile desteklenerek bu bölümde sunulmalıdır. Özellikle çizelgede sunulan veriler metin içerisinde ve şekillerde tekrarlanmamalıdır. Ancak şekillerdeki önemli veriler metin içerisinde de verilmelidir. Tartışmada elde edilen sonucun önemi, bilime ve uygulamaya katkısı kaynak bilgileri ile tartışılmalı, değerlendirilmeli veya yorumlanmalıdır. İstenirse ayrı bir "**Sonuç**" başlığı düzenlenebilir. Elde edilen sonuçların bilime ve uygulamaya katkısı ve varsa öneriler ile birlikte sonuç kısmında verilebilir.

### **Teşekkür**

Çalışmayı destekleyen kuruluşlar ve çalışmaya emeği geçenler için kısa bir teşekkür yazısı yazılabilir.

### **Kaynaklar**

Kaynak listesi yazar soyadına göre alfabetik olarak düzenlenmelidir. Metin içerisinde ise kaynaklar Yazar-yıl esasına ve tarih sırasına göre (Acar, 1995; Gülser ve ark., 2011; Kızılkaya ve Hepşen 2014) verilmelidir. Aynı tarihli farklı yazarların kaynaklarının bildiriminde alfabetik sıra kullanılmalıdır (Aydın, 2001; Ekberli ve ark., 2001; Özdemir ve ark., 2001). Aynı yazar tarafından aynı yıl içinde yayınlanmış birden fazla kaynak kullanılması durumunda basım yılından sonra kaynak a, b, c gibi harfler ile gösterilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılan kaynakların tümü kaynaklar listesinde bulunmalıdır. Kaynak bölümünde değişik yerlerden alınan kaynakların yazımında aşağıdaki örneklere uyulmalıdır.

### **Dergiden,**

Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine textured-alkaline soils. Arid Land Res. Manag. 26:15-31(Dergilerin uluslararası veya ulusal kısaltmaları verilmelidir)

### **Kongre veya sempozyumdan,**

Gülser C, Ekberli İ, Candemir F, Demir Z, 2011. İşlenmiş bir toprakta penetrasyon direncinin konumsal değişimi. Prof.Dr.Nuri Munsuz Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu, 244-249, 25-27 Mayıs, Ankara.

### **Tezden,**

Kızılkaya R, 1998. Samsun Azot Sanayi (TÜGSAŞ) ve Karadeniz Bakır İşletmeleri (KBİ) çevresindeki tarım topraklarında ağır metal birikiminin toprakların bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

**Kitaptan,**

Arshad MA, Lowery B, Grossman B, 1996. Physical tests for monitoring soil quality. In: Methods for Assessing Soil Quality (eds. Doran JW, Jones AJ), SSSA Special Publication vol. 49. Soil Sci. Soc. Am., Madison, USA, pp. 123–141.

**Elektronik materyalden**

Corwin DL, 2012. Delineating site-specific crop management units: Precision agriculture application in GIS. USDA-ARS, George E. Brown Salinity Laboratory. Available from URL: <http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc05/papers/pap1184.pdf>

**Şekil ve Çizelgeler**

Her bir şekil ve çizelge metin içerisinde atfedilmiş olmalı ve ardışık olarak numaralandırılmalıdır (Şekil 1, Şekil 2 veya Çizelge 1, Çizelge 2 gibi). Şekil ve Çizelgeler ilk sunumda metin içerisinde görülmemelidir, ancak metinden ayrı olarak şekiller bir sayfada, Çizelgeler ayrı bir sayfada sırasıyla verilmeli ve sayfaya dik gelecek şekilde düzenlenmelidir. Şekil başlıkları şeklin altında Çizelge başlıkları Çizelgenin üstünde yazılmalıdır. Başlıklar, şekil ve çizelgedeki her bir hücreyi açıklayıcı kısa ve öz şekilde sadece ilk sözcüğün ilk harfi büyük olarak yazılmalıdır. Şekil ve Çizelgelerde uygulamayı veya uygulama özelliğini ve ortalamalar arasındaki farklılıkları açıklamak için kullanılan kısaltmaların açıklaması mutlaka şekil ve Çizelge altında dipnot olarak verilmelidir.

