



**2023**

Cilt/Volume : **11**

Sayı/Number : **2**

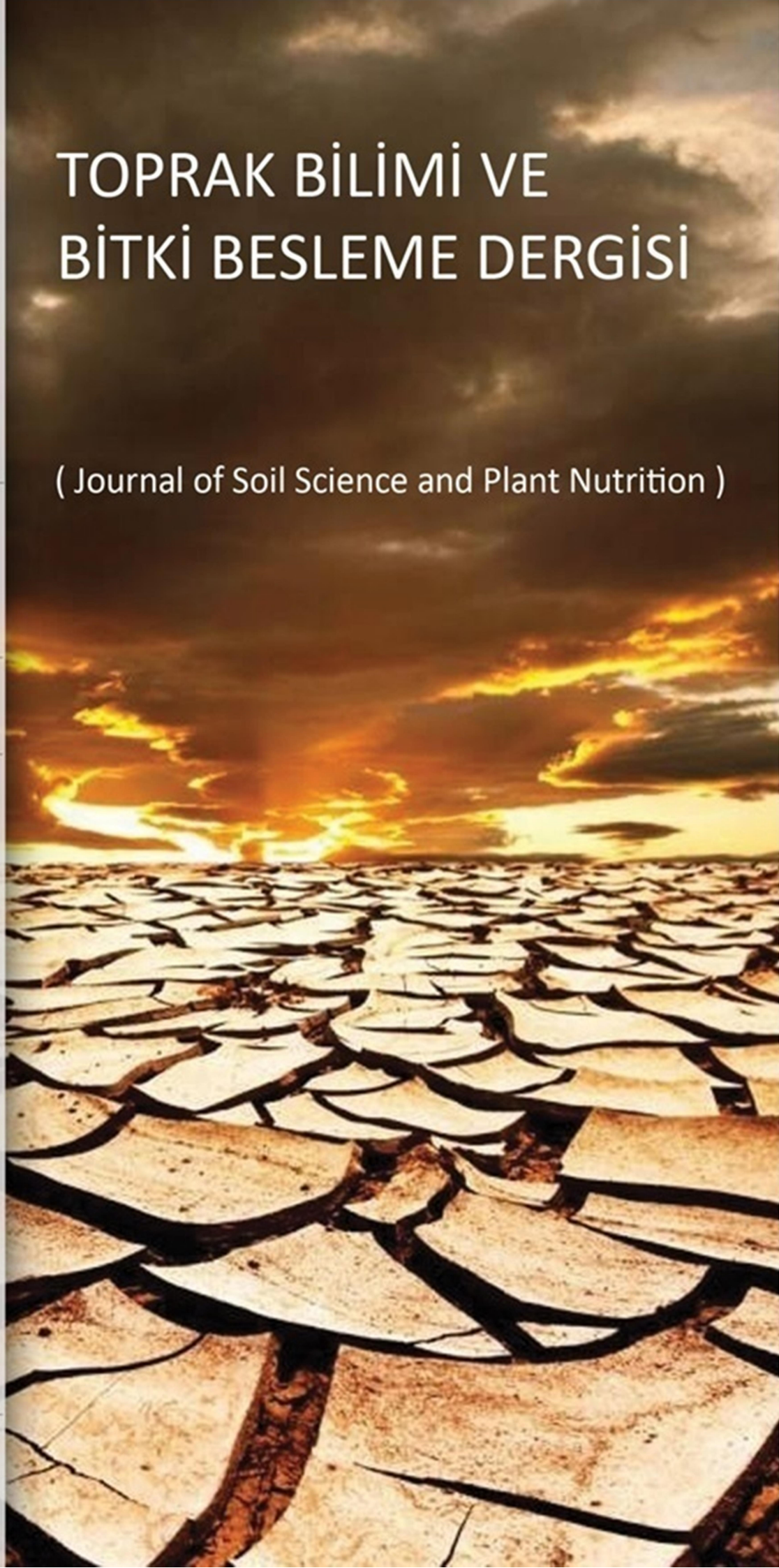
eISSN : 2146 - 8141

[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 Fiziği, 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. Hüseyin Hüsnü KAYIKÇIOĞLU, Ege Üniversitesi, İzmir  
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 fiziği 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** : TR Dizin, CABI, EBSCOHOST, Google Akademik



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2023

CİLT : 11

SAYI : 2

SAYFA : 67 - 170

## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- Çöp kompostunun farklı tekstüre sahip toprakların agregat stabilitesine etkisi** 67  
*Volkan Atav, Orhan Yüksel*
- Kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin aşısız karpuz üretimindeki kullanım etkinliği** 75  
*Ahmet Şafak Maltaş*
- Ardahan iline ait bazı temel coğrafi özelliklerin ve arazi-toprak verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmesi (Kuzeydoğu Anadolu)** 82  
*Volkan Dede*
- Parmak erozyonu süreçlerinin WEPP modeli yaklaşımı ile ince bünyeli topraklar için değerlendirilmesi** 99  
*Şefika Arslan, Selen Deviren Saygın, Fikret Arı, Çağla Temiz, Mehmet Altay Ünal, Günay Erpul*
- Tarımsal kökenli atıkların yavaş pirolizinden elde edilen biyoçarların karakterizasyonu** 111  
*Dennis Elibariki Mawalla, Coşkun Gülser*
- Organik polimer ve bazı tarımsal artık uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve buğday bitkisinde verime etkileri** 122  
*Nutullah Özdemir, Ömrüm Tebessüm Kop Durmuş*
- Model bitki *Nicotiana benthamiana*'da Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının simptom tipleri ve bazı viral proteinlerin araştırılması** 132  
*Murat Güngör, Nazlı Dide Kutluk Yılmaz*
- Edirne ili tarım topraklarının mikrobesein element içerikleri** 144  
*Mehmet Ali Gürbüz, Emel Kayalı, Erdem Bahar, Tuğçe Ayşe Öz*
- Farklı materyallerden elde edilen odun sirkesinin mısır bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi** 154  
*Fadime Sarıtaş, Ayten Namlı*
- Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bazı soğanlı süs bitkilerinin (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl', *Narcissus* 'Mount Hood' ve *Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorm') bitki büyüme kriterlerindeki değişimler** 162  
*Arzu Çığ, Füsün Gülser*



## Çöp kompostunun farklı tekstüre sahip toprakların agregat stabilitesine etkisi<sup>†</sup>

 Volkan ATAV<sup>1\*</sup>,  Orhan YÜKSEL<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü - Kırklareli

<sup>2</sup>Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ

### Öz

Sürdürülebilir tarım uygulamaları toprakların fiziksel özelliklerinin korunmasını ve iyileştirilmesini gerektirmektedir. Bu çerçevede belediye katı atıklarından elde edilen çöp kompostları, birçok ülkede organik toprak düzenleyici olarak tarım alanlarında kullanılmaktadır. Araştırma kapsamında; farklı tekstüre sahip topraklarda çöp kompostunun, toprakların agregat stabilitesi özellikleri üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma, 3 tekerrürlü saksı denemesi kurularak yürütülmüştür. Çöp kompostu, kuru ağırlık üzerinden 0, 5, 10, 15 t da<sup>-1</sup> oranlarında saksılara uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; kompost uygulamaları agregat stabilitesi değerlerini, her üç toprak tipinde de önemli ölçüde arttırmıştır. Özellikle yüksek dozlarda toprakların agregat stabilitesi değerleri daha belirgin bir artış göstermiştir. Kompost uygulaması en yüksek etkiyi, kaba bünyeli yapısı nedeniyle kumlu kil tın tekstüre sahip olan toprakta göstermiştir. Çalışmada, çöp kompostu uygulamalarının, toprakta agregasyonu düzenleyici ve stabilizasyonu artırıcı etkileri gözlemlenmiştir. Bu bulgular, çöp kompostunun farklı tekstüre sahip topraklarda agregasyon üzerine etkisinin olumlu olduğunu ancak etkisinin tekstüre bağlı olarak farklılık gösterdiğini ortaya koymuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Çöp kompostu, toprak tekstürü, agregat stabilitesi.

### Effect of waste compost on aggregate stability of different textured soils

#### Abstract

Sustainable agricultural practices require the preservation and improvement of the physical properties of soils. In this context, waste composts obtained from municipal solid wastes are used as organic soil conditioner in agricultural fields in many countries. In this study, the effect of waste compost on aggregate stability properties of soils with different textures was investigated. The research was conducted by establishing a pot experiment with 3 replications. Compost was applied to the pots at the rates of 0, 5, 10, 15 t da<sup>-1</sup> by dry weight. According to the results of the study; compost applications significantly increased the aggregate stability values in all three soil types. Especially at higher doses, aggregate stability values of soils showed a more significant increase. Compost application showed the highest effect on the soil with sandy clay loam texture due to its coarse structure. In the study, the effects of waste compost applications on regulating aggregation and increasing stabilization in soil were observed. These findings revealed that waste compost has a positive effect on aggregation in soils with different textures, but its effect varies depending on the texture.

**Keywords:** Waste compost, soil texture, aggregate stability.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Artan dünya nüfusu ve bu nüfusun beslenme ihtiyacını karşılayabilmek için tarım alanlarının verimliliğinin korunması büyük öneme sahiptir (FAO, 2017). Toprak, bitkiler için besin kaynağı sağlamanın yanı sıra, su depolama, filtrasyon ve karbon sekestrasyonu gibi hayati ekosistem hizmetleri sunar (Lal, 2004). Ancak, hatalı toprak yönetimi erozyon, tuzluluk ve kimyasal kirlilik gibi ciddi tehditlere yol açmaktadır

\* Sorumlu yazar: Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ<sup>†</sup> (özetli V. Balkan Tarım Kongresi (AGRIBALKAN 2023)'nde sunulmuştur)  
Tel. : 0 544 505 5414 Geliş Tarihi : 24 Ağustos 2023 e-ISSN : 2146-8141  
E-posta : volkan.atav@tarimorman.gov.tr Kabul Tarihi : 23 Kasım 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1349464

(Montgomery, 2007). Sürdürülebilir toprak yönetimi yaklaşımlarının benimsenmesi, toprak kalitesinin korunması için kritiktir (Leeuwen ve ark., 2015).

Toprağın yapısal bütünlüğü, toprağın agregat stabilitesi (AS) ile doğrudan ilişkilidir. AS, toprak parçacıklarının (kum, silt, kil vb.) bir arada tutulma yeteneğini ifade eder ve bu özellik, topraktaki su tutma kapasitesini ve kök büyümesini etkiler (Lal, 1991; Mainuri ve Owino, 2013). Aynı zamanda, stabil agregatlar erozyon riskini azaltır ve toprak verimliliğinin bir göstergesidir (Ditzler ve Tugel, 2002).

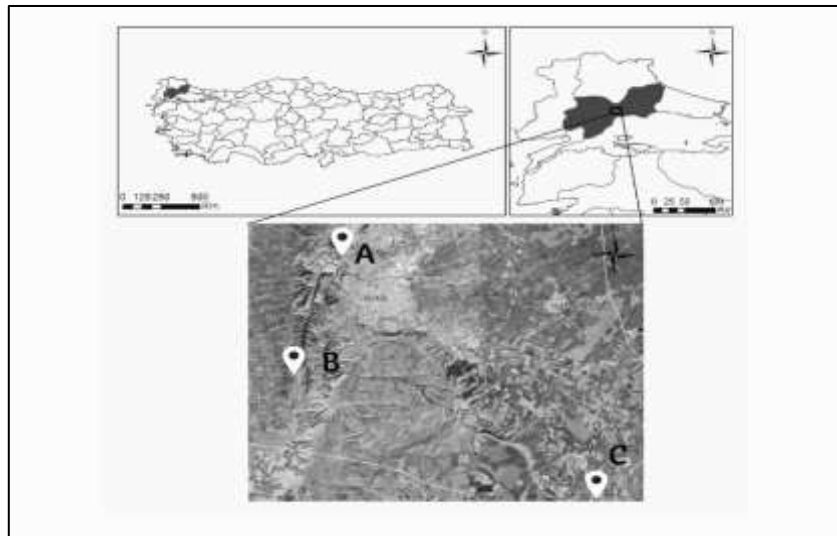
Organik madde (OM) toprağın su tutma kapasitesi, kütle yoğunluğu ve agregat oluşum yeteneğini gibi toprak fiziksel özelliklerini etkileyen önemli bir faktördür (Diacono ve Montemurro, 2006). Yüksek OM içeriğine sahip çöp kompostları da toprağın AS gibi diğer fiziksel özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahiptir (Annabi ve ark., 2007; Hargreaves ve ark., 2008).

Kompostlama; biyokimyasal olarak ayrışabilir özellikteki çeşitli OM'lerin organizmalar tarafından mineralize edilmesi işlemidir (Şahin ve ark., 2018). Kompostlama yöntemi ile geri kazanılan OM'ler toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini olumlu bir şekilde etkileyebilmektedir (Hernandez ve ark., 2015; Westerman ve Bicudo, 2005). Özellikle belediye katı atıklarından elde edilmiş kompostların topraklara uygulamasının suya dayanıklı agregatların oluşumunu teşvik ettiği ve makro gözenek fraksiyonunda artışa yol açtığı gözlemlenmiştir (Yazdanpanah ve ark., 2016). Ancak, çöp kompostunun aşırı kullanımı, toprağın tuz içeriğini artırabilir (Hernandez ve ark., 2015; Yüksel, 2015). Bu nedenle, kompostun dozajının ve etkilerinin doğru bir şekilde değerlendirilmesi, toprak sağlığını korumak için kritiktir. Ayrıca toprak tekstürü toprağın su tutma kapasitesi, hava boşlukları ve toprak yapısını etkilemesi nedeniyle AS açısından önemlidir (Gümüş ve ark., 2016; Gündüz ve Barik, 2019). Bu bağlamda, organik bileşiklerin miktarındaki artışla, AS'de meydana gelebilecek olası değişikliklerin, tekstür özellikleri doğrultusunda ele alınması esastır. Bu çalışma, çöp kompostunun farklı tekstüre sahip topraklarda AS üzerine etkisini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu çalışmada öncelikli amaç çöp kompostunun toprak ve bitkide ağır metal içeriğinin incelenmesi olduğu için, kurulan denemede bitki de yetiştirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Deneme toprakları

Toprak örnekleri Tekirdağ'ın Muratlı ilçesinden alınmıştır. Kumlu kil tın (SCL) tekstüre sahip toprak (Toprak 1) İnanlı mahallesinden (41°12'03"N, 27°28'43"E), kil tın (CL) tekstüre sahip toprak (Toprak 2) aynı mahallede özel bir çiftlik arazisinden (41°08'50"N, 27°27'38"E), kil tın (CL) tekstüre sahip diğer toprak (Toprak 3) ise Çevrimkaya mahallesinden (41°05'42"N, 27°36'43"E) alınmıştır (Şekil 1). Muratlı ilçesi, Marmara Bölgesi'nin Trakya kesiminde yer almaktadır. İlçede, genellikle Marmara Denizi'nden gelen nemli hava kütleleri hakimdir. Kış ayları genellikle ılık ve yağışlı, yaz ayları ise sıcak ve kuraktır. İlçede yıllık ortalama sıcaklık 13-14°C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 600-700 mm arasındadır (MGM, 2022). Toprakların bazı analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.



A: Toprak 1, B: Toprak 2, C: Toprak 3

Şekil 1. Toprak örneklerinin alındığı noktalar

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprakların bazı analiz sonuçları

	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
pH	5,25	6,70	7,62
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0,12	0,18	0,20
Organik Madde (%)	1,05	2,88	1,95
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	0,00	0,71	4,86
Kum (%)	63,24	37,24	37,84
Silt (%)	10,72	34,72	26,72
Kil (%)	26,04	28,04	36,16
Tekstür Sınıfı	SCL	CL	CL

## Çöp kompostu

Araştırmada kullanılan çöp kompostu, İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Geri Dönüşüm Tesisinden temin edilmiştir. Tesiste günlük 1000 ton evsel atık işlenmekte ve yılda ortalama 20 000 ton kompost üretilmektedir. Bu tesiste İstanbul genelinde toplanan organik içerikli evsel atıklar, dal-budak atıkları, hal atıkları karıştırılarak kontrollü şartlar altında mikroorganizmalar vasıtası ile doğal olarak işlenmektedir. Atıklar, tünel kompostlaştırma tekniği ile aerobik fermantasyon ile işlenmektedir. Tesise gelen atıklar içinde kompostlanmayan maddeler ayrılmakta ve kalan atıklar 80 mm'lik eleklerden geçirilerek fermante edilmektedir. Kompost, 55°C'de 2 hafta, 60°C'de 1 hafta, 65°C'de 5 gün, 70°C'de 1 saat işlem görmekte ve 56 gün boyunca yığınlar halinde bekletilerek olgunlaştırılmaktadır (Anonim, 2023). Çöp komposunun bazı analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan çöp kompostunun bazı analiz sonuçları

Çöp Kompostu	
Nem (%)	14,00
Organik Madde (%)	46,44
pH (1:2,5)	7,30
EC (dS m <sup>-1</sup> )	5,70
Kireç (CaCO <sub>3</sub> ) (%)	11,02

## Denemenin kurulması

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre saksı denemesi olarak plastik örtülü serada yürütülmüştür. Deneme, farklı tekstüre sahip 3 toprak çeşidi, 4 çöp kompostu dozu, 3 paralelli olarak toplam 36 saksıdan oluşmaktadır. Çöp kompostu 4 mm'lik elekten elenmiştir ve 0-5-10-15 t da<sup>-1</sup> olacak şekilde 4 kg toprak ile karıştırılarak saksılara doldurulmuş ve 30 gün sonra Sladoran çeşidi arpa, her saksıya 22 adet olacak şekilde ekilmiştir. Arpa, farklı düzeylerdeki pH'ya ve tuza daha direçli olduğu için tercih edilmiştir. Bitkilerin yaklaşık 2 ay sonra (4-5 yapraklı dönemde) hasadı yapıldıktan sonra topraklar kurutulmuş, tahta tokmaklarla dövülerek öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten elenerek analizlere hazırlanmıştır.

## Analiz yöntemleri

Toprak örneklerinde pH ve EC, 1:2,5 toprak-saf su karışımında ölçülmüştür (US. Salinity Lab. Staff, 1954). Toprak tekstürü, hidrometre yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986); organik madde, Walkley-Black yöntemi ile (Nelson ve Sommers, 1996); kireç (% CaCO<sub>3</sub>) içerikleri Scheibler kalsimetre yöntemi ile (Loeppert ve Suarez, 1996) belirlenmiştir. Toprakta agregat stabilitesi, toprak örneğinin belirli bir süre su içerisinde elenmesi sonucunda her elek üzerinde kalan agregat miktarları saptanarak ve bu miktarların tüm agregat ağırlığının yüzdesi hesaplanarak belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Çöp kompostunda pH ve EC, hacim esasından 1:5 kompost-saf su süspansiyonunda pH-metre ve EC-metre ile belirlenmiştir (EAWAG, 1970). Çöp kompostunda organik madde, yanma kaybı yöntemine (LOI) göre (Heiri et al., 2001); kireç miktarı, Scheibler kalsimetre yöntemi ile belirlenmiştir (EAWAG, 1970). Araştırma istatistiksel değerlendirmelerde TARİST istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi yapılmış, ortalamalar arasındaki farklar LSD testi ile belirlenmiştir.