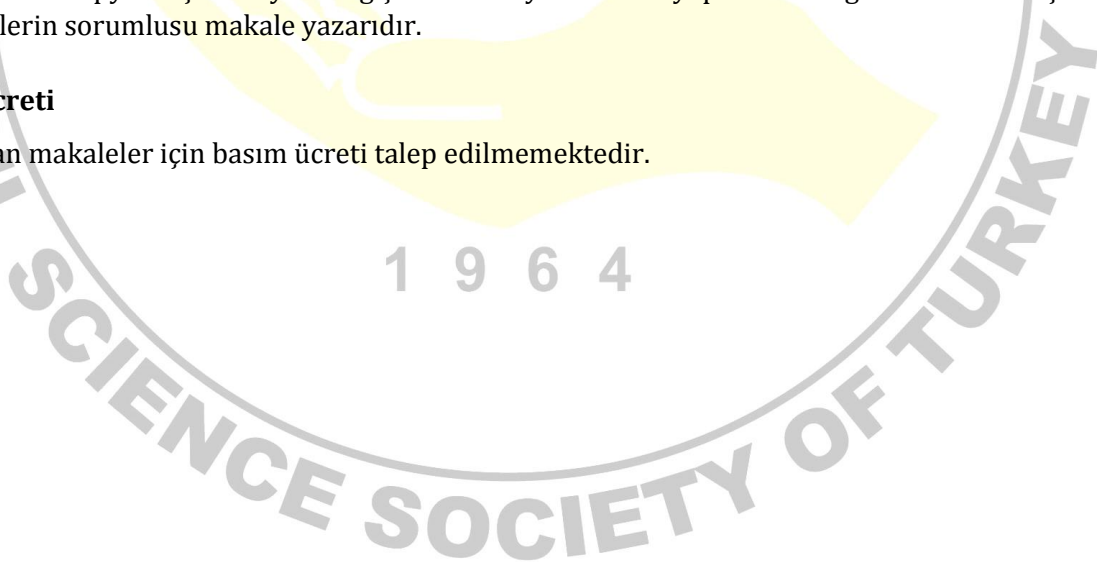
**Kabul Sonrası**

Yayın, basım için kabul edildikten sonra, makalenin basıma hazır hali (proof) sorumlu yazara e-posta ile gönderilir. Ya da derginin web sayfasında bulunan bağlantıyı kullanarak yazar kendi kullanıcı adı ve şifresi ile sistemden PDF dosyasını indirebilir. Yazar gerekli gördüğü düzeltmeleri liste halinde yazarak editöre bildirebilir. Düzeltmeler listelenirken sayfa ve satır numaraları işaret edilir. İlaveten, basıma hazır kopyanın bir çıktısı alınır, üzerinde düzeltmeler yapılır ve e-posta ile gönderilebilir. Basıma hazır kopyada çok büyük değişiklikler veya ilaveler yapılmaması gereklidir. Bu aşamadaki düzeltmelerin sorumlusu makale yazarıdır.

**Basım Ücreti**

Yayınlanan makaleler için basım ücreti talep edilmemektedir.

1 9 6 4





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



## TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ \*

Makale Başlığı :

Yazarlar ve tam isimleri :

Yayıncıdan sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Adresi :

Telefon :

Cep Telefonu :

Faks :

E-posta:

Sunmuş olduğumuz makalenin yazar(lar)ı olarak ben/bizler aşağıdaki konuları taahhüt ederiz:

- Bu makale bizim tarafımızdan yapılmış özgün bir çalışmadır.
- Bütün yazarlar makalenin sorumluluğunu üstleniriz.
- Bu makale başka bir yerde yayınlanmamış ve yayınlanmak üzere herhangi bir yere yollanmamıştır.
- Bütün yazarlar gönderilen makaleyi görmüş ve sonuçlarını onaylamıştır.

Yukarıdaki konular dışında yazar(lar)ın aşağıdaki hakları ayrıca saklıdır:

- Telif hakkı dışındaki patent hakları yazarlara aittir.
- Yazar makalenin tümünü kitaplarında ve derslerinde, sözlü sunumlarında ve konferanslarında kullanabilir.
- Satış amaçlı olmayan kendi faaliyetleri için çoğaltma hakları vardır.

Bunun dışında, makalenin çoğaltılması, postalanması ve diğer yollardan dağıtılması, ancak bilim ve yayın kurulunun izni ile yapılabilir. Makalenin tümü veya bir kısmından atıf yapılarak yararlanılabilir.

Ben/Biz bu makalenin, etik kurallara uygun olduğunu ve belirtilen materyal ve yöntemler kullanıldığında herhangi bir zarara ve yaralanmaya neden olmayacağını bildiririz.

Makaleye ait tüm materyaller (kabul edilen veya reddedilen fotoğraflar, orijinal şekiller ve diğerleri), bilim ve yayın kurulunca bir yıl süreyle saklanacak ve daha sonra imha edilecektir.

Bu belge, tüm yazarlar adına sorumlu yazar tarafından imzalanmalı ve form üzerindeki imza, ıslak imza olmalıdır.

Sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Tarih :

İmza:

\*Makalenin Editörler Kurulunca yayına kabul edilmemesi durumunda bu belge geçersizdir.