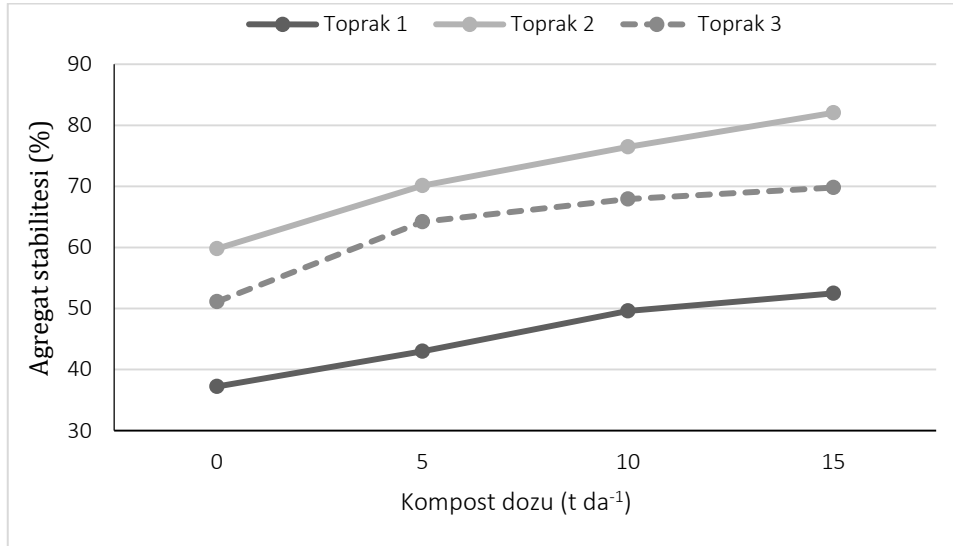
## Bulgular ve Tartışma

Topraklara artan miktarlarda uygulanan çöp kompostu 3 toprak çeşidinde de agregat stabilitesi (AS) üzerine %1 düzeyinde önemli ve pozitif etkide bulunmuştur (Çizelge 3) ve (Şekil 2). Kompost dozları arasında yapılan önemlilik sıralamasında Toprak 1 ve Toprak 2'de 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozu, Toprak 3'de ise 10 ve 15 t da<sup>-1</sup> kompost dozları en önemli etkiyi göstermiştir. Toprak çeşitlerine göre AS'de meydana gelen değişimin oranı Toprak 1'de yaklaşık % 46 iken Toprak 2 ve Toprak 3'de yaklaşık %37'dir. Bu oranlara göre çöp kompostu uygulaması, kontrole göre en fazla artışı Toprak 1'de göstermiştir. Toprak 1 ile ifade edilen topraklar diğer topraklara oranla daha kaba bünyeli ve kil içeriği daha düşüktür. Literatürler, kil miktarı yüksek olan toprakların AS'nin de nispeten yüksek olduğunu göstermektedir. Kolloidal kil topraklarda AS'yi yükselttiği için topraklara uygulanan toprak düzenleyicilerin etkisi kumlu topraklara oranla killi topraklarda daha az belirgin olabilir. Bu nedenle çalışmada kil içeriği düşük olan (dolayısı ile kum içeriği yüksek olan) Toprak 1'de topraklara uygulanan çöp kompostunun etkisi daha belirgin olarak yüksek bulunmuştur. [Bahtiyar, \(1996\)](#) da, toprakta organik maddenin (OM) azalmasının kil miktarı ile agregasyon derecesi arasındaki ilişkiyi arttırdığı, fazla OM içeren topraklarda ise kilin AS üzerine olan etkisinin önemsizleştiği bildirilmiştir. Farklı topraklar üzerinde yapılan birçok araştırmada toprağın kil miktarı ile AS arasında önemli bir ilişkinin olduğu ortaya konmuştur. [Yazdanpanah ve ark. \(2016\)](#) tınlı kum toprağa organik katkı maddelerinin eklenmesinin killi tın toprağa göre suya dayanıklı agregalarda daha fazla artışa neden olduğunu belirlemişlerdir. [İşler ve ark., \(2022\)](#) atık kompostlarının kil, tın ve kumlu tın topraklarda AS üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında kum oranı yüksek topraklarda, AS maksimum değere ulaşma süresinin diğer toprak tiplerine göre daha kısa olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 3. Çöp kompostu (ton da<sup>-1</sup>) uygulamaları sonrası toprakta agregat stabilitesi sonuçları (%)

Doz	Toprak 1	Toprak 2	Toprak 3
0	37.197 d	59.780 d	51.107 c
5	42.967 c	70.130 c	64.197 b
10	49.577 b	76.473 b	67.913 a
15	52.467 a	82.053 a	69.810 a
P	**	**	**

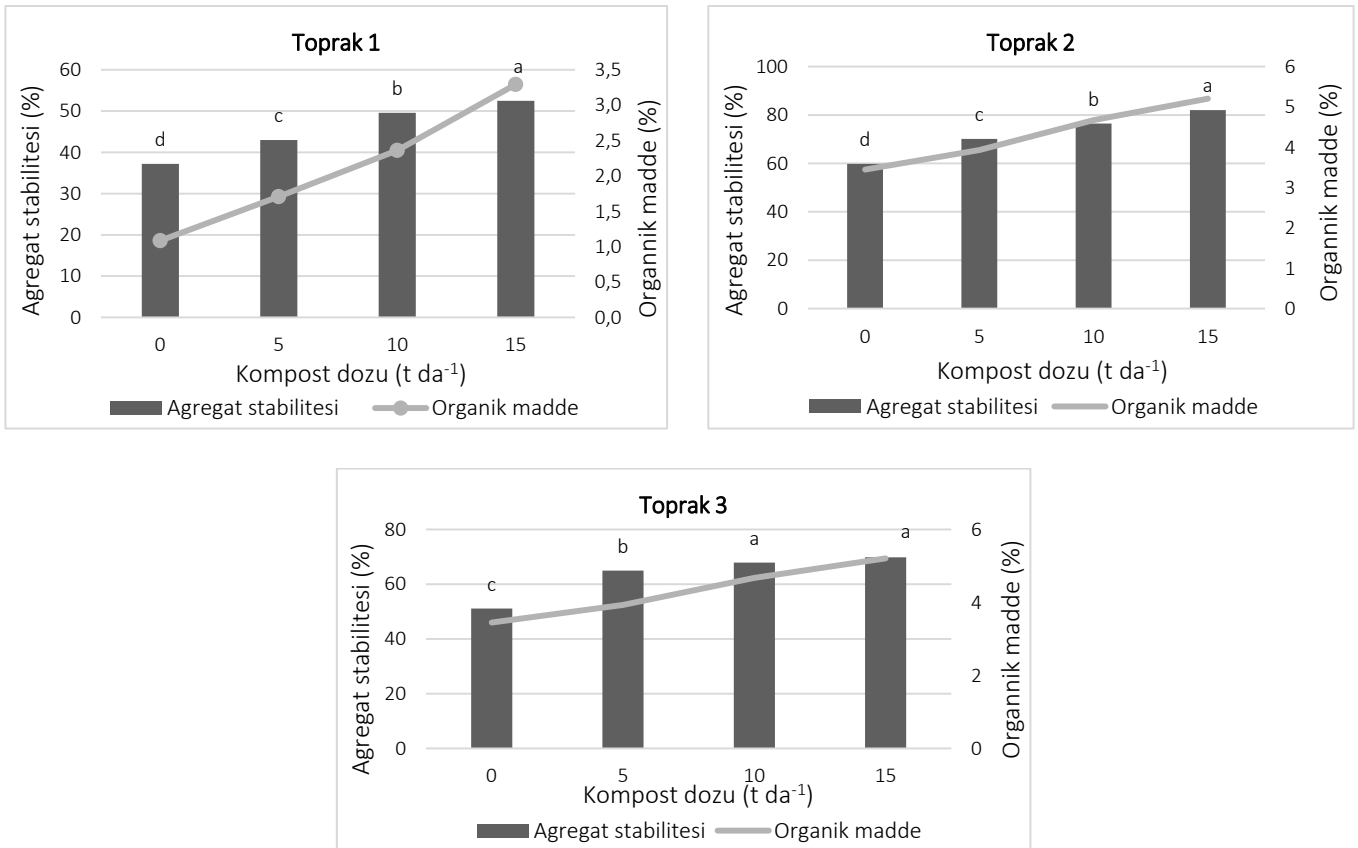
Toprak 1: SCL, Toprak 2: CL, Toprak 3: C, P: Önemlilik seviyeleri LSD testi (\*:<0,05, \*\*:<0,01) ile gerçekleştirilmiştir.



Şekil 2. Toprakların agregat stabilitesi sonuçları

Çöp kompostunun agregasyon üzerine etkisi başka faktörlerle de açıklanabilir. Çöp kompostu, kireç ve alkali katyonlarca zengindir ([Rengasamy, 2002](#)). Bu iyonlar, negatif yüklü toprak parçacıklarının flokülasyonunu teşvik ederek agregat oluşumunu ve stabilitesini artırabilir. Buna ek olarak, kireç ile OM etkileşimi sonucu oluşan humus bileşikleri toprakların AS'yi daha da arttırabilir ([Kemper ve Koch, 1966](#)). Ayrıca, [An ve ark. \(2013\)](#) artan AS'nin temel nedenlerinden birinin, bağlayıcı maddeler olarak hareket eden mikrobiyal polisakaritlerin oluşumundan kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir.

Toprakların AS'ye etki eden faktörlerin başında toprakların OM içerikleri gelmektedir. Araştırmalar, OM ilavelerinin toprak agregasyonunu düzenlediğini ve AS'yi artırdığını göstermektedir (Karami ve ark., 2012; Leroy ve ark., 2008). Kavdir ve Killi (2008) zeytin katı atığı gibi yüksek OM içeren maddelerin killi toprakların AS'yi belirgin bir şekilde artırdığını belirtmişlerdir. Çalışmamızda kullanılan çöp kompostu yaklaşık %46 oranında OM içermektedir ve dolayısı ile toprakların AS'yi pozitif yönde etkilemiştir (Şekil 3). Bu olumlu etkinin nedenlerinden biri olarak çöp kompostunun zengin humik asit içeriğine sahip olması söylenebilir. Albiach ve ark. (2001), çöp kompostunun humik madde açısından diğer OM'lere göre üstün olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, Hernandez ve ark. (2015) çöp kompostunun, özellikle yüksek dozlarda, toprakların humik asit miktarını önemli ölçüde artırdığını belirtmiştir. Albiach ve ark. (2001) farklı organik materyal uygulamalarını değerlendirdikleri çalışmalarında, en yüksek OM artışının çöp kompostu uygulaması ile gerçekleştiğini belirtmişlerdir. Bastida ve ark. (2007), yüksek dozda çöp kompostu uygulaması ile topraklarda OM miktarının önemli bir artış gösterdiğini bildirmiştir. Diacono ve Montemurro (2011) uzun dönem organik düzenleyici uygulamalarının sonucunda topraklarda OM miktarının, kimyasal gübrelemeye göre %100 arttığını belirtmiştir. Ayrıca çöp kompostları, başlangıçta düşük azot, düşük pH ve yüksek yağ içeriği sebebiyle, diğer organik materyallere nazaran ayrışmaya daha dirençli olarak bilinir; bu durum mikroorganizma aktivitesini yavaşlatarak ayrışmanın gecikmesine yol açabilir. Bu hedenlerden dolayı da çöp kompostlarının topraktaki etkisinin özellikle ahır gübresine göre daha uzun süreli olduğu ifade edilmektedir (Atagana ve ark., 2003; Neves ve ark., 2009).



Grup: İstatistiksel olarak farklılık gösteren grupları belirtmek için LSD testi ( $p < 0.01$ ) kullanılmıştır. Aynı harfe sahip gruplar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık yoktur.

Şekil 3. Toprakların agregat stabilitesi-organik madde ilişkisi

Toprakların OM içeriklerinin veya kil kapsamalarının veya yukarıda bahsi geçen diğer faktörlerin agregasyon üzerine olan etkilerini beraber olarak düşünmek gerekir. Bütün bu etkenler agregasyon üzerine etkilidirler ancak tek faktör olarak değerlendirilmemelidirler. Özellikle OM ve kil içerikleri toprak agregasyonunda birbirlerinin etkilerini de sınırlandırabilirler. Bununla ilgili olarak Bahtiyar (1996)'da toprağın kil miktarı azaldıkça OM ve agregasyon arasındaki ilişkinin arttığı, kil miktarının %25 in altına düştüğünde çok yüksek seviyeye ulaşmasına karşılık, %35'i aşan kil miktarında bu ilişkinin önemsiz düzeyde olabileceği ifade edilmektedir.



Çöp kompostlarının agregasyon üzerine olumsuz olabilecek özelliklerinden birisi tuz içerikleridir. Toprakların yüksek tuz içerikleri (özellikle Na tuzları) topraklarda agregasyon üzerine olumsuz etkide bulunurlar (Mamedov, 2014). Araştırma topraklarının AS sonuçları incelendiğinde (özellikle Toprak 1 ve Toprak 3) yüksek dozlarda çöp kompostunun etkisinin nispeten azaldığı görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan çöp kompostunun tuz içeriği 5,70 dS m<sup>-1</sup> dir ve nispeten yüksektir. Araştırmada topraklara uygulanan çöp kompostu toprakların tuz içeriklerini dozlara paralel olarak arttırmıştır. En yüksek tuz (EC) değerleri Toprak 1'de 0,592 dS m<sup>-1</sup>, Toprak 2'de 0,735 dS m<sup>-1</sup> ve Toprak 3'de 0,719 dS m<sup>-1</sup> ye yükselmiştir. Bu sonuçlara göre topraklardaki tuzluluk önemli düzeyde artış göstermiştir, ancak AS'yi etkileyecek düzeyde sınıf değişimine neden olmamıştır. Ancak kompost uygulamalarında, yüksek dozlarda topraklarda tuz içeriğinin arttığı ve bu artan tuz içeriğinin topraklarda agregasyonu olumsuz etkilediği söylenebilir (Aktaş ve Yüksel, 2020).

## Sonuç

Bu çalışmada, farklı tekstüre sahip topraklarda çöp kompostunun toprakların agregat stabilitesi üzerine etkisi incelenmiştir. Araştırma bulguları, çöp kompostunun her üç toprak tipinde de agregat stabilitesini belirgin bir şekilde arttırdığını göstermektedir. Özellikle kumlu killi tın tekstürüne sahip olan toprakta, çöp kompostunun etkisi daha yüksek bulunmuştur.

Organik katkı maddelerinin toprakların fiziksel özelliklerinde olumlu değişiklikler yarattığı birçok bilim insanı tarafından belirtilmektedir. Çöp kompostunun yüksek organik madde içeriği sayesinde toprakların organik karbon seviyeleri artmıştır ve bu artış agregat stabilitesi değerlerine de yansımıştır. Çöp kompostları, humik maddeler, alkali katyonlar ve kireç bakımından zengin olup, bu bileşikler toprak parçacıklarının flokülasyonunu teşvik edebilir. Ayrıca, komposttaki humus bileşiklerinin topraklarda agregat stabilitesini artırıcı etkisi bulunmaktadır.

Bu çalışma, çöp kompostunun, toprakların agregasyonu üzerinde düzenleyici ve stabilizasyonu artırıcı etkisi olduğunu göstermektedir. Ancak, bu etkinin toprak tekstürüne bağlı olarak farklılık gösterdiği de gözlemlenmiştir. Özellikle kumlu kil tın tekstüre sahip topraklarda çöp kompostunun daha belirgin olumlu etkisi vardır.

Sürdürülebilir tarım uygulamalarının devamı için toprakların fiziksel özelliklerini koruma ve iyileştirme amacıyla belediye katı atıklarından elde edilen çöp kompostları gibi organik toprak düzenleyicilerin kullanılması (ağır metal ve tuz içerikleri dikkate alınarak), tarımsal sürdürülebilirliği destekleyen önemli bir strateji olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu araştırma, çöp kompostunun toprak sağlığına katkıda bulunabileceğini ve toprakların fiziksel özelliklerini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu doğrulamaktadır.

## Teşekkür

Bu makale, birinci yazarın Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde tamamladığı "Farklı pH Dereceleri Sahip Topraklarda Çöp Kompostunun Bazı Toprak Özellikleri ile Bitki ve Toprakta Ağır Metal İçeriğine Etkisi" başlıklı yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

## Kaynaklar

- Aktaş, T., Yüksel, O. 2020. Effects of vermicompost on aggregate stability, bulk density and some chemical characteristics of soils with different textures. Tekirdağ Ziraat Fak. Dergisi, 17(1), 1-11.
- Albiach R, Canet R, Pomares F, Ingelmo F, 2001. Organic Matter Components and Aggregate Stability After the Application of Different Amendments to a Horticultural soil. Bioresource Technology, 76(2): 125-129.
- An SS, Darboux F, Cheng, M, 2013. Revegetation as an efficient means of increasing soil aggregate stability on the Loess Plateau (China). Geoderma, 209, 75-85.
- Annabi M, Houot S, Francou C, Poitrenaud M, Le Bissonnais Y, 2007. Soil Aggregate Stability Improvement with Urban Composts of Different Maturities. Soil Science Society of America Journal Abstract, 71: 413-423.
- Anonim, 2023. Kompost Geri Kazanımı. <http://www.istac.istanbul/tr/temiz-istanbul/evsel-atiklar/kompost-geri-kazanimi>.

- Atagana IH, Haynes RJ, Wallis FM, 2003. Co-Composting of Soil Heavily Contaminated with Creosote with Cattle Manure and Vegetable Waste for the Bioremediation of Creosote-Contaminated Soil. *Soil & Sediment Contamination*, 12: 885-899.
- Bastida F, Moreno JL, Garcia C, Hernández T, 2007. Addition of Urban Waste to Semiarid Degraded Soil: Long-Term Effect. *Pedosphere*, 17(5), 557-567.
- Diacono M, Montemurro F, 2006. Compost da residui organici per l'agricoltura biologica.
- Diacono M, Montemurro F, 2011. Long-Term Effects of Organic Amendments on Soil Fertility. *Sustainable Agriculture Volume 2*, 761-786.
- Ditzler CA, Tugel AJ, 2002. Soil quality field tools: experiences of USDA-NRCS soil quality institute. *Agronomy Journal*, 94(1), 33-38.
- EAWAG, 1970. Schweizerische Gewässerschutzkommission (Ed.). Die biologische und chemische Untersuchung von Wasser, Abwasser und Schlamm. Verlag Stutzer & Co.
- FAO, 2017. The future of food and agriculture – Trends and challenges. Rome.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 383-411.
- Gümüş İ, Şeker C, Neğiş H, Özyaytekin HH, Karaarslan E, Çetin Ü, 2016. Buğday ekili alanlarda agregat stabilitesine etki eden faktörlerin belirlenmesi. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 5, 236-242.
- Gündüz Z, Barik K, 2019. Farklı Toprak Yönetiminin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(3), 1797-1807.
- Hargreaves JC, Adl MS, Warman PR, 2008. A Review of the Use of Composted Municipal Solid Waste in Agriculture. *Agriculture Ecosystem Environment*, 123: 1-14.
- Heiri O, Lotter AF, Lemcke G, 2001. Loss on ignition as a method for estimating organic and carbonate content in sediments: reproducibility and comparability of results. *Journal of Paleolimnology*, 25(1), 101-110.
- Hernandez T, Garcia E, García C, 2015. Strategy for Marginal Semiarid Degraded Soil Restoration: A Sole Addition of Compost at a High Rate. A Five-Year Field Experiment. *Soil Biology and Biochemistry*, 89: 61-71.
- İşler, N., İlay, R., & Kavdir, Y. (2022). Temporal variations in soil aggregation following olive pomace and vineyard pruning waste compost applications on clay, loam, and sandy loam soils. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(6), 418.
- Karami A, Homae M, Afzalnia S, Ruhipour H, Basirat S, 2012. Organic Resource Management: Impacts on Soil Aggregate Stability and Other Soil Physico-chemical Properties. *Agric Ecosyst Environ*, 148: 22-8.
- Kavdir 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(7), 2326-2332.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. In a Klute (ed) *Methods of Soil Analysis. Part 1. 2nd ed. ASA and SSSA, Madison*, 425-442.
- Kemper WD, Koch EJ, 1966. Aggregate stability of soils from Western United States and Canada: Measurement procedure, correlations with soil constituents (No. 1355). *Agricultural Research Service, US Department of Agriculture*.
- Lal R, 1991. Soil structure and sustainability. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1(4), 67-92.
- Lal R, 2004. Soil carbon sequestration impacts on global climate change and food security. *Science*, 304(5677), 1623-1627.
- Leroy B, Herath H, Sleutel S, De Neve S, Gabriëls D, Reheul D, 2008. The Quality of Exogenous Organic Matter: Short-term Effects on Soil Physical Properties and Soil Organic Matter Fractions. *Soil Use Manag*, 24: 139-47.
- Loeppert RH, Suarez DL, 1996. Carbonate and Gypsum. In: Sparks D.L. (Ed), *Methods of Soil Analysis. Part 3- Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, Madison*, pp. 437-474.
- Mainuri ZG, Owino JO, 2013. Effects of land use and management on aggregate stability and hydraulic conductivity of soils within River Njoro Watershed in Kenya. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(2), 80-87.
- Mamedov, A.I. 2014. Soil water retention and structure stability as affected by water quality/Eurasian *Journal of Soil Science*, 3: 89-94.
- MGM, 2022. Türkiye İklimi. <https://www.mgm.gov.tr/iklim/turkiye-iklimi.aspx>
- Montgomery DR, 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33), 13268-13272.

- Nelson DW, Sommers LE, 1996. Total Carbon, Organic Carbon and Organic Matter. In: Sparks D.L. (Ed), Methods of Soil Analysis. Part 3-Chemical Methods. SSSA Book Series: 5, Madison Wisconsin, 961-1010.
- Neves L, Ferreira V, Oliveira R, 2009. Co-composting Cow Manure with Food Waste: The Influence of Lipids Content. World Academy of Science, Engineering and Technology, 34: 986-991.
- Rengasamy P, 2002. Transcending the soil properties of texture, fertility, and salinity. Soil Research, 40(4), 751-758.
- Şahin, E., Dardeniz, A., Kavdır, Y., Müftüoğlu, N. M., & Türkmen, C. 2018. Bağ Budama Artığı Kompostu Oluşturma Süreci İle Kompostun Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. Çomü Ziraat Fakültesi Dergisi, 6, 19-25.
- U.S. Salinity Lab Staff, 1954. Diagnosis and Improvement Saline and Alkali Soils. Agr. Handbook 60, U.S.A.
- Van Leeuwen JP, Lehtinen T, Lair GJ, Bloem J, Hemerik L, Ragnarsdóttir KV, De Ruiter, PC, 2015. An ecosystem approach to assess soil quality in organically and conventionally managed farms in Iceland and Austria. Soil, 1(1), 83-101.
- Westerman PW, Bicudo JR, 2005. Management Considerations for Organic Waste Use in Agriculture. Bioresource Technology, 96: 215–221.
- Yazdanpanah N, Mahmoodabadi M, Cerdà A, 2016. The impact of organic amendments on soil hydrology, structure and microbial respiration in semiarid lands. Geoderma, 266, 58-65.
- Yüksel O, 2015. Influence of municipal solid waste compost application on heavy metal content in soil. Environmental Monitoring and Assessment, 187, 1-7.



## Kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin aşısız karpuz üretimindeki kullanım etkinliği

 Ahmet Şafak MALTAŞ\*

Akdeniz Üniversitesi Finike MYO Bahçe Tarımı Programı, Finike-Antalya

### Öz

Bu çalışmada kompostlaştırılmış büyük baş hayvan gübresinin kumlu topraklarda aşısız karpuz yetiştiriciliğinde kullanılmasını etkileri araştırılmıştır. Çalışma U1: kimyasal gübre, U2: 250 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre, U3: 500 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre U4: 1000 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre olmak üzere 4 konu 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uygulamaların meyve verimi üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek verim her iki dönemde de 500 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre uygulamasından elde edilmiştir. Meyve verimi U4 uygulamasında kontrole oranla %4.58, U3 uygulamasına göre %14.29 azalmıştır. Organik gübre uygulamalarının karpuz bitkisinin meyvesinin kabuk kalınlığını 1. dönemde düşürdüğü, 2. dönemde ise artırdığı belirlenmiştir. Meyve içi sertlik kriteri incelendiğinde en yüksek değer U4 uygulamasından elde edilmiştir. Organik gübre uygulamaları meyve dış kabuk renginin L değerini arttırmış, meyve eti renginin L değeri ise 2. dönemde düşürmüştür. Organik gübre uygulamaları meyve eti renginin C değerini azaltmıştır. Karpuz yapraklarının makro element kapsamı incelendiğinde toplam azot, toplam kalsiyum ve toplam magnezyum artarken, toplam fosfor ve toplam potasyum organik gübre uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır. Karpuz bitkisinin yapraklarında bulunan potasyum kapsamı 1. döneme göre, 2. dönemde %12.58 artmıştır. Organik gübre uygulamaları karpuz yapraklarında bulunan demir ve çinko kapsamını artırmış, mangan kapsamını azaltmıştır. Kumlu topraklarda aşısız karpuz yetiştiriciliğinde bitki beslenmesi, meyve verimi ve kalitesi bakımından en iyi sonucun 500 kg/da kompostlaştırılmış büyük baş hayvan gübresi kullanımından elde edildiği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Kompost, karpuz verimi, karpuz kalitesi, kumlu toprak, organik gübre.

### The effectiveness of composted cattle manure in unvaccinated watermelon production

#### Abstract

In this study, the effects of using composted cattle manure in watermelon cultivation on sandy soils without grafting were investigated. The study was carried out with 4 treatments (U1: chemical fertilizer, U2: 250 kg/da cattle manure + chemical fertilizer, U3: 500 kg/da cattle manure + chemical fertilizer, U4: 1000 kg/da cattle manure + chemical fertilizer) with 3 replicates. When the effects of the treatments on fruit yield were examined, the highest yield was obtained from 500 kg/da cattle manure + chemical fertilizer application in both periods. Fruit yield decreased by 4.58% and 14.29% in U4 and U3 treatments, respectively. It was determined that organic fertilizer applications decreased the rind thickness of watermelon fruit in the first period and increased it in the second period. The highest value was obtained from U4 application. Organic fertilizer applications increased the L value of fruit outer skin color, while the L value of fruit flesh color decreased in the 2nd period. Organic fertilizer applications decreased the C value of fruit flesh color. When the macro element contents of watermelon leaves were examined, total nitrogen, total calcium and total magnesium increased while total phosphorus and total potassium decreased due to organic fertilizer applications. Potassium content in watermelon leaves increased by 12.58% in the 2nd period compared to the 1st period. Organic fertilizer applications increased iron and zinc content in watermelon leaves and decreased manganese content. It is thought that the best results in terms of plant nutrition, fruit yield and quality in ungrafted watermelon cultivation in sandy soils were obtained from the use of 500 kg/da composted cattle manure.

**Keywords:** Compost, watermelon yield, watermelon quality, sandy soil, organic fertilizer.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 242 310 3746

E-posta : [ahmetsafak@akdeniz.edu.tr](mailto:ahmetsafak@akdeniz.edu.tr)

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 4 Eylül 2023

Kabul Tarihi : 23 Kasım 2023

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1355060

## Giriş

Bitkisel üretim yapılan topraklarda biyolojik yapının korunması, toprak verimliliğinin sürdürülebilirliğinin sağlanması temel koşuldur. Bu amaçla toprak düzenleyicilerin ve özellikle de organik gübrelerin kullanılması zorunlu hale gelmiştir. Her geçen gün organik gübrelerin üretimi ve kullanımının arttığı görülmektedir. Kullanılan organik gübreler toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekte ve sürdürülebilir toprak verimliliğine katkı sağlamaktadır (Şeker ve Turhan, 2004).

Karpuz (*Citrullus lanatus*) üretimi dünya tarımında önemli bir yer tutmaktadır (Ban ve ark., 2011). Karpuz, beslenme ve insan sağlığı açısından önemli bir yere sahiptir. Şeker içeriği %8-14 arasında olup B, C, A vitaminleri Ca, P, Fe, Mg bulunmaktadır. Protein ve yağ bakımından fakirdir (Göksu ve Kuzucu, 2017). Karpuz, 2019 yılında yaklaşık 3,1 milyon hektar üretim alanı ile dünya çapında en çok tüketilen ilk beş taze meyveden biridir (FAO, 2020). Türkiye'de 74 bin hektar alanda karpuz üretimi yapılmakta olup, toplam üretim yaklaşık olarak 3.9 milyon tondur (Tüik, 2020). Meyve suları, nektarlar ve meyve kokteylleri vb. üretiminde ve turşu, konserve, pektin vb. yan ürün olarak kullanılmaktadır (Wani ve ark. 2008). Karpuzun %88-95'ini su oluşturmaktadır ve tüketilebilir kısım toplam ağırlığının % 65'i kadardır (Adewuyi ve ark., 2013). Karpuz yetiştiricilik bakımından derin, iyi havalanabilen, kumlu, kumlu-tınlı bünyeler ve pH'ı 6-7 olan topraklarda daha iyi gelişmektedir (Tuna ve Özer, 2005). Karpuz üretimini artırmak ve kalitesini iyileştirmek için pek çok farklı uygulamalar yapılmaktadır (Dong ve Hu, 2014). Bitkisel üretimde organik gübre uygulamaları meyve verimini ve kalitesi artıran önemli girdilerin başında gelmektedir.

Bitkisel üretimlerde organik gübre kullanımının faydalarının yanında bazı risklerinde var olduğu bildirilmektedir. Bu risklerden biri yabancı ot sorunudur. Çiftlik gübreleri değişken miktarlarda yaşayabilir ot tohumları içerebilmektedir (Uygur ve Uygur, 2010). Kompostlaştırma sırasında çiftlik gübrelerinde bulunan yabancı ot miktarının azalabileceği veya büyümesini engelleyebileceği bildirilmiştir (Cook ve ark., 2007). Ayrıca çiftlik gübrelerinde sorun yaratan etmenlerden bir diğeri de patojen mikroorganizmaların varlığıdır. Organik gübre uygulaması sonucu hastalık şiddetinin arttığı rapor edilmiştir (Mazzola ve ark., 2001; Tilston ve ark., 2002). Ancak organik gübreler iyi bir şekilde fermente edildiği zaman patojen mikroorganizma miktarları yok olmakta hatta toprak kökenli patojenleri kontrol edilmesinde etkili rol aldığı bildirilmektedir (Szczech, 1999; Szczech ve Smolinska, 2001; McKellar ve Nelson, 2003). Özellikle toprak kökenli hastalıklara karşı önlem olarak yaygın olarak aşılı fide kullanımı önerilmektedir (Yetişir ve ark., 2004). Özellikle hastalık barındırmayan kumlu bir toprakta organik gübrenin fermente edilerek kullanılması durumunda aşısız fide ile de karpuz üretiminin başarılı bir şekilde yapılabileceği öngörülmelidir. Bu çalışmada kumlu toprağa uygulanan kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin aşısız karpuz bitkisin beslenmesine ve meyve verimi ve kalitesi üzerine etkileri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Finike Meslek Yüksekokulu uygulama arazisinde yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü arazini toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı özellikleri

Toprak özelliği	Toprak analizi sonucu
Organik madde (%)	1.76
Kireç (%)	29.1
pH	7.09
EC (dS/m)	0.37
Kum (%)	58
Silt (%)	24
Kil (%)	18
Toplam azot (%)	0.11
Alınabilir Fosfor (ppm)	65.0
Değişebilir potasyum (me/100 g)	0.81
Değişebilir kalsiyum (me/100 g)	17.19
Değişebilir Magnezyum (me/100 g)	1.79

Araştırma konuları U1: kimyasal gübre, U2: 250 kg/da büyükbaş hayvan gübresi+kimyasal gübre, U3: 500 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre U4: 1000 kg/da büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre olarak belirlenmiştir. Organik gübre uygulamaları fide dikimden 8 gün önce parsellere homojen şekilde uygulanmış ve toprağa karıştırılmıştır. Kullanılan kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin içeriği Çizelge 2'de verilmektedir. Yetiştirme süresince karpuz bitkisinin bitki besin elementi ihtiyacını karşılamak amacıyla 12 kg/da Üre, 12 kg/da Amonyum Sülfat, 10 kg/da MAP, 25 kg/da 10.0.40 gübreleri damlama sulama yöntemi ile uygulanmıştır. Araştırmada aşısız Üstün F1 karpuz fideleri sıra arası 2 metre ve sıra üzeri 0.8 metre olacak şekilde dikilmiştir. Araştırmada yabancı ot gelişiminin engellenmesi amacı ile dikimden 20 gün sonra siyah malç çekilmiştir. Araştırma iki dönem olarak tekrarlanmış ve her iki dönemde de tüm uygulamalar aynı şekilde yapılmıştır. Deneme sırasında çekilmiş olan bazı görseller Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin bazı özellikleri

Özellik	Değer
pH	6.5-7.5
EC dS/m	1-2
Organik madde (%)	66-75
Organik karbon (%)	35
Azot (%)	2-2.5
Toplam hümik-fulvik asit (%)	35-40



Şekil 1. Denemenin bazı aşamalarından görüntüler

Denemede yaprak örnekleri alınarak yıkandıktan sonra 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Bitki analizleri için karpuz bitkisinin yaprak örneklerinde toplam N modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Ayrıca, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu analizleri için bitki örnekleri yaş yakılıp ICP-OES cihazında okunmuştur (Kacar ve İnal, 2008). Toprak örneklerinde pH (Jackson, 1967), kireç (CaCO<sub>3</sub>) (Evliya, 1964), elektriksel iletkenlik (Bower ve Wilcox, 1965), tekstür (Bouyoucos, 1955), organik madde (Black, 1965), toplam N (Black, 1957), alınabilir P (Olsen ve Sommer, 1982), ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg (Kacar, 1972) analizleri yapılmıştır.

Meyvelerin dış kabuk renginin belirlenmesi için ekvator bölgesinden üç farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Meyve eti rengini belirlemek için meyve kesildikten sonra meyvenin iç kısmından 3 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Renk ölçümleri Minolta CR-400 (MINOLTA Camera Co, LTD Ramsey, NJ) marka renk ölçer ile CIE L\*a\*b\* renk düzleminde belirlenmiştir (McGuire, 1992).

Karpuz meyvelerinde suda çözülür kuru madde (SÇKM) miktarı belirlemek üzere meyve örnekleri katı meyve sıkacağından geçirilmiş ve meyve usaresi elde edilmiştir. Bu süzüntüden alınan örnek dijital refraktometre ile (Hanna HI96801, Hanna Instruments, USA) belirlenmiştir. Sonuçlar % olarak ifade

edilmiştir. Karpuz meyvelerinde meyve kabuk kalınlığı, yenilebilir kırmızı kısmın bittiği noktadan itibaren dışa doğru kalan beyaz kısımları kumpas ile ölçülmüştür. Çalışmada meyve içi sertliği el penetrometresi yardımıyla meyve ikiye bölündükten sonra meyve içinden üç farklı noktadan ölçülmüştür.

## Bulgular ve Tartışma

Uygulamalarının karpuz bitkisinin yapraklarının makro besin elementi kapsamı üzerine etkileri Çizelge 3'te verilmiştir. Yaprakların azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum beslenmesi üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksyonunun etkileri önemli bulunmuştur. Aynı zamanda potasyum beslenmesi üzerine dönemin etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Uygulamaların karpuz bitkisinin yaprak makro besin içeriği üzerine etkileri

Uygulama	N (%)			P (%)			K (%)			Ca (%)			Mg (%)		
	Dönem			Dönem			Dönem			Dönem			Dönem		
	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.
U1	2.83b	2.71b	2.77b	0.25	0.26	0.26a	2.04a	2.29a	2.17a	2.22c	2.14c	2.18c	0.65	0.51ab	0.58ab
U2	2.76b	2.84b	2.80b	0.21	0.21	0.21a	1.70b	1.86b	1.78ab	3.08a	3.01a	3.05a	0.54	0.62ab	0.58ab
U3	3.24a	2.96ab	3.10ab	0.18	0.19	0.19b	1.57bc	1.90b	1.74ab	2.82ab	2.69b	2.76b	0.68	0.63ab	0.66ab
U4	3.58a	3.41a	3.50a	0.17	0.18	0.18b	1.37c	1.48c	1.43b	2.86ab	2.74b	2.80b	0.73	0.74a	0.74a
Önemlilik	**	*	*	öd	öd	***	*	*	**	**	**	**	öd	***	***
Minimum	2.76	2.71	2.77	0.17	0.18	0.18	1.37	1.48	1.43	2.22	2.14	2.18	0.54	0.51	0.58
Maksimum	3.58	3.41	3.50	0.25	0.26	0.26	2.04	2.29	2.17	3.08	3.01	3.05	0.73	0.74	0.74
Ortalama	3.10	2.98	3.04	0.21	0.21	0.21	1.67b	1.88a	1.79	2.75	2.65	2.70	0.65	0.63	0.64
Önemlilik	öd			öd			**			öd			öd		

\*: P ≤0.05, \*\*: P ≤0.01, \*\*\*: P ≤0.001, öd: Önemsiz

Yaprakta kalsiyum ve magnezyumun artması organik gübrelere bağlı olarak kök gelişiminin daha iyi olmasına bağlanabilir. Ayrıca kalsiyum artmasının diğer sebebi yarayışlı suyun artması olabilir. Kalsiyum başta olmak üzere besin alımı ve taşınması su ile ilgilidir (Doğan, 2006). Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak yaprak sayısının arttığı (Çitak ve ark. 2011) ve buna bağlı olarak da yaprakta bulunan toplam potasyum ve fosforun seyreltiği düşünülmektedir (Marschner, 1995). Ayrıca organik gübre uygulamalarının verimi artırmasından dolayı da meyve verimi ile de bu elementlerin yapraktaki miktarlarının azalabileceği bildirilmektedir (Yağmur ve ark., 2002). Yapraklardaki potasyum kapsamının 1. dönemde düşük çıkmasının bu dönemde daha yüksek meyve verimi alınmasından kaynaklandığı söylenebilir. Bu durumda aşısız karpuz yetiştiriciliğinde organik gübrelemede özellikle damlamadan verilecek olan fosfor ve potasyum miktarının biraz daha yüksek tutulmasının daha faydalı olabileceğini düşündürmektedir. Organik gübre uygulamalarına ek olarak daha yüksek dozda verilen potasyum ve fosfora bağlı olarak verimin yükselme ihtimali olduğu düşünülmektedir.

Uygulamalarının karpuz bitkisinin yapraklarının mikro besin elementi kapsamı üzerine etkileri Çizelge 4'te verilmiştir. Yaprakların demir, mangan ve çinko beslenmesi üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksyonunun etkileri önemli bulunmuştur.

Çizelge 4. Uygulamaların karpuz bitkisinin yaprak mikro besin içeriği üzerine etkileri

Uygulama	Fe (ppm)			Zn (ppm)			Mn (ppm)			Cu (ppm)		
	Dönem			Dönem			Dönem			Dönem		
	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.	1	2	Ort.
U1	129.2bc	133.9b	131.6b	17.0b	19.6b	18.3b	35.0a	33.5a	34.3a	6.6	6.9	6.8
U2	139.9a	120.2c	130.1b	28.5a	29.7a	29.1a	25.3b	23.2b	24.3ab	5.4	5.8	5.6
U3	140.0a	140.3a	140.0a	26.6a	25.6ab	26.1a	24.7b	25.7ab	25.2ab	5.2	4.9	5.1
U4	132.6b	119.3c	126.0c	28.9a	27.2a	28.1a	27.6ab	27.9ab	27.8ab	5.5	4.8	5.2
Önemlilik	**	**	*	**	**	**	*	*	**	öd	öd	öd
Minimum	129.2	119.3	126.0	17.0	19.6	18.3	24.7	23.2	24.3	5.2	4.8	5.1
Maksimum	140.0	140.3	140.0	28.9	29.7	29.1	35.0	33.5	34.3	6.6	6.9	6.8
Ortalama	135.4	128.4	131.9	25.3	25.5	25.4	28.15	27.6	27.9	5.7	5.6	5.7

\*: P ≤0.05, \*\*: P ≤0.01, \*\*\*: P ≤0.001, öd: Önemsiz

Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak karpuz yapraklarında bulunan demir ve çinko elementlerinin miktarı artmıştır. Ancak organik gübre uygulamalarına bağlı olarak karpuz yapraklarında bulunan mangan miktarı azalmıştır. Yüksek pH ve kireç içeriğine sahip topraklarda mikro element alınabilirliğinin düşer (He ve ark., 2021). Organik gübre uygulamalarının demir ve çinko alınabilirliğini artırdığı bildirilmektedir

(Hashemimajd ve ark., 2004). Ayrıca organik gübre uygulamalarına bağlı olarak karpuz bitkisinin yapraklarında bulunan mangan içeriğinin azalabildiği belirlenmiştir (Üzal ve ark., 2020)

Uygulamalarının karpuz bitkisinin meyvesinin kabuk dış rengi ve meyve eti rengi üzerine olan etkileri Çizelge 5'te verilmiştir. Uygulamaların meyvelerin kabuk dış renginin L değeri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca meyve eti renginin L ve C değeri üzerine olan etkilerin de istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca meyve eti renginin L değeri üzerine dönem\*uygulama interaksiyonunun ve C değeri üzerine de dönemin etkili olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Uygulamaların karpuz meyvesinin dış kabuk ve meyve eti rengi üzerine etkileri

Uygulama	Meyve dış kabuk rengi									Meyve eti rengi								
	L değeri			C değeri			H değeri			L değeri			C değeri			H değeri		
	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
U1	47.51b	47.39ab	47.45	36.46	31.80	34.13	120.74	123.13	121.94	43.54	41.14a	42.34a	38.62a	29.00a	33.81	40.01	45.77	42.89
U2	49.99a	49.23a	49.61	35.16	36.80	35.98	123.01	122.08	122.55	41.37	35.83b	38.60b	36.96b	24.74c	30.85	39.15	44.11	41.63
U3	49.32a	49.40a	49.36	35.74	32.22	33.98	123.68	123.69	123.69	45.96	37.35ab	41.66a	35.49b	26.77b	31.13	40.22	42.86	41.54
U4	49.95a	49.21a	49.58	35.33	34.57	34.95	120.29	122.73	121.51	45.18	38.54ab	41.86a	34.66b	24.94c	29.80	39.61	44.15	41.88
Önemlilik	**	***	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	öd	*	**	*	*	öd	öd	öd	öd
Minimum	47.51	47.39	47.45	35.16	31.80	33.98	120.29	122.08	121.51	41.37	35.83	38.60	34.66	23.00	29.80	39.15	42.86	41.54
Maksimum	49.99	49.40	49.61	35.74	36.80	35.98	123.68	123.69	123.69	45.96	38.54	42.34	38.62	26.77	33.81	40.22	45.77	42.89
Ortalama	49.19	48.81	49.00	35.67	33.85	34.76	121.93	122.91	122.42	44.01	38.22	41.12	36.43a	24.86b	31.40	39.75	44.22	41.99
Önemlilik	öd		öd			öd			öd			*			öd			

\* : P ≤0.05, \*\* : P ≤0.01, \*\*\* : P ≤0.001, öd: Önemsiz

Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak meyve içi rengin C\* değeri düştüğü tespit edilmiştir. Karpuz gibi iç rengi görülmeden hasat edilen bitkilerde meyve içi rengin önemi daha da fazladır. Özellikle aynı zamanda dikilip aynı zamanda hasat edilen meyvelerin meyve eti renginin daha koyu kırmızı renkte olması tüketici memnuniyeti açısından oldukça önemlidir. Bu sebeple organik gübreleme yapılarak yetiştirilen karpuz meyvelerinin özellikle kimyasal gübreleme ile yetiştirilene göre daha koyu renkli olduğunu söylemek mümkündür. Bu sebeple karpuz yetiştiriciliğinde meyve içi renginin iyileştirilmesi amacı ile kimyasal gübrelemeye ek olarak organik gübrelemenin yapılmasının faydalı olduğu belirlenmiştir.

Organik gübre uygulamalarının aşısız karpuz bitkisinin bazı meyve kalite kriterleri ve verimi üzerine olan etkileri Çizelge 6'da verilmiştir. Meyvelerin SÇKM, meyve kabuk kalınlığı, meyve içi sertlik ve meyve verimi değerleri üzerine uygulamaların etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca meyve kabuk kalınlığı, meyve içi sertlik ve meyve verimi üzerine dönem\*uygulama interaksiyonunun, meyve kabuk kalınlığı üzerine de dönemin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Uygulamaların meyve kalitesi ve verimi üzerine etkileri

Uygulama	SÇKM (%)			Meyve pH'sı			Meyve kabuk kalınlığı (mm)			Meyve içi sertlik (N)			Verim (ton/da)		
	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.	Dönem		Ort.
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
U1	11.50	9.17b	10.34	5.71	5.47	5.59	14.57c	12.20a	13.39b	3.62b	4.92a	4.27ab	4.68ab	4.49b	4.59b
U2	11.10	9.25b	10.18	5.62	5.72	5.67	15.58b	8.55c	12.07bc	3.48b	4.32ab	3.90b	4.75ab	4.70ab	4.73b
U3	11.57	10.37a	10.97	5.70	5.75	5.73	20.87a	10.18ab	15.53a	2.46c	4.46ab	3.46c	5.26a	4.96a	5.11a
U4	10.19	8.13c	9.16	5.36	5.64	5.50	15.02b	9.66b	12.34b	5.23a	4.61ab	4.92a	4.35b	4.40b	4.38b
Önemlilik	**						*	**	*	*	**	**	*	**	*
Minimum	11.10	9.17	9.16	5.36	5.47	5.50	14.57	8.55	12.07	2.46	4.32	3.46	4.35	4.40	4.38
Maksimum	11.57	10.37	10.97	5.71	5.75	5.73	20.87	12.20	15.53	5.23	4.92	4.92	5.26	4.96	5.11
Ortalama	11.09	9.23	10.16	5.60	5.65	5.62	16.51a	10.15b	13.33	3.70	4.58	4.14	4.76	4.64	4.45
Önemlilik	öd		öd			**			öd			öd			

\* : P ≤0.05, \*\* : P ≤0.01, \*\*\* : P ≤0.001, öd: Önemsiz

Karpuz meyvelerinin verim ve SÇKM değerlerinin U4 uygulamasında düştüğü görülmektedir. Yaprakların azot beslenmesinin ise U4 uygulamasında en yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Bu sebeple yüksek azotlu beslenmeye bağlı olarak özellikle verimin ve SÇKM değerinin U4 uygulamasında en düşük düzeyde elde edilmesine sebep olduğu düşünülmektedir. Yüksek azotun verim ve kaliteyi düşürdüğüne yönelik çalışmalar bulunmaktadır (Oktay ve Doran, 2005).



## Sonuç

Aşısız karpuz yetiştiriciliğinde kompostlaştırılmış büyük baş hayvan gübresi kullanımına bağlı olarak, yapraklarda bulunan toplam azot, kalsiyum ve magnezyum kapsamı artarken fosfor ve potasyum kapsamının azalmıştır. Karpuz bitkisinin yapraklarında bulunan potasyum kapsamı 1. döneme göre, 2. dönemde artmıştır. Aşısız karpuz bitkisinin yapraklarında bulunan mikro element kapsamı incelendiğinde demir ve çinko kapsamı artarken mangan kapsamı azalmıştır. Tüm organik gübre uygulamaları yapraklardaki bakır kapsamını azaltmıştır ancak bu düşüş istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Meyve dış kabuk renginin L değeri organik gübre uygulamaları ile artmıştır. Meyve eti renginin L değeri ise uygulamaların etkisi ile 2. dönemde düşmüştür. Organik gübre uygulamaları meyve eti renginin C değerini azaltmıştır. Meyve eti renginin C değeri 1. döneme (36.43) göre 2. dönemde (24.86) % 31.76 azalmıştır. Organik gübre uygulamalarının karpuz bitkisinin meyvesinin SÇKM değerini 2. dönem de genellikle artırdığı, meyve kabuk kalınlığını 1. dönemde düşürdüğü, 2. dönemde ise artırdığı belirlenmiştir. Meyve içi sertlik kriteri incelendiğinde en yüksek değer U4 uygulamasından elde edilmiştir. Karpuz bitkisinin meyve verimi üzerine organik gübre uygulamalarının etkileri incelendiğinde ise en yüksek verimin her iki dönemde de U3 uygulamasından elde edildiği tespit edilmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara bağlı olarak, aşısız karpuz yetiştiriciliğinde bitki beslenmesi, meyve verimi ve kalitesi bakımından 500 kg/da kompostlaştırılmış büyük baş hayvan gübresi kullanımının daha faydalı olduğunu söylemek mümkündür.

## Kaynaklar

- Adewuyi A, Oderinde RA, Ademioye AO, 2013. Antibacterial activities of nonionic and anionic surfactants from citrullus lanatus seed oil. *Jundishapur Journal of Microbiology*, 6(3): 205–208.
- Ban D, SG Ban, M Oplanic, J Horvat, B Novak, K Zanic, D Znidarcic, 2011. Growth and yield response of watermelon to in-row plant spacings and mycorrhiza. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71 (4):497–502. doi:10.4067/S0718-58392011000400001.
- Black CA, 1957. Soil-plant relationships. John Wiley and Sons, Inc., Newyork.
- Black CA, 1965. Methods of soil analysis Part 2. Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin.
- Bouyoucos GJ, 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. *Agron. J.* 4(9): 434.
- Bower CA, Wilcox LL, 1965. Soluble salt methods of soil analysis, *Methods of soil analysis Part 2*, Am. Soc. Agron., No: 9, Madison, pp: 933-940, Wilconsin.
- Cook, AR, Posner JL, Baldock JO, 2007. Effects of dairy manure and weed management on weed communities in corn on Wisconsin cash-grain farms. *Weed Technology*, 21(2): 389-395.
- Çıtak S, Sönmez S, Koçak F, Yasin S, 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* var. L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. *Derim*, 28(1), 56-69.
- Doğan N, 2006. Su stresi altındaki fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin iyon alım mekanizmasının araştırılması (Doctoral dissertation, Marmara Üniversitesi (Turkey)).
- Dong B, Hu J, 2014. Dissipation and residue determination of fluopyram and tebuconazole residues in watermelon and soil by GC-MS. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*, 94(5), 493-505.
- Evluya H, 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 36: 292-294.
- FAO, 2020. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Available online: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>.
- Göksu GA, Kuzucu CÖ, 2017. Karpuzda (*Citrullus lanatus* Thunb cv. Crimson Sweet) farklı dozlardaki vermikompost uygulamalarının verim ve bazı kalite parametrelerine etkisi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 3(2), 48-58.
- Hashemimajd K, Kalbasi M, Golchin A, Shariatmadari H, 2000. Comparison of vermicompost and composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of Plant Nutrition* 27: 1107-1123.
- He H, Wu M, Su R, Zhang Z, Chang C, Peng Q, Dong Z, Pang J, Lambers H, 2021. Strong phosphorus (P)-zinc (Zn) interactions in a calcareous soil-alfalfa system suggest that rational P fertilization should be considered for Zn biofortification on Zn-deficient soils and phytoremediation of Zn-contaminated soils. *Plant and Soil*, 461(1): 119-134.
- Jackson MC, 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.

- Kacar B, 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri II. Bitki Analizleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları: 453, Ders Kitabı, Ankara.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayınları, Yayın no:1241, Ankara.
- Marschner H, 1995. Mineral nutrition of higher plants. 2nd edn. Academic Press. San Diego, pp. 379-396
- Mazzola M, Granatstein DM, Elfving DC, Mullinix K, 2001. Suppression of specific apple root pathogens by Brassica napus seed meal amendment regardless of glucosinolate content. *Phytopathology*, 91: 673-679.
- Mcguire RG 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.
- McKellar ME, Nelson EB, 2003. Compost-induced suppression of Pythium damping-off is mediated by fatty-acid metabolizing seed-colonizing microbial communities. *Applied and Environmental Microbiology* 69: 452-460.
- Oktay A, Doran İ, 2005. Türkiye'nin En İri Karpuzu Sürme Çeşidinin Meyve Verim ve Kalitesi Üzerine Azotlu Gübrelemenin Etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(3), 305-311.
- Olsen SR, Sommers EL, 1982. Phosphorus. In:Page, A.L, Ed., *Methods of soil analysis Part 2: Chemical and microbiological properties*. American Society of Agronomy, Madison, pp. 404-430.
- Szczeczek M, Smolin'ska U, 2001. Comparison of suppressiveness of vermicomposts produced from animal manures and sewage sludge against *Phytophthora nicotianae* Breda de Haan var. *nicotianae*. *Journal of Phytopathology*, 149: 77-82.
- Szczeczek MM, 1999. Suppressiveness of vermicompost against Fusarium wilt of tomato. *Journal of Phytopathology*, 147: 155-161.
- Şeker C, Turhan M, 2004. Effects of Some Organic and Mineral Fertilisers on Yield and Quality of Sugar Beet, International Soil Congress (ISC) Natura Resource Managment for Sustainable Development, 7-10 June Erzurum- Turkey; 43-50.
- Tilston EL, Pitt D, Groenhof AC, 2002. Composted recycled organic matter suppresses soil-borne diseases of field crops. *New Phytologist*, 154: 731-740
- Tuna AL, Özer Ö, 2005. Farklı Kalsiyum Bileşiklerinin Karpuz (*Citrullus lanatus*) Bitkisinde Verim, Beslenme ve Bazı Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi *Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi.*, 42(1):203-212.
- Tüik, 2020. <http://www.tuik.gov.tr> Bitkisel Üretim İstatistikleri.
- Uygur S, Uygur FN, 2010. Yabancı otların biyolojik mücadelesi. *Türk. biyo. мүc. derg.*, 2010, 1 (1): 79-95.
- Üzal Ö, Yaşar F, Tuba H, 2020. Bazı organik materyallerin karpuz (*Citrullus lanatus* Thunb.)'un iyon alımına etkisi. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi*, 36(2), 280-285.
- Wani AA, Kaur D, Ahmed I, Sogi DS, 2008. Extraction optimization of watermelon seed protein using response surface methodology. *Food. Sci Technol* 41:1514-1520.
- Yağmur B, Ceylan Ş, Yoldaş F, Oktay M, 2002. Çinko katkılı ve katkısız kompoze gübrelerin sakız kabağı (*Cucurbita pepo* cv.) yetiştiriciliğinde verim ve bazı verim kriterlerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39(1).
- Yetişir H, Yarsi G, Sarı N, 2004. Sebzelerde Aşılama. *Bahçe* 33 (1- 2): 27- 37



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

<http://dergi.toprak.org.tr>



## Ardahan iline ait bazı temel coğrafi özelliklerin ve arazi-toprak verilerinin Coğrafi Bilgi Sistemleri ile değerlendirilmesi (Kuzeydoğu Anadolu)

 **Volkan DEDE\***

Ardahan Üniversitesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan

### Öz

Yer şekilleri, yükselti, eğim, bakı ve jeolojik özellikler toprak gelişiminin belirleyici unsurları arasındadır. Topraklar, genellikle arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere yavaş tepki vermektedir. Bu nedenle geri dönüşü olmayan bir hasar meydana gelmeden önce toprak kalitesindeki değişiklikleri tespit etmek gerekmektedir. Bu çalışmanın amacı, Ardahan ilindeki bazı temel toprak, arazi ve coğrafi özelliklerin belirlenmesi ile konumsal dağılım haritalarının üretilmesidir. Ardahan (1825 m), Kuzeydoğu Anadolu'da, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü içerisinde bulunmaktadır. Çalışma alanı genel olarak 40°37'-41°35' kuzey enlemleri ile 42°15'-43°28' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre, Ardahan ilinin yaklaşık yarısına yakınında (% 46.12) bazaltik topraklar dağılım göstermektedir. Arazi kullanımına göre ilin % 59.69'luk kısmı mera, % 17.89'luk kısmı ise kuru tarım arazilerinden oluşmaktadır. Erozyon durumu açısından Ardahan ilinin % 33.41'i şiddetli ve çok şiddetli erozyona maruz kalmaktadır. İşlemeli tarıma uygun araziler ilde oldukça sınırlıdır. Ardahan ili toplam alanının yaklaşık % 23.9'luk kısmı farklı sınıf kabiliyetine sahip alanlardan (I., II. ve III.) oluşmaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Yer şekilleri, arazi kullanımı, iklim, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Ardahan, Türkiye.

### Evaluation of some basic geographical features and land-soil data of Ardahan province with Geographic Information Systems (NE Anatolia)

### Abstract

Landforms, elevation, slope, aspect and geological features are among the determining factors of soil development. Soils generally respond slowly to changes in land use and management. Therefore, it is necessary to detect changes in soil quality before irreversible damage occurs. This current study aims to determine some basic soil, land and geographical features of Ardahan province and to produce spatial distribution maps. Ardahan (1825 m a.s.l.) is located in Northeastern Anatolia, within the Erzurum-Kars Section of the Eastern Anatolia Region. The study area is generally located between 40°37'- 41°35' north latitudes and 42°15'- 43°28' east longitudes. According to the results, basaltic soils are distributed in nearly half of Ardahan province (46.12%). According to land use-land cover, 59.69% of the province comprises pasture and 17.89% of dry agricultural lands. Regarding erosion status, 33.41% of Ardahan province is exposed to severe and very severe erosion. The lands suitable for cultivated agriculture are very limited in the province. Approximately 23.9% of the total area of Ardahan province is divided into areas with different class capabilities (I., II. and III.).

**Keywords:** Landforms, land use, climate, Geographic Information Systems, Ardahan, Türkiye.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Toprak, litosfer, biyosfer, hidrosfer ve atmosfer arasındaki arayüzde işlev gören ve çok sayıda fonksiyon üreten, Dünya üzerindeki en karmaşık sistemlerden biridir (Cianfrani ve ark., 2018). Ana materyal, iklim,

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0532 485 3562

E-posta : [volkandede@ardahan.edu.tr](mailto:volkandede@ardahan.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 10 Ekim 2023

Kabul Tarihi : 25 Kasım 2023

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1373909

topografya ve hidroloji gibi dış faktörler, toprak özelliklerinin potansiyel değerlerini önemli bir dereceye kadar etkileyebilmektedir (Bünemann ve ark., 2018). Topraklar genellikle arazi kullanımı ve yönetimindeki değişikliklere yavaş tepki verir ve bu nedenle geri dönüşü olmayan bir hasar meydana gelmeden önce toprak kalitesindeki değişiklikleri tespit etmek, su ve hava kalitesinden daha zor olabilmektedir. Aynı zamanda, toprağın tükenmez bir kaynak olmadığı ve uygun olmayan şekilde kullanılması veya yanlış yönetilmesi halinde, çok sınırlı bir yenileme fırsatıyla birlikte nispeten kısa bir süre içinde kaybolabileceği de kabul edilmiştir. Topraklar yapay olarak oluşturulamayacağı gibi bulunduğu ekolojik koşula göre uzun süreçler sonrasında karakter kazanan yenilenemeyen doğal varlıklardır (Dengiz, 2010). Toprak hasar gördüğünde, iyileştirme bile mümkün olmayabilir ve eski hasar öncesi durumuna ulaşmak imkânsız olabilmektedir (Nortcliff, 2002). Bu nedenle, Dünya ölçeğinde toprakların belirlenmesi ve verimli kullanılması amacıyla çalışmalar onlarca yıldır sürdürülmektedir (Shaho-Cheng ve ark., 2023; Li ve ark., 2023; Moraes ve ark., 2023; Joos ve ark., 2023; Zhang ve ark., 2023; Alaboz ve ark., 2023; Hao ve ark., 2022; Tercan vd., 2022; Liptzin ve ark., 2022; Dong ve ark., 2021; Zhang ve ark., 2021; Du ve ark., 2020; Rafael ve ark., 2020; Dengiz, 2020; Özgül, 2020; Mangalassery ve ark., 2019; Jazouli ve ark., 2019; Cai ve ark., 2019; Juho ve ark., 2019; Rabot ve ark., 2018; Demirağ Turan ve Dengiz, 2017; Dai ve ark., 2017; Tamene ve ark., 2017; Li ve ark., 2013; Blum ve ark., 2012; Álvarez ve ark., 2009; Caires ve ark., 2008; Manoharan ve ark., 2007; García-Rodeja ve ark., 2004; Álvarez ve ark., 2002; Kosmas ve ark., 1997; Koçman, 1990, 1984). Antropojenik faaliyetler toprağın organik karbonunu derinden etkileyerek iklim düzenlemesi gibi ekosistem hizmetlerine katkısını etkilemektedir. Beillouin ve ark. (2023)'nin arazi kullanımı değişikliği, arazi yönetimi ve iklim değişikliğinin toprak organik karbonu üzerindeki etkilerine ilişkin kapsamlı inceleme sonuçlarına göre; (i) mahsul üretimi için arazi dönüşümünün yüksek toprak organik karbonu kaybına yol açtığını ve bunun, özellikle ağaçların tanıtılması ve biyokömür veya organik değişiklikler şeklinde eksojen karbonun dahil edilmesi yoluyla arazi yönetimi uygulamaları yoluyla kısmen onarılabileceğini, (ii) arazi yönetimi kapsamında ormanlarda yapılan uygulamalar genellikle toprak organik karbonunun tükenmesine neden olduğunu ve (iii) orman yangınları gibi iklim değişikliğinin dolaylı etkileri, toprak organik karbonu üzerinde doğrudan iklim değişikliği etkilerinden (örneğin artan sıcaklıklardan) daha büyük bir etkiye sahip olabileceğini saptamışlardır (Beillouin ve ark., 2023). Arazi kullanım uygulamalarının toprak kalitesi üzerindeki etkisine ilişkin bilgi, toprağa özgü yönetim uygulamalarının geliştirilmesi için çok önemli olduğunu belirtmektedir (Kahsay ve ark., 2023). Bu bağlamda Kahsay ve ark. (2023) tarafından, Kuzey Etiyopya'nın Hintalo Wajerat bölgesindeki farklı arazi kullanım türlerinin toprak kalite indeksini ölçmek için, yirmi üç biyokimyasal ve fiziksel toprak özelliği, ekili araziden, çayır arazisinden ve çalılıklardan 0-30 cm derinlikte ölçülmüştür. Minimum veri seti seçimi için temel bileşen analizi, diskriminant analizi ve uzman görüşü kullanılmış ve doğrusal ile doğrusal olmayan puanlama yöntemleri kullanılarak altı toprak kalite indeksi oluşturulmuştur. Toplam veri setinin üyelerini belirlemek için tek yönlü varyans analizi kullanılmıştır. Sonuçlar anlamlı olduğunu göstermiş ( $p < 0.05$ ), arazi kullanım türleri arasında toprak kalite endeksindeki farklılık, ekili arazi topraklarında iyileştirilmiş yönetim ihtiyacını yansıtmaktadır (Kahsay ve ark., 2023).

Toprağın önemli bir doğal kaynak olması ve bu nedenle de toprak sağlığı, kırsal geçim kaynakları için büyük bir endişe kaynağıdır. Özellikle de tarım arazileri, toprak erozyonu nedeniyle büyük bir bozulmaya ve önemli toprak besin maddelerinin kaybına maruz kalmaktadır. Sanogo ve ark. (2023) tarafından yapılan bir çalışmada, Güney Mali'nin iki tarımsal-ekolojik bölgesinde toprak erozyonunun mekânsal dağılımı ve farklı arazi kullanımı altındaki toprak besin değişimleri teşhis edilmiştir. Elde edilen veriler, 2015'ten 2019'a kadar arazi kullanımı ve arazi örtüsü değişikliği analizinin sonuçları, tarım arazisi yararına su kütlelerinde, çıplak arazilerde ve savan ormanlık alanlarında önemli alan azalmaları olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, farklı arazi kullanım koşulları altında yıllık toprak kaybında önemli farklılıklar olduğu ve en yüksek erozyon oranlarının tarım alanlarında görüldüğü tespit edilmiştir (Sanogo ve ark., 2023). Bir alan üzerindeki toprak erozyonu riski, çevresel değişimin erozyon riski üzerindeki etkilerinin hızlı bir şekilde değerlendirilmesi için bir arazi/su havzası yönetim aracı olarak hizmet edebilecek Coğrafi Bilgi Sistemi ve Uzaktan Algılama ile yaygın olarak bulunan biyofiziksel verilerin birleştirilmesiyle ölçülebilmektedir (Leh ve ark., 2013).

Yukarıda tartışılan literatür ve Ardahan özelinde toprakla ilgili yapılan çalışmaların yetersiz kalması nedeniyle bu çalışmanın amacı, Ardahan iline ait bazı temel toprak, arazi ve coğrafi özelliklerin belirlenmesi ve Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla bir veri tabanı oluşturularak belirlenen bileşenlerin konumsal dağılım haritalarının üretilmesidir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı

Çalışma alanı, Türkiye'nin kuzeydoğusunda, Doğu Anadolu Bölgesi'nin Erzurum-Kars Bölümü içerisinde bulunmaktadır. Ardahan (1825 m), kuzeyde Gürcistan, doğuda Ermenistan ile Gürcistan, güneyde Kars ve batıda ise Artvin ile komşudur. Ardahan genel olarak 40°37'- 41°35' kuzey enlemleri ile 42°15'- 43°28' doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

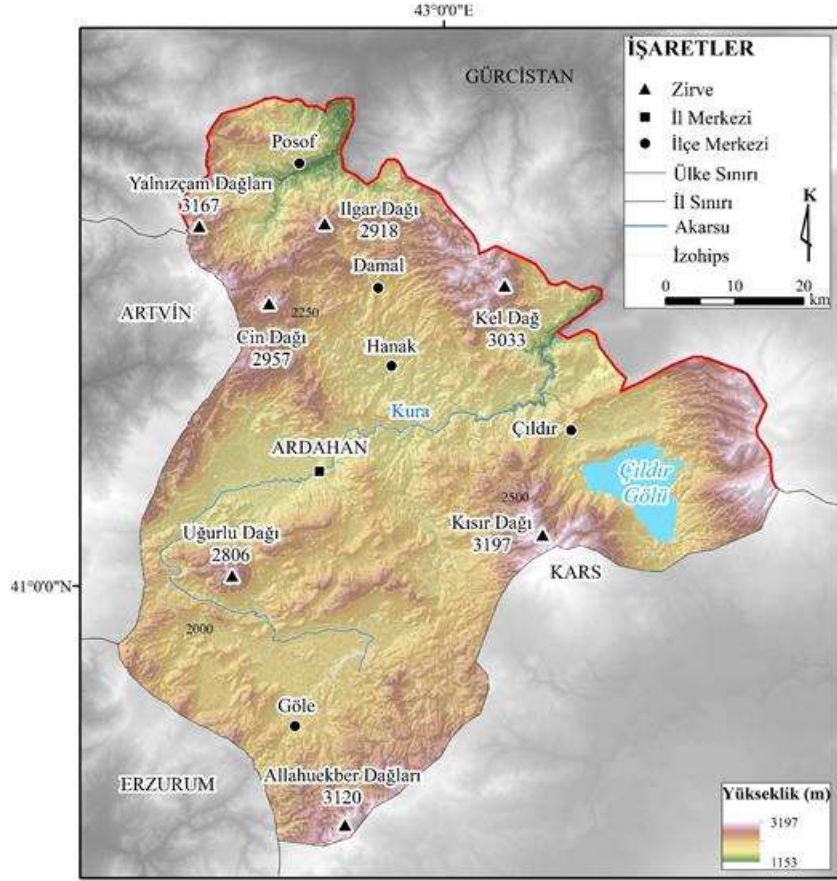


Şekil 1. Çalışma alanının yer bulduru haritası.

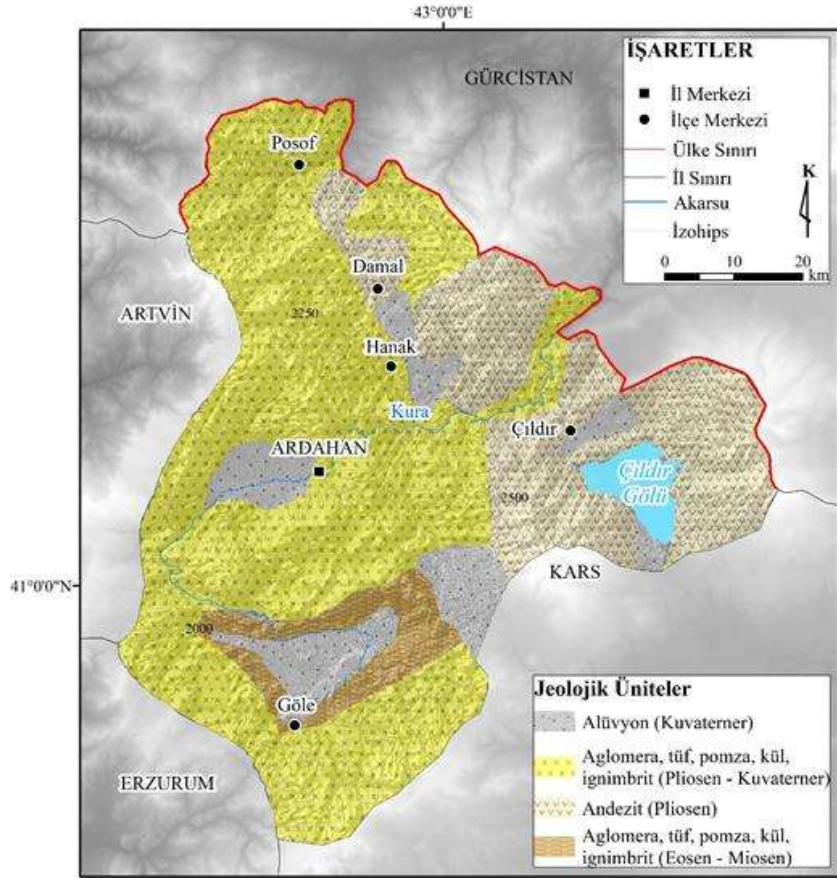
Ardahan batıda Yalnızçam Dağları (3167 m), kuzeyde Keldağ (3033 m), doğuda Akbaba Dağı (3026 m), güneyde ise Kısır Dağı (3197 m) ile Allahuekber Dağları (3120 m) tarafından sınırlandırılmıştır. Çalışma alanının en yüksek noktası Çıldır Gölü (1959 m) batısında yer alan Kısır Dağı'dır. Bahsi geçen dağlık sahalar dışında kütle halinde alanın batısında Uğurlu Dağı (2806 m), volkanik koniler halinde ise alanın kuzeyinde Cin Dağı (2957 m) ile Ilgar Dağı (2918 m) da yer almaktadır. Ardahan'daki yüksek dağlık alanlar arasında Ardahan (1825 m), Göle (2038 m), Köprülü (2054 m), Çıldır (1959 m), Aktaş (1798 m), Hasköy (1851 m), Hanak (1830 m) ve Posof (1583 m) tektonik depresyonları bulunmaktadır. Allahuekber Dağları'ndan kaynaklanan Kura Nehri yörenin en büyük akarsuyudur. Bünyesine Çot Suyu, Çakmaklı Deresi ve Karaçay'ı da alarak Kurtkale civarından ülkeyi terk ederek Gürcistan'a geçmektedir. Posof Çayı da kuzeyde Türkgözü yakınlarından sınır dışına çıkararak Ahıska dolaylarında Kura Nehri ile birleşmektedir (Şekil 2).

Çalışma alanının jeolojik yapısı Triyas'tan başlayarak Kuvaterner'e kadar devam eden aralıkta şekillenmiştir. Bu kapsamda Ardahan'da Triyas yaşlı metamorfik seri (metavolcano, metakırıntılı ve rekristalize kireçtaşı) Allahuekber Dağları kuzeyinde yer alırken, Kuvaterner yaşlı alüvyonlar ise Ardahan, Göle, Köprülü, Hanak, Hasköy ve Çıldır ovalarında bulunmaktadır (Şekil 3). Ardahan'ın büyük çoğunluğu Pliyosen yaşlı andezitler, Pliyo-Kuvaterner ve Eosen-Miyosen yaşlı piroklastik kayalar, aglomera, tüf, pomza, volkanik kül, ignimbritlerden oluşmaktadır (Aktimur ve ark., 1992a, 1992b; Keskin, 2013a, 2013b; Karabalık, 2013; Konak ve Hakyemez, 2008).

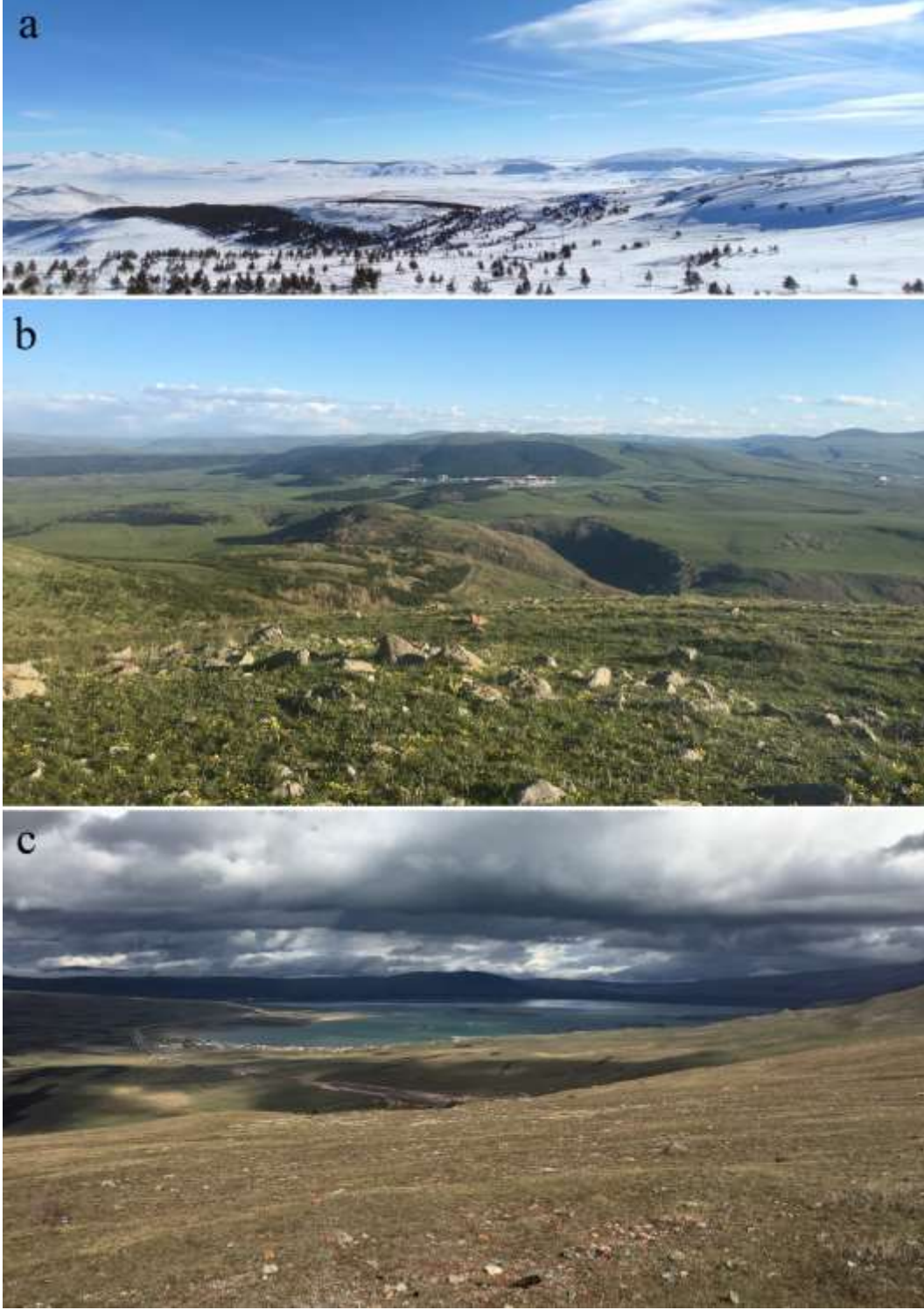
Ardahan ve çevresinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri 3.7 °C, Posof ve çevresinin 7.2 °C, Çıldır ve çevresinin 5.2 °C, Göle ve çevresinin 2.7 °C, Hanak ve çevresinin 4.9 °C, Damal ve çevresinin 4.1 °C, Yalnızçam Kayak Merkezi ve çevresinin ise 4.6 °C şeklindedir (Şekil 4). Yıllık toplam yağış değerlerinin ise, Ardahan ve çevresi için 547 mm, Posof ve çevresi için 612 mm, Çıldır ve çevresi için 616 mm, Göle ve çevresinin 832 mm, Hanak ve çevresinin 616 mm, Damal ve çevresinin 599 mm ve Yalnızçam Kayak Merkezi ve çevresinin ise 294 mm olduğu belirlenmiştir (MGM, 2023).



Şekil 2. Çalışma alanının sayısal yükselti modeli haritası.



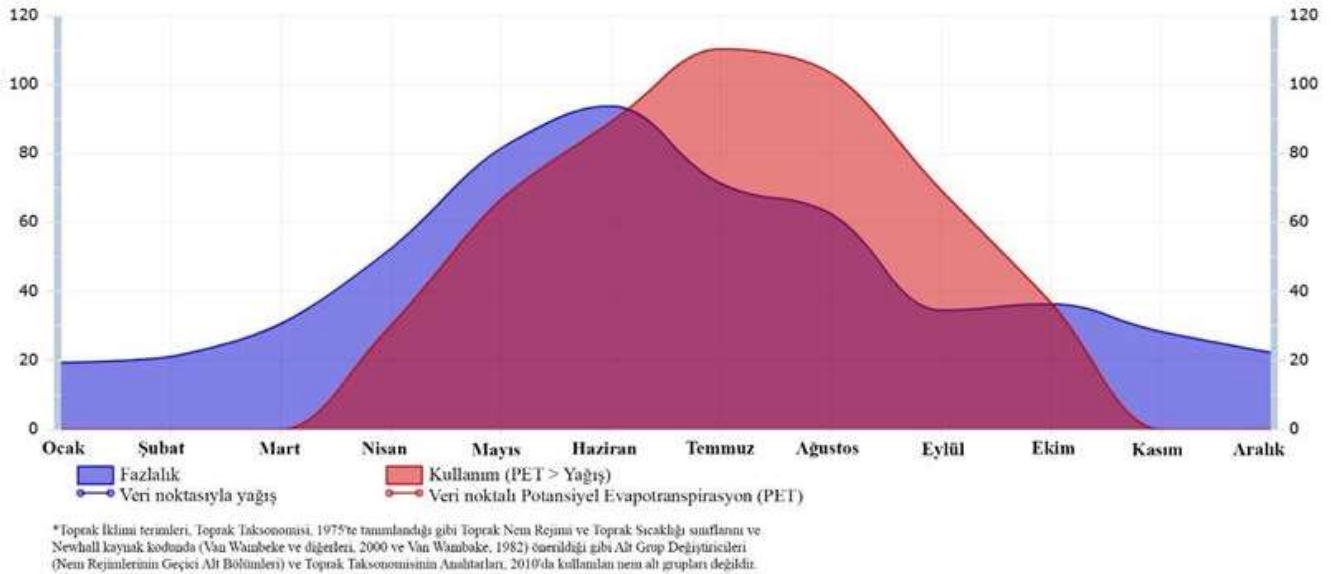
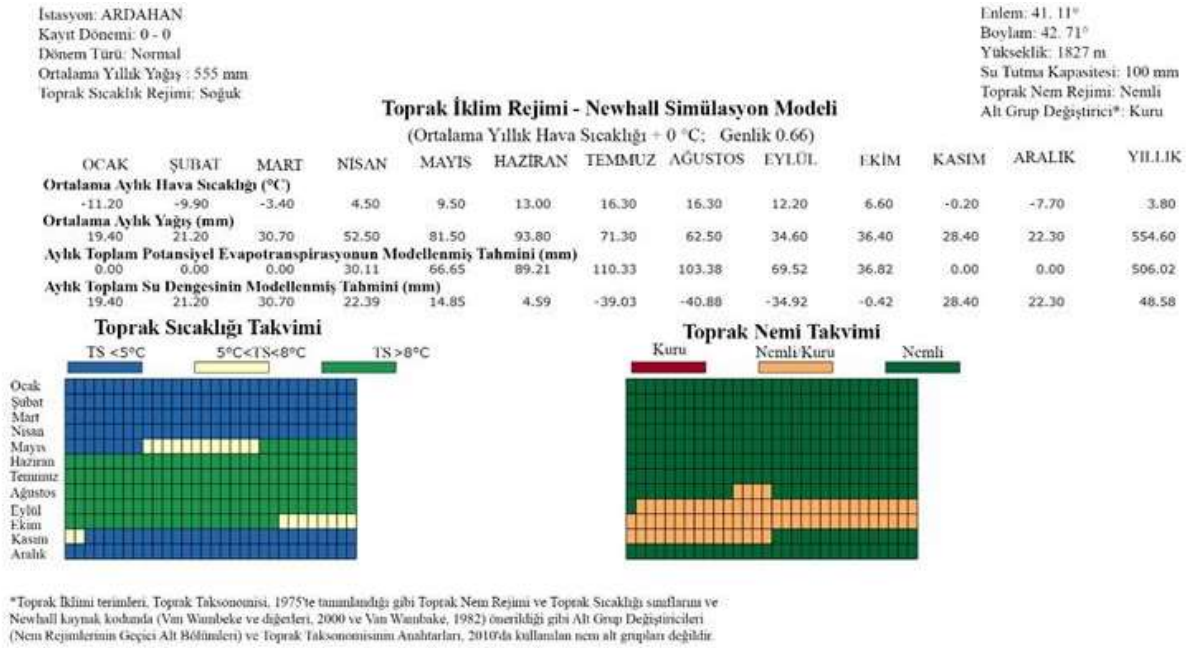
Şekil 3. Çalışma alanının jeoloji haritası (Aktimur ve ark., 1992a, 1992b; Keskin, 2013a, 2013b; Karabalık, 2013; Konak ve Hakyemez, 2008).



Şekil 4. Çalışma alanı ve yakın çevresinin görünümüleri-Ardahan Ovası (a), Ardahan Üniversitesi (b), Aktaş Gölü (c).

Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre çalışma alanı, kurak mevsimi olmayan nemli karasal (soğuk) iklim sınıflandırması içerisinde değerlendirilmektedir. Ardahan, kuraklık indisine göre nemli ve çok nemli sınıflandırma içerisinde bulunmaktadır. Sahanın hiyerarşik kümeleme yöntemi Ward tekniğine göre belirlenen bölgelerden olan yarı nemli ve soğuk karasal Doğu Anadolu iklim bölgesi ile yazı yağışlı, yarı nemli ve soğuk karasal Kuzeydoğu Anadolu İklim Bölgesi arasında geçiş konumunda yer aldığı görülmektedir. İnceleme alanı yağış rejiminin Türkiye ölçeğinde oluşturulan sınıflandırmaya göre ise orta yağışlı bir ilkbahar/ilkyaz ve kar yağışlı çok soğuk bir kış mevsimi ile, kurak-yarı nemli ve yarı nemli bozkır ile yüksek arazi sınıfı içerisinde değerlendirilmektedir. Bölge genel olarak kışın Doğu Avrupa-Batı Sibirya-Hazar Havzası bölgelerinden kaynaklanan polar hava sistemlerinin, yazın ise temel olarak Güneybatı Asya ve Muson Asyası kökenli tropikal hava sistemlerinin denetimleri ve etkilerini yansıtmaktadır (Türkes, 2022).

Ayrıca Ardahan ili uzun yıllar meteorolojik verileri dikkate alınarak yapılan Newhall simülasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000), toprakların sıcaklık ve nem rejimleri incelendiğinde, sıcaklık rejimi soğuk, nem rejimi ise nemli (alt grup seviyesinde ise kuru) olarak tespit edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanı topraklarının sıcaklık ve nem rejimi diyagramı.

## Yöntem ve Analizler

Çalışma, arazi ve büro çalışmaları olarak iki aşamada yürütülmüştür. Arazi çalışması sırasında elde edilen veriler, büro çalışmaları ile analiz edilerek değerlendirilmiştir. Araştırma alanını oluşturan Ardahan il sınırı için ALOS PALSAR uydu verileri ve 12.5 metre çözünürlükte oluşturulan sayısal yükselti modeli (DEM: Digital Elevation Model) verileri kullanılmıştır (Asf Daac, 2015). Veriler ArcGIS 10.5 paket programı kullanılarak Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ortamında işlenmiştir. Haritalama ve veri hazırlama işlemleri sırasında sahanın, topografya, eğim, baki, jeoloji, arazi kullanımı, arazi kullanım kabiliyeti, erozyon, derinlik ve büyük toprak grupları haritaları oluşturularak analiz edilmiştir. Ayrıca Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Ardahan il arazi varlığına ait toprak paftaları sayısallaştırılmış ve CBS ortamına aktarılmıştır. Sonrasında, haritalarda yer alan tüm özellikler öz nitelik tablosu olarak CBS



ortamında veri tabanı oluşturulmuştur. CBS ortamında üretilen haritaların her biri için sınıflama işlemi yapılarak çıktı verilerinin oransal dağılımları hesaplanmıştır. Ardahan'ın genel iklim özelliklerinin ortaya konulması amacıyla Ardahan, Posof, Çıldır, Göle, Hanak, Damal ve Yalnızçam Kayak Merkezi meteoroloji istasyonlarının 1970-2022 yılları arasını kapsayan yıllık ortalama sıcaklık verileri ve yıllık toplam yağış verileri her bir istasyon için değerlendirilmiştir. Ardahan ili topraklarının daha detaylı açıklanabilmesi adına toprakların nem ve sıcaklık rejimlerinin elde edilmesi için Java Newhall Simulasyon Modeli 1.6.0 (JNSM) yazılımından yararlanılmıştır. Çıktı verilerinin orijinal İngilizce sürümleri Türkçe'ye çevrilerek kullanılmıştır.

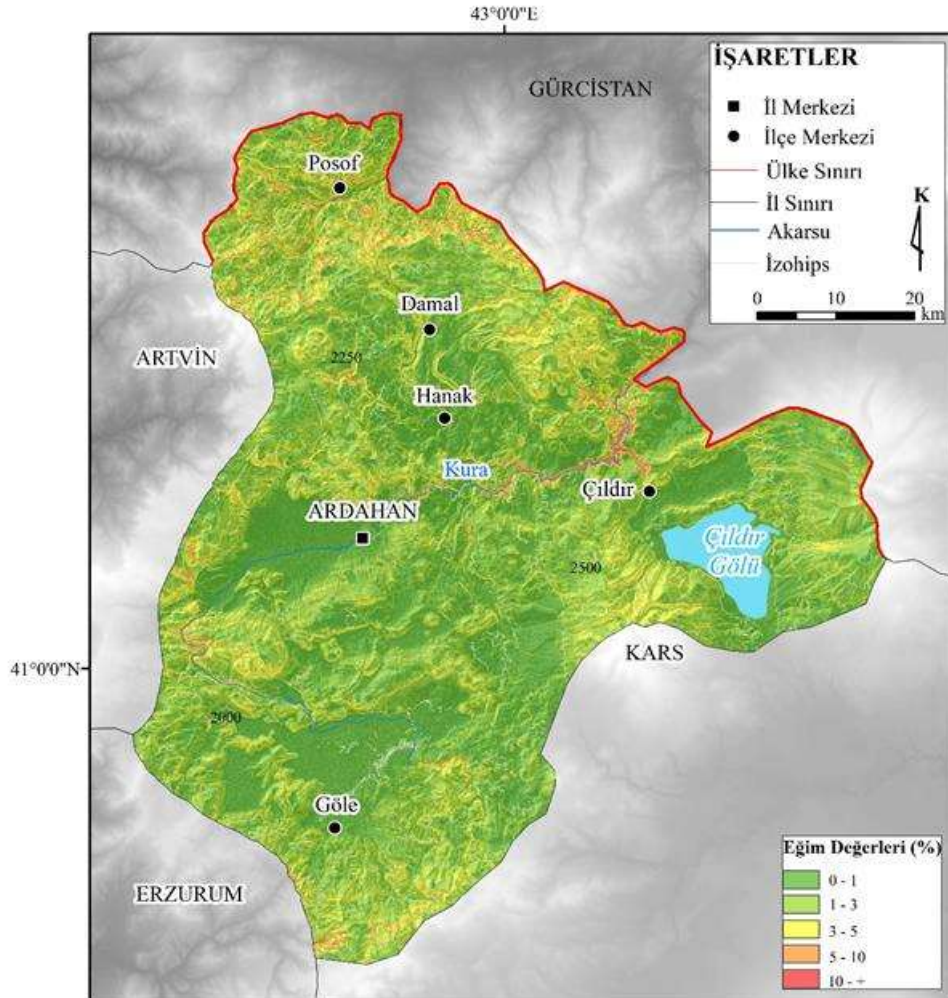
## Bulgular ve Tartışma

### Ardahan ilinin genel coğrafi özellikleri

Toprak oluşumunu, eğim önemli derecede etkilemektedir. Ardahan ili eğim özellikleri açısından değerlendirildiğinde % 19.61'inin % 10 üzeri yüksek eğim değerlerine sahip olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra % 5-10 aralığındaki eğimli alanlar % 20.40'ını, % 5'ten düşük düz ve düze yakın alanlar ise % 59.99'unu meydana getirmektedir (Çizelge 1). Eğim değerlerinin yüksek olduğu alanlar dağlık sahalara karşılık gelmektedir. Düz düze yakın alanlar ise ova tabanları şeklinde değerlendirilebilir (Şekil 6).

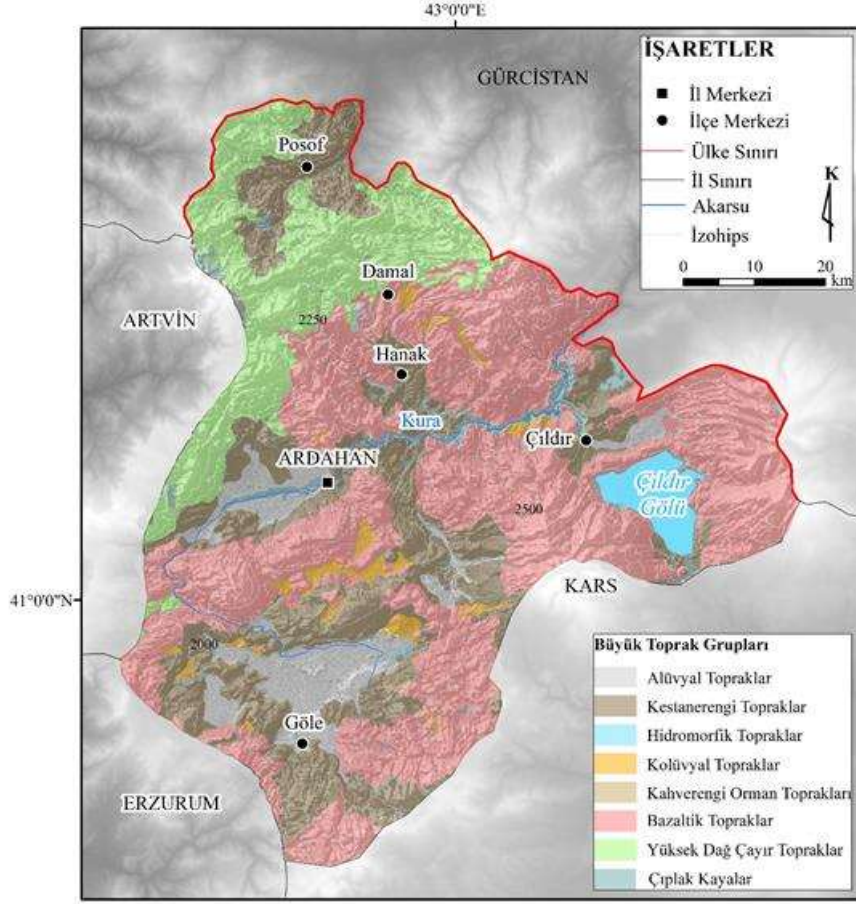
Çizelge 1. Çalışma alanının eğim sınıfları ve alanları (ha).

Eğim (%)	Alan (ha)	Oran (%)
0-1	96781.78	18.16
1-3	109685.93	20.47
3-5	118709.07	21.36
5-10	109351.06	20.40
10-+	105091.05	19.61
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

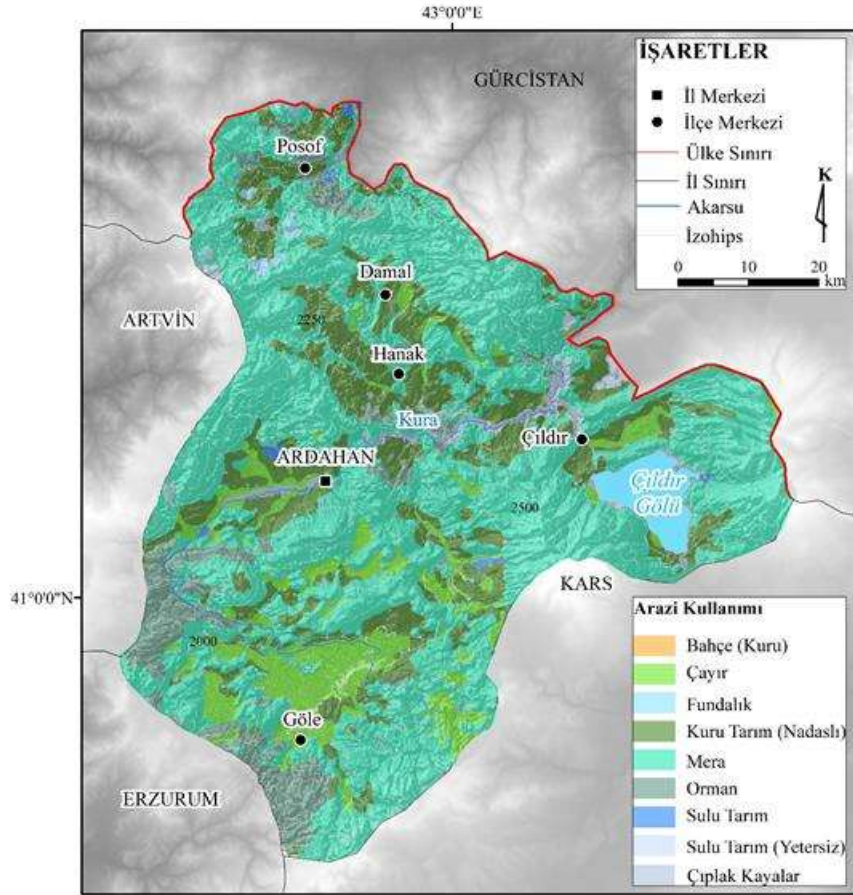


Şekil 6. Çalışma alanı eğim sınıflarının coğrafi dağılışı haritası.





Şekil 8. Çalışma alanının büyük toprak grupları haritası.

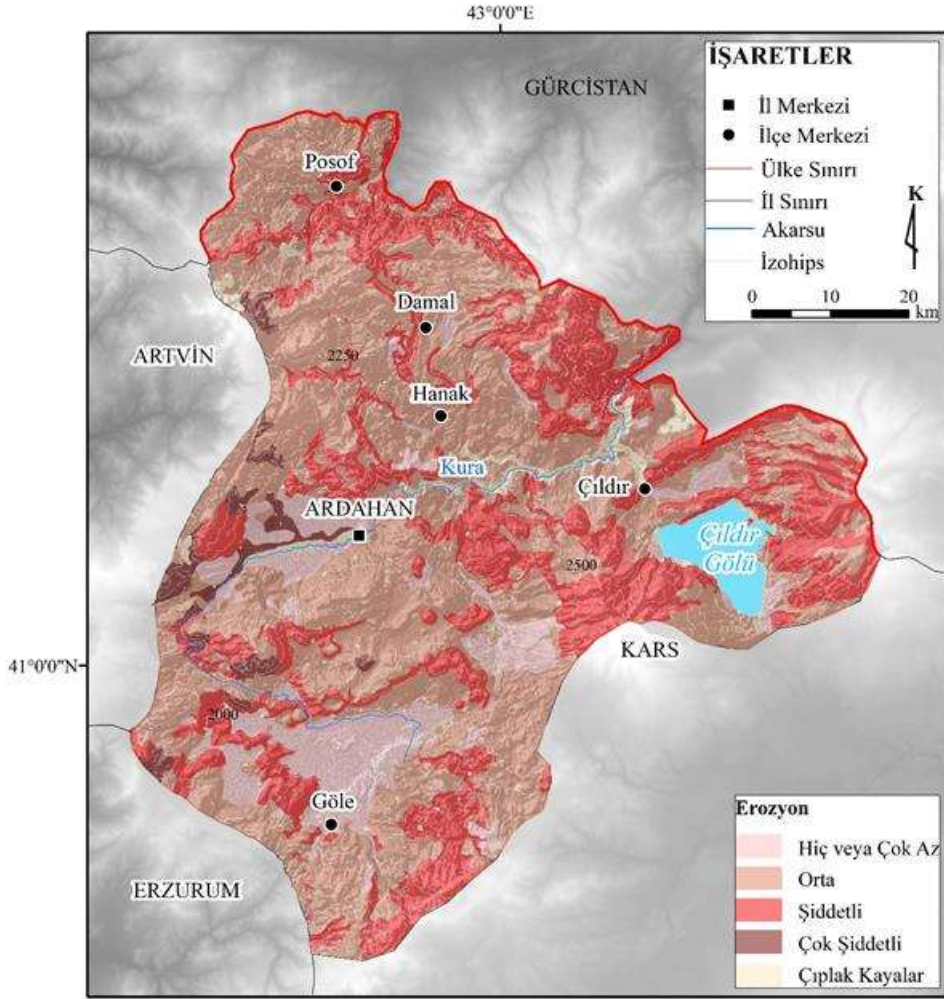


Şekil 9. Çalışma alanının arazi kullanım haritası.

Çizelge 3. Çalışma alanının arazi kullanım sınıfları ve alanları (ha).

Arazi Kullanımı	Alan (ha)	Oran (%)
Bahçe	116.67	0.02
Çayır	48561.85	9.16
Fundalık	2738.67	0.51
Kuru Tarım (Nadaslı)	94823.13	17.89
Mera	316358.56	59.69
Orman	36723.61	6.92
Sulu Tarım	1951.89	0.36
Sulu Tarım (Yetersiz)	298.87	0.1
Çıplak Kayalar	28368.67	5.35
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

Çalışma alanının erozyon haritası incelendiğinde % 51.55 oranında orta şiddetli erozyon sahalarının yaygın olduğu görülmektedir (Şekil 10). Bunu takiben % 30.92 ile şiddetli erozyon alanları, % 9.61 ile çok az erozyon alanları ve % 2.49 ile çok şiddetli erozyon alanlarının varlığı da söz konusudur (Çizelge 4).

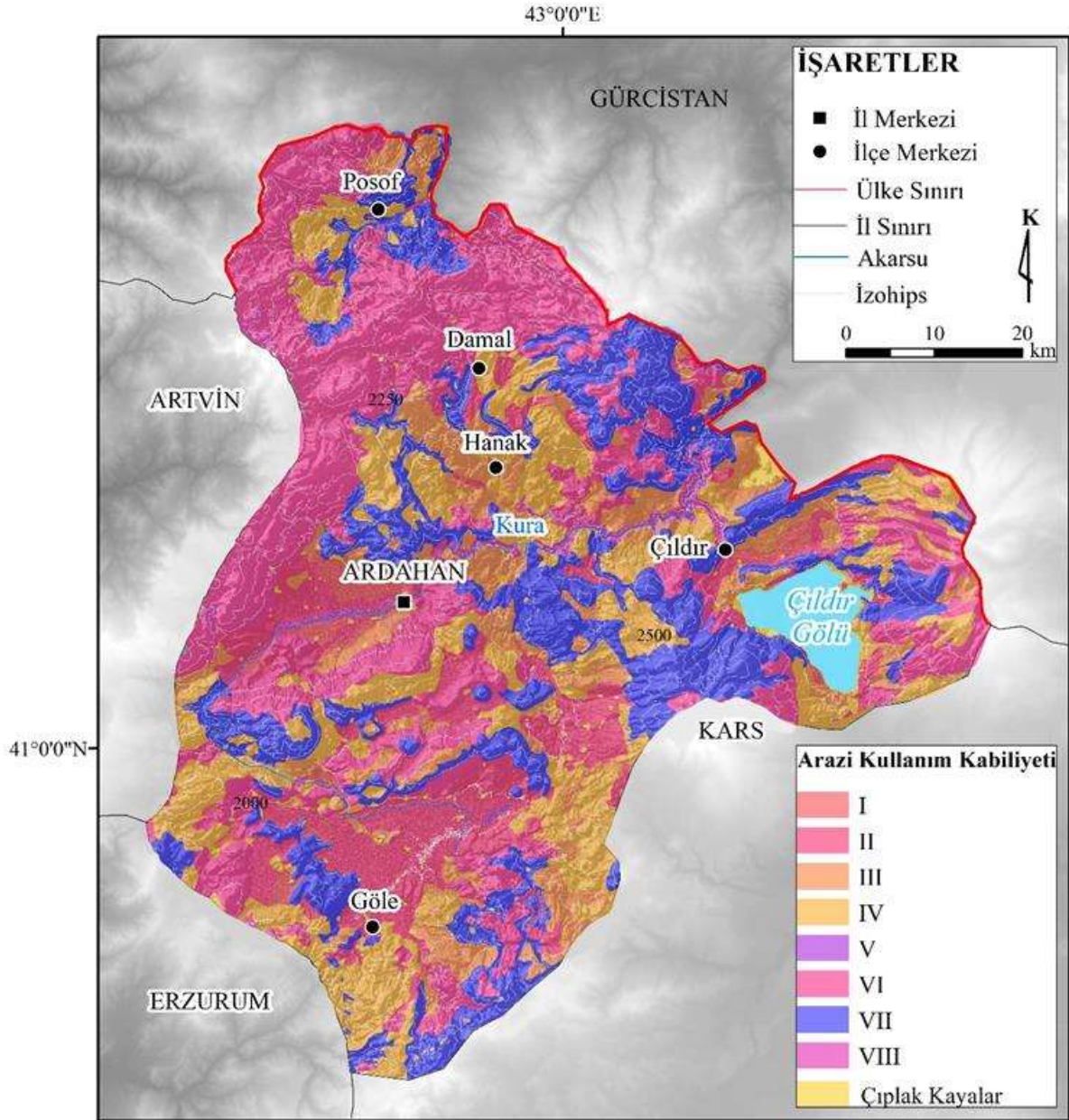


Şekil 10. Çalışma alanının erozyon haritası.

Çizelge 4. Çalışma alanının erozyon sınıfları ve alanları (ha).

Erozyon	Alan (ha)	Oran (%)
Hiç veya Çok Az	50951.86	9.61
Orta	273116.86	51.55
Şiddetli	162877.68	30.92
Çok Şiddetli	13227.56	2.49
Çıplak Kayalar	28800.97	5.43
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

Çalışma alanında arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre % 30.18 ile VI. sınıf araziler en fazla yayılım göstermektedir (Şekil 11). VI. sınıf arazileri sırasıyla % 22.63 ile VII. sınıf, % 17.83 ile IV. sınıf araziler takip etmektedir (Çizelge 5).

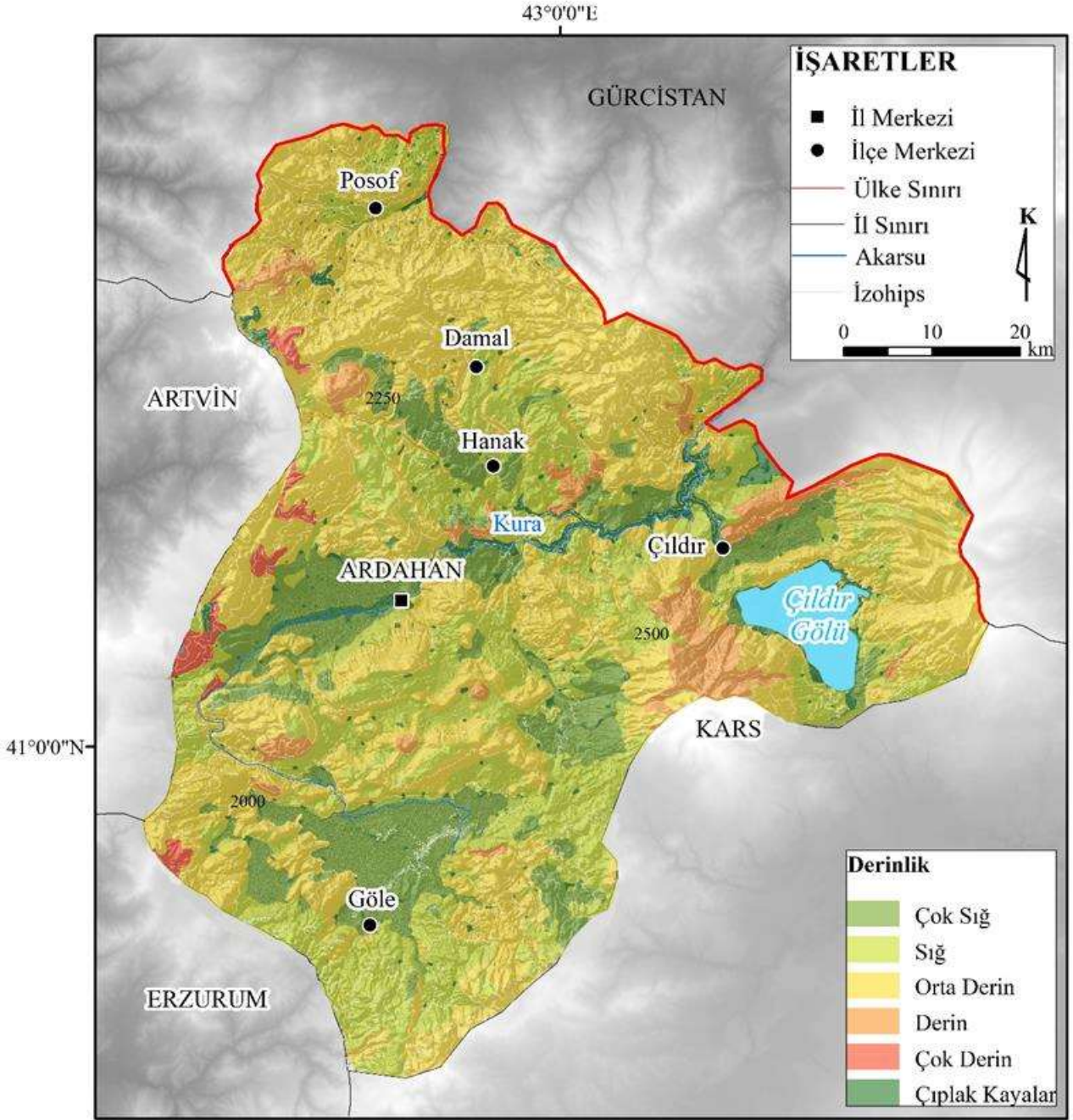


Şekil 11. Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyet haritası.

Çizelge 5. Çalışma alanının arazi kullanım kabiliyet sınıfları ve alanları (ha).

Arazi Kullanım Kabiliyet Sınıfı	Alan (ha)	Oran (%)
I	9215.50	1.73
II	59351.48	11.19
III	58200.60	10.98
IV	94497.25	17.83
V	432.29	0.10
VI	159949.61	30.18
VII	119954.52	22.63
VIII	8281.61	1.56
Çıplak Kayalar	20087.06	3.80
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

Çalışma alanında toprak derinlik özelliklerine göre % 47.66 ile orta derinlikte topraklar yayılış göstermektedir (Şekil 12). Sonrasında sırasıyla % 25.56 ile sığ derinlikte topraklar, % 15.15 ile çok sığ, % 4.78 ile derin topraklar ve % 1.45 ile çok derin topraklar yer almaktadır (Çizelge 6).



Şekil 12. Çalışma alanının toprak derinlik haritası.

Çizelge 6. Çalışma alanının toprak derinlik sınıfları ve alanları (ha).

Derinlik	Alan (ha)	Oran (%)
Çok Sığ (0-20 cm)	80322.91	15.15
Sığ (20-50 cm)	135492.49	25.56
Orta Derin (50-90 cm)	252609.88	47.66
Derin (90-120 cm)	25364.78	4.78
Çok Derin (120+ cm)	7613.87	1.45
Çıplak Kayalar	28566.01	5.40
<b>Toplam</b>	<b>529979.95</b>	<b>100</b>

Ardahan ili eğim özellikleri açısından % 19.61 oran ile % 10 üzeri yüksek eğim değerlerine sahiptir. Ardahan ilinin ova tabanlarının farklı bakı özelliği göstermediği, yüksek dağlık sahalarda ise bakı özelliğinin farklılaştığı belirlenmiştir. En yaygın görülen toprak grubu alanın büyük çoğunluğunda yayılış gösteren % 46.12 ile bazaltik topraklardır. Arazi kullanımına göre Ardahan ilinde % 59.69 ile meralar geniş alan kaplamaktadır. Ardahan ili bünyesinde % 51.55 oranında orta şiddetli erozyon sahaları en yaygın alanlardır. Arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre en fazla % 30.18 ile VI. sınıf araziler dağılışı göstermektedir. Toprak derinlik özelliklerine göre Ardahan ilinde % 47.66 ile orta derinlikte topraklar yer almaktadır. Siirt ili topraklarının topoğrafik koşulları nedeniyle gerek işlemeli tarıma uygun çok az alanların olduğu, gerekse de toprak erozyonunun potansiyel tehdidi altında olduğu ve düz eğimli araziler dışında kalan il arazi varlığının çok büyük bir kısmının özel önlemlere ihtiyaç duyduğu belirlenmiştir. [Özyazıcı ve ark. \(2014\)](#)'nın yaptıkları çalışmaya göre Siirt ilinin yarısından çoğunda (yaklaşık % 65'inde) kahverengi orman toprağı bulunmaktadır. Arazi kullanım haritasına bakıldığında ilin % 44'lük kısmının fundalık, % 31'lik kısmının ise meralık arazilerden oluştuğu görülmektedir. Erozyon durumu açısından ise Siirt ilinin yaklaşık % 90'ında orta, şiddetli ve çok şiddetli erozyon olduğu görülmüştür. İşlemeli tarıma uygun araziler ilde oldukça sınırlıdır. Siirt ili toplam alanının sadece % 9'luk kısmı I., II. ve III. sınıf kabiliyete sahip alanlardan oluşmaktadır. Toprak derinlik haritası incelendiğinde ise % 85 oranıyla sahanın büyük kısmının çok sığ ve sığ topraklardan oluştuğu belirlenmiştir ([Özyazıcı ve ark., 2014](#)). Potansiyel tarım alanlarının tarım dışı arazi kullanımlarına yönelik olarak günümüzde ilk sırayı artan nüfusun oluşturduğu arazi baskıları oluşturmaktadır. Samsun ilinin tarımsal potansiyeli yüksek alanlarının dağılımları toplam alan içerisinde oldukça az ve bu alanların büyük bir kısmı da özellikle Bafra ve Çarşamba Ovaları üzerinde yer almaktadır. Bu arazilerin daha akılcı ve sürdürülebilir kullanımlarının sağlanabilmesi ancak toprakların kalite ve karakteristiklerinin tanımlanıp bu özelliklere göre kullanılması ile gerçekleştirilebilir ([Dengiz ve Sarıoğlu, 2011](#)). Samsun Bafra Ovası'nda yamaçta profil gelişiminde en önemli olumsuz etkinin, toprak oluşturuç faktör konumları (omuz ve sırt eğimi) toprak erozyonu olduğu ifade edilmiştir. Toprak erozyonu ve kütle hareketi ile heyelanlar dağlık bölgelerdeki önemli jeomorfolojik süreçlerdir. Toprak gelişimi tüm bölgelerde devam ederken regolit kaplı alan, kütle hareketi ile bir anda kesilebilmektedir. Bu kesinti yüksek eğim derecelerinde nispeten yaygındır. Dolayısıyla regosol orada genellikle baskındır. Bu nedenle bu topraklar genç topraklar olarak tanımlanmaktadır ([Dengiz ve ark., 2013](#)). Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresinde alan kullanımlarının belirlenmesinde doğal ve kültürel kaynak değerleri ayrıntılı bir şekilde [Zengin ve Yılmaz \(2008\)](#)'ın yaptıkları çalışmada ele alınmıştır. Yapılan değerlendirme sonuçlarına göre 94086 hektarlık araştırma alanının 25479 hektarı (% 27.08) tarım alanı, 20895 hektarı (% 22.21) mera alanı, 18858 hektarı (% 20.04) çayır alanı, 9767 hektarı (% 10.38) orman, 7955 hektarı (% 8.46) koruma ve turizm-rekreasyon alanları, 4175 hektarı (% 4.44) yerleşim alanı ve 6957 hektarı (% 7.39) ise sulak alanlar için uygundur ([Zengin ve Yılmaz, 2008](#)). Yukarı Kura Nehri Havzası; jeolojik yapı, morfolojik özellikler ve iklim şartları yönünden olduğu kadar toprak coğrafyası yönünden de ilgi çekici bir sahadır. Arazide yapılan çalışmalar sırasında toprak oluşumunu etkileyen faktörler (yapı ve relief, iklim, vejetasyon, zaman ve erozyon) dikkate alınmış ve ana toprak tiplerini ayırt edici nitelikteki yerlerde [Koçman \(1984\)](#) tarafından profiller açılmıştır. Açılan profiller üzerinde toprağın horizonlaşma, renk, strüktür, derinlik, ana malzeme, kireç ve kök yayılışı özellikleri de incelenmiştir ([Koçman, 1984](#)). Yukarı Kura Nehri Havzası'nda başta iklim koşulları olmak üzere, morfolojik ve edafik faktörler belirgin olarak birtakım bitki topluluklarının ortaya çıkmasına neden olmuş ve alçak kesimlerden (çöküntü ovalarından) daha yüksek kesimlere doğru birbirinden farklı özellikte bitki kuşakları meydana gelmiştir. Araştırma alanındaki toprak tiplerinin oluşumu ve dağılışı üzerinde anakayadan çok; iklim, relief ve vejetasyonun etkili olduğu söylenebilir. Nitekim, zonal topraklar grubuna giren ve havzada bulunan topraklardan çernozyomlar ve kestanerengi step toprakları, soğuk ve orta derecede nemli step vejetasyonu alanlarının topraklarıdır. Buna karşılık, yüksek relief ve elverişsiz iklim koşulları pedojenezin gidişini etkilemiştir. Havzada eğim, anakaya ve jeomorfolojik özelliklerin etkisi altında kahverengi orman toprakları, yüksek dağ-çayır toprakları ve litosoller gibi çeşitli toprak tipleri geniş alanlar kaplarlar. Alüvyal ve hidromorfik alüvyal topraklar ise depresyonlarda yaygındır ([Koçman, 1990](#)).

### **Ardahan ilinin toprak verimlilik özellikleri**

Ülkemizin özellikle tarım arazilerinde dağılım gösteren toprakların bitki besin element içeriklerinin belirlenmesine yönelik yapılan en kapsamlı çalışma, Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nce 1980-1991 yılları arasında yürütülen "Türkiye Topraklarının Verimlilik Envanteri (TOVEP)" Projesi'dir ([Dengiz ve ark., 2007](#)). Bu proje kapsamında, iller düzeyinde toprakların verimliliklerine yönelik makro bitki besin maddeleri yönünden organik madde içeriğine bağlı olarak azot, fosfor ve potasyum ile mikro besin

elementleri olarak da demir, bakır, mangan ve çinko içerikleri incelenmiştir. TOVEP projesi de dikkate alınarak Güleç ve ark. (2018) tarafından gerçekleştirilen Ardahan iline yönelik verimlilik çalışmalarında Ardahan ili topraklarının, alınabilir fosfor ( $P_2O_5$ ) içerikleri yönünden % 11'inin yüksek ve % 87'sinin çok yüksek düzeylerde yarayışlı fosfor içerdiği belirlenmiştir. Ayrıca toprakların alınabilir fosfor içeriklerinin az olması nedeniyle toprakların fosforlu gübre ihtiyacının daha yüksek olduğunu da belirtmişlerdir. Ardahan ili topraklarının organik madde içerikleri yönünden % 56.15'inin orta ve % 43.85'inin iyi düzeyde organik madde içerdiği ifade edilmiştir. Özellikle organik madde içeriği % 2'nin altında olan toprakların organik madde eksikliğini gidermek için hayvan gübresi, yeşil gübreleme gibi organik gübreleme uygulamaları yapılması gerekmektedir. Diğer bir makro bitki besin elementi olan potasyum yönünden Ardahan ili topraklarının tamamının yüksek düzeyde yarayışlı potasyum içermekte olduğu belirtilmiştir. Bu nedenle il topraklarında potasyumlu gübre uygulamasına gerek duyulmamaktadır. Mikro besin elementleri yönünden ise araştırmacılar il topraklarının demir, bakır ve mangan yönünden yetersizliğin olmadığını belirtmişlerdir. Fakat çinko içeriklerinin ise il topraklarının % 2.55'i çok az, % 12.22'si az, % 74.43 yeter ve % 10.80'inin fazla seviyede alınabilir olduğunu belirtmişlerdir.

## Sonuç

Ardahan genel hatlarıyla kuzeyde Keldağ (3033 m), batıda Yalnızçam Dağları (3167 m), güneyde Kısır Dağı (3197 m) ile Allahuekber Dağları (3120 m), doğuda ise Akbaba Dağı (3026 m) ile sınırlandırılmıştır. Jeolojik yapı Triyas'tan başlayarak Kuvaterner'e kadar devam etmektedir. Ardahan'ın hiyerarşik kümeleme yöntemi Ward tekniğine göre belirlenen bölgelerden olan yarı nemli ve soğuk karasal Doğu Anadolu İklim Bölgesi ile yazı yağışlı yarı nemli ve soğuk karasal Kuzeydoğu Anadolu İklim Bölgesi arasında geçiş konumunda yer aldığı görülmektedir. Toprakların buldukları ekolojik koşullar altında yerel, bölgesel, ulusal ve kıtasal düzeylerde birbirinden çok farklı özelliklere sahip olmasında ve arazi kullanımı ile arazi örtüsünde coğrafi özellikler önemli rol üstlenmektedirler. Ardahan ili ülkemizin en yüksek kesimlerinde yer almakta olup, baskın olarak % 10 üzeri yüksek eğim değerleri söz konusudur. Ayrıca çalışma alanında yüksek dağlık alanların yaygınlığı bakı özelliğinde, dolayısıyla da toprakların sıcaklık ve nem içeriklerinde farklılaşmaya da neden olabilmektedir. Bu etkenlerin yanı sıra volkanik materyalin baskın olduğu buna ilaveten diğer kayaçların etkisiyle de yedi farklı toprak grubu meydana gelmiştir. Bu toprak grupları içerisinde en yaygın olanı bazaltik topraklardır. Ardahan ilinde arazi kullanımı açısından meralar geniş alan kaplamaktadır. Çalışma alanında orta şiddetli erozyon alanları yaygındır. Arazi kullanım kabiliyet sınıflarına göre VI. sınıf araziler en fazla dağılım göstermektedir. Toprak derinlik özelliklerine göre orta derinlikte topraklar daha yaygın olarak yer almaktadır.

Ardahan ili topraklarının coğrafi koşulları nedeniyle I., II., III. ve IV. sınıf olan işlemeli tarıma uygun alanların çok az olduğu, buna karşın hayvancılığa elverişli mera arazilerinin daha yaygın olduğu görülmektedir. Fakat bu alanlar uygun mera yönetimi altında kullanılmadıkları takdirde potansiyel erozyon tehlikeleri yüksektir. Dolayısıyla arazi ve toprak kaynaklarına ait özelliklerin belirlenmesi ve haritalanma çalışmaları yapılması ile bu alanlarda uygulanacak olan tarımsal faaliyetler, arazi veya havza planlama çalışmaları gibi önemli konularda daha detaylı ve işlevsel planlar yapılabilmesi için karar vericilere önemli veri kaynakları oluşturacaktır.

## Katkı Belirtme ve Teşekkür

Yazar, arazi çalışmalarındaki yardımlarından ve daima desteklerinden dolayı sayın Prof. Dr. Orhan Dengiz, Dr. Kuttusi Zorlu ve doktora öğrencisi Soner Serin'e içtenlikle teşekkür eder.

## Kaynaklar

- Aktimur H T, Tekirli M E, Yurdakul M E, Ürgün B M, Ercan T. 1992a. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan F-50 (C-36) Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 39.
- Aktimur H T, Tekirli M E, Yurdakul M E, Ürgün B M, Ercan T. 1992b. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-50 (D-36) Paftası. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 40.
- Alaboz P, Odabaş M S, Dengiz O. 2023. Soil quality assessment based on machine learning approach for cultivated lands in semi-humid environmental condition part of Black Sea region. Archives of Agronomy and Soil Science. <https://doi.org/10.1080/03650340.2023.2248002>.



- Álvarez E, Monterroso C, Fernández Marcos M L. 2002. Aluminium fractionation in Galician (NW Spain) forest soils as related to vegetation and parent material. *Forest Ecology and Management*, 166, 1-3, 193-206. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(01\)00658-2](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(01)00658-2).
- Álvarez E, Viadé A, Fernández-Marcos M L. 2009. Effect of liming with different sized limestone on the forms of aluminium in a Galician soil (NW Spain). *Geoderma*, 152, 1-2, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.011>.
- Asf Daac. 2015. ALOS PALSAR\_Radiometric\_Terrain\_Corrected\_low\_res; Includes Material © JAXA/METI 2007. Accessed through ASF DAAC 11 November 2015. <https://doi.org/10.5067/JBYK3J6HFSVF>.
- Beillouin D, Corbeels M, Demenois J, Berre D, Boyer A, Fallot A, Feder F, Cardinael R. 2023. A global meta-analysis of soil organic carbon in the Anthropocene. *Nature Communications*, 14, 3700. <https://doi.org/10.1038/s41467-023-39338-z>.
- Blum J, Herpin U, Melfi A J, Montes C R. 2012. Soil properties in a sugarcane plantation after the application of treated sewage effluent and phosphogypsum in Brazil. *Agricultural Water Management*, 115, 203-216. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.09.010>.
- Bünemann E K, Bongiorno G, Bai Z, Creamer R E, Deyn G, Goede R, Fleskens L, Geissen V, Kuyper T W, Mäder P, Pulleman M, Sukkel W, Groenigen J W, Brussaard L. 2018. Soil quality-A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.01.030>.
- Cai A, Xu M, Wang B, Zhang W, Liang G, Hou E, Luo Y. 2019. Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility. *Soil and Tillage Research*, 189, 168-175. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.022>.
- Caires E F, Garbuio F J, Churka S, Barth G, Corrêa J C L. 2008. Effects of soil acidity amelioration by surface liming on no-till corn, soybean, and wheat root growth and yield. *European Journal of Agronomy*, 28, 1, 57-64. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2007.05.002>.
- Cianfrani C, Buri A, Verrecchia E, Guisan A. 2018. Generalizing soil properties in geographic space: Approaches used and ways forward. *Plos One*, 13, 2, e028823. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0208823>.
- Dai Z, Zhang X, Tang C, Muhammad N, Wu J, Brookes P C, Xu J. 2017. Potential role of biochars in decreasing soil acidification-A critical review. *Science of The Total Environment*, 581-582, 601-611. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2016.12.169>.
- Demirağ Turan İ, Dengiz O. 2017. Erosion risk prediction using multi-criteria assessment in Ankara. *Journal of Agriculture Science*, 23, 3, 285-297.
- Dengiz O, Özcan H, Güntürk A, Köşker Y. 2007. Tarımsal amaçlı fiziksel arazi değerlendirme çalışmalarında bilgisayar model yaklaşımı (Tosatadem-2005). *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22, 1, 55-63.
- Dengiz O, Sağlam M, Özyaytekin H H, Başkan O. 2013. Weathering rates and some physico-chemical characteristic of soils developed on a calcic toposequences. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences*, 8, 2, 13-24.
- Dengiz O, Sarıoğlu F E. 2011. Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının genel dağılımları ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarının önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26, 3, 241-253.
- Dengiz O. 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 3, 205-212. [https://doi.org/10.1501/Tarimbil\\_0000001139](https://doi.org/10.1501/Tarimbil_0000001139).
- Dengiz O. 2020. Soil quality index for paddy fields based on standard scoring functions and weight allocation method. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 66, 3, 301-315. <https://doi.org/10.1080/03650340.2019.1610880>.
- Dong Y, Yang J L, Zhao X R, Yang S H, Zhang G L. 2021. Contribution of different proton sources to the acidification of red soil with maize cropping in subtropical China. *Geoderma*, 392, 114995. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2021.114995>.
- Du Y, Cui B, Zhang Q, Wang Z, Sun J, Niu W. 2020. Effects of manure fertilizer on crop yield and soil properties in China: A meta-analysis. *Catena*, 193, 104617. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104617>.
- García-Rodeja E, Nóvoa J C, Pontevedra X, Martínez-Cortizas A, Buurman P. 2004. Aluminium fractionation of European volcanic soils by selective dissolution techniques. *Catena*, 56, 1-3, 155-183. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2003.10.009>.
- Güleç H, Pılanalı N, Kalınbacak K, Keçeci M, Özcan H. 2018. Ardahan Gübreleme Rehberi. Tarım ve Orman Bakanlığı, Bitkisel Üretim Genel Müdürlüğü, Ankara.

- Hao T, Liu X, Zhu Q, Zeng M, Chen X, Yang L, Shen J, Shi X, Zhang F, Vries W. 2022. Quantifying drivers of soil acidification in three Chinese cropping systems. *Soil and Tillage Research*, 215, 105230. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105230>.
- Jazouli A, Barakat A, Khellouk R, Rais J, Baghdadi M. 2019. Remote sensing and GIS techniques for prediction of land use land cover change effects on soil erosion in the high basin of the Oum Er Rbia River (Morocco). *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 13, 361-374. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2018.12.004>.
- Joos L, Tender C, Holderbeke A, Clement L, Vandecasteele B, Debode J. 2023. Exploring the microbial response as a potential bio-indicator for soil health: Insights from a controlled incubator experiment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 356, 108634. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108634>.
- Juhos K, Czigány S, Madarász B, Ladányi M. 2019. Interpretation of soil quality indicators for land suitability assessment-A multivariate approach for Central European arable soils. *Ecological Indicators*, 99, 261-272. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.11.063>.
- Kahsay A, Haile M, Gebresamuel G, Mohammed M, Okolo C C. 2023. Assessing land use type impacts on soil quality: Application of multivariate statistical and expert opinion-followed indicator screening approaches. *Catena*, 231, 107351. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2023.107351>.
- Karabalık N N. 2013. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-49 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi. No: 182.
- Keskin İ. 2013a. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan E-48 ve F-48 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 180.
- Keskin İ. 2013b. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Ardahan E-49 ve F-49 Paftaları. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 181.
- Koçman A. 1984. Yukarı Kura Nehri havzasının toprakları. *Ege Coğrafya Dergisi*, 2, 1, 151-176.
- Koçman A. 1990. Kura Nehri yukarı havzasında doğal bitki toplulukları ve yetişme ortamı özellikleri (NE Anadolu). *Ege Coğrafya Dergisi*, 5, 1, 44-54.
- Konak N, Hakyemez H Y. 2008. 1/ 100.000 Ölçekli Türkiye Jeoloji Haritaları, Kars G-48 Paftası. MTA Genel Müdürlüğü, Jeoloji Etütleri Dairesi, No: 104.
- Kosmas C, Danalatos N, Cammeraat L H, Chabart M, Diamantopoulos J, Farand R, Gutierrez L, Jacob A, Marques H, Martinez-Fernandez J, Mizara A, Moustakas N, Nicolau J M, Oliveros C, Pinna G, Puddu R, Puigdefabregas J, Roxo M, Simao A, Stamou G, Tomasi N, Usai D, Vacca A. 1997. The effect of land use on runoff and soil erosion rates under Mediterranean conditions. *Catena*, 29, 1, 45-59. [https://doi.org/10.1016/S0341-8162\(96\)00062-8](https://doi.org/10.1016/S0341-8162(96)00062-8).
- Leh M, Bajwa S, Chaubey I. 2013. Impact of landuse change on erosion risk: An integrated remote sensing, Geographic Information System and Modeling methodology. *Land Degradation & Development*, 24, 5, 409-421. <https://doi.org/10.1002/ldr.1137>.
- Li L, Wang Y, Liu C. 2013. Effects of land use changes on soil erosion in a fast developing area. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11, 1549-1562. <https://doi.org/10.1007/s13762-013-0341-x>.
- Li X, Qiao L, Huang Y, Li D, Xu D, Ge T, Meersmans J, Zhang W. 2023. Manuring improves soil health by sustaining multifunction at relatively high levels in subtropical area. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 353, 108539. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2023.108539>.
- Liptzin D, Norris C E, Cappellazzi S B, Bean G M, Cope M, Greub K L H, Rieke EL, Tracy PW, Aberle E, Ashworth A, Tavarez O B, Bary A I, Baumhardt R L, Gracia A B, Brainard D C, Brennan J R, Reyes D B, Bruhjell D, Carlyle C N, Crawford J J W, Creech C F, Culman S W, Deen B, Dell C J, Derner J D, Ducey T F, Duiker S W, Dyck M F, Ellert B H, Entz M H, Solorio A E, Fonte S J, Fonteyne S, Fortuna A M, Foster J L, Fultz L M, Gamble A V, Geddes C M, LaHue D, Grove J H, Hamilton S K, Hao X, Hayden Z D, Honsdorf N, Howe J A, Ippolito J A, Johnson G A, Kautz M A, Kitchen N R, Kumar S, Kurtz K S M, Larney F J, Lewis K L, Liebman M, Ramirez A L, Machado S, Maharjan B, Gamiño M A M, May W E, McClaran M P, McDaniel M D, Millar N, Mitchell J P, Moore A D, Moore P A, Gutiérrez M M, Nelson K A, Omondi E C, Osborne S L, Alcalá L O, Owens P, Pena-Yewtukhiw E M, Poffenbarger H J, Lira B P, Reeve J R, Reinbott T M, Reiter M S, Ritchey E L, Roozeboom K L, Rui Y, Sadeghpour A, Sainju U M, Sanford G R, Schillinger W F, Schindelbeck R R, Schipanski M E, Schlegel A J, Scow K M, Sherrod L A, Shober A L, Sidhu S S, Moya E S, Luce M S, Strock J S, Suyker A E, Sykes V R, Tao H, Campos A T, Eerd L L, Es H, Verhulst N, Vyn T J, Wang Y, Watts D B, Wright D L, Zhang T, Morgan C L S, Honeycutt C W. 2022. An evaluation of carbon indicators of soil health in long-term agricultural experiments. *Soil Biology and Biochemistry*, 172, 108708. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2022.108708>.

- Mangalassery S, Kalaivanan D, Philip P S. 2019. Effect of inorganic fertilisers and organic amendments on soil aggregation and biochemical characteristics in a weathered tropical soil. *Soil and Tillage Research*, 187, 144-151. <https://doi.org/10.1016/j.still.2018.12.008>.
- Manoharan V, Loganathan P, Tillman R W, Parfitt R L. 2007. Interactive effects of soil acidity and fluoride on soil solution aluminium chemistry and barley (*Hordeum vulgare* L.) root growth. *Environmental Pollution*, 145, 3, 778-786. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2006.05.015>.
- MGM. 2023. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) Sıcaklık ve Yağış Verileri, (1970-2022).
- Moraes F A, Moreira S G, Peixoto D S, Silva J C R, Macedo J R, Silva M M, Silva B M, Sanchez P A, Nunes M R. 2023. Lime incorporation up to 40 cm deep increases root growth and crop yield in highly weathered tropical soils. *European Journal of Agronomy*, 144, 126763. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2023.126763>.
- Nortcliff S. 2002. Standardisation of soil quality attributes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 88, 2, 161-168. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(01\)00253-5](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(01)00253-5).
- Özgül M. 2020. Erzurum Kars Platosu'nda yüksek dağ ve çayır topraklarının yaygın özellikleri ve arazi kullanım durumu. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51, 3, 309-320. <https://doi.org/10.17097/ataunizfd.710916>.
- Özyazıcı M A, Dengiz O, İmamoğlu A. 2014. Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 2, 128-137. <https://doi.org/10.19159/tutad.67391>.
- Rabot E, Wiesmeier M, Schlüter S, Vogel H J. 2018. Soil structure as an indicator of soil functions: A review. *Geoderma*, 314, 122-137. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2017.11.009>.
- Rafael R B A, Fernandez-Marcos M L, Cocco S, Ruello M L, Fornasier F, Corti G. 2020. Increased phosphorus availability to corn resulting from the simultaneous applications of phosphate rock, calcareous rock, and biochar to an acid sandy soil. *Pedosphere*, 30, 6, 719-733. [https://doi.org/10.1016/S1002-0160\(20\)60034-0](https://doi.org/10.1016/S1002-0160(20)60034-0).
- Sanogo K, Birhanu B Z, Sanogo S, Ba A. 2023. Landscape pattern analysis using GIS and remote sensing to diagnose soil erosion and nutrient availability in two agroecological zones of Southern Mali. *Agriculture & Food Security* 12, 4. <https://doi.org/10.1186/s40066-023-00408->
- Shao-Cheng S, Yu-Cheng W, Yuan L, Shuai Y, Xiao-Hong P, Yong-Ming L. 2023. Divergent soil health responses to long-term inorganic and organic fertilization management on subtropical upland red soil in China. *Ecological Indicators*, 154, 110486. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110486>.
- Tamene L, Adimassu Z, Aynekulu E, Yaekob T. 2017. Estimating landscape susceptibility to soil erosion using a GIS-based approach in Northern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 5, 3, 221-230. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.05.002>.
- Tercan E, Dengiz O, Özkan B, Dereli M A, Öztekin Y B. 2022. Geographic information system-assisted site quality assessment for hazelnut cultivation using multi-criteria decision analysis in the Black Sea region, Turkey. *Environmental Science and Pollution Research*. 29, 35908-35933. <https://doi.org/10.1007/s11356-021-18127-5>.
- Türkeş M. 2022. *Klimatoloji ve Meteoroloji. Güncellenmiş ve Genişletilmiş İkinci Basım*, Kriter Yayınevi, No: 45353. ISBN: 978-605-5863-39-5.
- Van Wambeke A R. 2000. The Newhall simulation model for estimating soil moisture and temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY. USA.
- Zengin M, Yılmaz S. 2008. Ardahan Kura Nehri ve yakın çevresi alan kullanımlarının belirlenmesi ve optimal alan kullanım önerileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 39, 1, 43-54.
- Zhang S, Yang W, Muneer M A, Ji Z, Tong L, Zhang X, Li X, Wang W, Zhang F, Wu L. 2021. Integrated use of lime with Mg fertilizer significantly improves the pomelo yield, quality, economic returns and soil physicochemical properties under acidic soil of southern China. *Scientia Horticulturae*, 290, 110502. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110502>.
- Zhang S, Zhu O, Vries W, Ros G H, Chen X, Muneer M A, Zhang F, Wu L. 2023. Effects of soil amendments on soil acidity and crop yields in acidic soils: A world-wide meta-analysis. *Journal of Environmental Management*, 345, 118531. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2023.118531>.



## Parmak erozyonu süreçlerinin WEPP modeli yaklaşımı ile ince bünyeli topraklar için değerlendirilmesi

Şefika ARSLAN<sup>1</sup>, Selen DEVİREN SAYGIN<sup>1\*</sup>, Fikret ARI<sup>2</sup>, Çağla TEMİZ<sup>1</sup>, Mehmet Altay ÜNAL<sup>3</sup>, Günay ERPUL<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Dışkapı, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Elektrik ve Elektronik Mühendisliği, Gölbaşı, Ankara

<sup>3</sup>Ankara Üniversitesi Kök Hücre Enstitüsü, Çankaya, Ankara

### Öz

Bu çalışmada, yarı kurak iklim şartlarında altında gelişen, kil içeriği yüksek 5 farklı kuru tarım arazisine ait toprak örneklerinin parmak erozyon süreçlerine karşı olan duyarlılıkları WEPP model (Water Erosion Prediction Project/Su Erozyonu Tahmin Projesi) yaklaşımına uygun olarak değerlendirilerek, model performansı Nash-Sutcliffe model etkinliği (NSE, Nash-Sutcliffe model efficiency) yaklaşımı ile belirlenmiştir. Modelde parmak erozyonu süreçleri parmak erozyon duyarlılığı ( $K_r$ ,  $s\ m^{-1}$ ) ve kritik akış kesme gerilimi ( $\tau_{cr}$ ) olarak adlandırılan değişkenler ile ölçülmektedir. Bu değişkenlerin elde edilmesinde, V şekilli küçük oluk ölçüm düzeneğinden (mini-flume) yararlanılmış olup, değerlendirilen farklı toprak türleri için, değişen yüzey akış oranları altında parçalanma oranı ve akış gerilimleri ölçülmüştür. Model performansının değerlendirilmesi amacı ile, WEPP modeli için içsel toprak özelliklerinden yararlanılarak geliştirilen deneysel eşitlikler ile tahmin edilen duyarlılık ve kritik akış kesme gerilimi değerleri, laboratuvar ortamında mini-flume ölçümlerinden elde edilen değerler ile NSE yaklaşımına göre karşılaştırılmıştır. Bulgular, örneklerin silt kapsamı arttıkça model performansının yükseldiğini göstermiştir. Bu durum modelin geliştirildiği toprak koşulları göz önüne alındığında uyumlu olarak değerlendirilmiştir. Kritik akış kesme gerilimleri açısından ölçülen ve tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında, laboratuvar ortamında ölçülen  $\tau_{cr}$  değerleri (0,36; 0,35; 0,37; 0,35; 0,40) model tahminleri (4,39; 3,5; 3,5; 3,5; 3,5)'ne göre oldukça düşük, model performansını ortaya koyan NSE değerleri (-1,36E+04; -5,70E+04; -2,21E+04; -1,04E+03; -1,98E+04)'de son derece düşüktür. Bu durum, modelin örneklem setinin değişen bünye koşulları açısından sınırlı olması ile açıklanabilmektedir. Özellikle ulusal ölçekte yapılacak planlamalarda tarım topraklarında karşılaşılan parmak erozyon riskinin değerlendirilmesi amacıyla önerilen eşitliklerin daha geniş veri setleri ile doğrulamalarının yapılması ve süreç tabanlı modelleme yaklaşımının kullanımının yaygınlaştırılması toprak ve su koruma açısından alınacak önlemlerin ve arazi yönetimleriyle ilgili olarak ortaya konulacak hedeflerin gerçekleştirilebilmesi açısından son derece önemli ve gereklidir.

**Anahtar Kelimeler:** WEPP modeli, parmak erozyon duyarlılığı, kritik akış kesme gerilimi, su erozyonu.

### Evaluation of rill erosion processes with WEPP model approach for fine-textured soils

#### Abstract

In the study, erodibility of the soils belonging to 5 different dry agricultural land under semi-arid climate conditions and having higher clay contents was evaluated for rill erosion processes with the WEPP model (Water Erosion Prediction Project) approach. And model performance was determined by the Nash-Sutcliffe model efficiency (NSE, Nash-Sutcliffe model efficiency) approach for studied soil conditions. The variables used for estimating rill erosion rates in the model are rill erodibility ( $K_r$ ,  $s\ m^{-1}$ ) and critical flow shear stress ( $\tau_{cr}$ ). A V-shaped mini-flume measurement setup was used to obtain these variables, and the rate of detachment and flow shear stress were measured under varying runoff rates for the different soil types evaluated. In order to evaluate the model performance, the erodibility and critical flow shear the values predicted by the empirical equations developed for the WEPP model using intrinsic soil properties were compared with the values obtained from mini-flume measurements in laboratory by using the NSE approach. The results showed that the model performance increased as the silt content of the samples increased. This situation is considered to be compatible with the soil conditions under which the model was developed.

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 312 596 1683

E-posta : [sdeviren@agri.ankara.edu.tr](mailto:sdeviren@agri.ankara.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 12 Ekim 2023 e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 30 Kasım 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1374916

When the measured and predicted values were compared in terms of critical flow shear stress, the laboratory measured  $\tau_{cr}$  values (0.3625; 0.3493; 0.3703; 0.3499; 0.3971) are considerably lower than the model predictions (4.3886; 3.5; 3.5; 3.5; 3.5), and the NSE values (-1.36E+04; -5.70E+04; -2.21E+04; -1.04E+03; -1.98E+04), which reveal the model performance, are also extremely low. This can be explained by the limited sample set of the model in terms of varying constitutive conditions. It is very important and necessary to verify the proposed equations with larger data sets and to extend the use of process-based modelling approach in order to evaluate the rill erosion risk encountered in agricultural soils, especially in national planning, in order to achieve the measures to be taken in terms of soil and water conservation and the targets to be set for land management.

**Keywords:** WEPP model, rill erodibility, critical flow shear stress, water erosion.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Toprak erozyonu, tüm dünyada üretkenliği olumsuz olarak etkilediği için ekosistem hizmetlerinin devamlılığının sağlanmasında toprak koruma önlemlerinin alınmasını zorunlu kılan önemli bir sorun olarak ifade edilmektedir (Crosson, 1997; Daily ve ark. 1997). Türkiye'nin yarı-kurak alanları içerisindeki pek çok tarım alanında düşük üretim potansiyeli erozyon olayları ile ilişkilendirilmektedir (Özdemir, 2002). Türkiye'de yapılan güncel erozyon araştırma bulgularına göre ise su erozyonu ile meydana gelen kayıpların %38,71'i tarım alanlarında meydana gelmekte olup, her yıl hektarda ortalama 2 ton toprak, su erozyonu sebebi ile yer değiştirmektedir (Erpul ve ark. 2018).

Toprak verimini doğrudan etkileyen erozyon sebebi ile verimli üst toprak katmanında bulunan fosfor, potasyum, azot vb. gibi bitki besin maddeleri uzaklaşmakta ve akabinde toprakların üretim potansiyelleri önemli düzeyde azalmaktadır. Bu durum gelecekte toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sınırlandırarak, gıda ve çevre güvenliğini tehdit etmektedir. Bununla birlikte erozyonun olumsuz etkileri sadece tarımsal üretim potansiyellerinde azalmaya yol açması ile sınırlı değildir. Öyle ki, su erozyonu sebebi ile parçalanarak taşınan sedimentler; göller, akarsu yatakları, baraj ve göletlerde siltasyona neden olarak bu yapıların ekonomik ömürlerini sınırlandırmaktadır (Saygın ve ark. 2014; Karagöz ve ark. 2015; Öztürk ve ark. 2023). Çevre sağlığı açısından, özellikle akarsuların tortu ve besin maddeleri ile kirlenmesi sonucu su kalitesi önemli düzeylerde düşmektedir (Kumarasiri ve ark. 2022). Türkiye'de yüzyıllar boyunca uygun olmayan arazi kullanımları ve tarım baskısı sebebi ile özellikle engebeli alanlarda üst toprak katmanı önemli oranda, hatta yer yer alttaki ana kaya ortaya çıkacak biçimde taşınmıştır (Saygın ve ark. 2014; 2021).

Su erozyonunun tarım alanlarında görülen en yaygın türü olan parmak erozyonu, birkaç cm derinlikteki küçük kanallarda yüzey akışların toplanarak toprak taneciklerini taşınması süreci olarak ifade edilmektedir. Başlangıç evresinde oldukça kolay bir şekilde görülebilen parmaklar genellikle devam eden bir erozyon sorununun ilk belirteci olup, zamanla önemli düzeylerde toprak kayıplarına sebep olabilmektedir. Etkili toprak koruma önlemleri alınmadığı sürece, düzenli olarak aşınan alanlardaki parmaklar, ilerleyen dönemler içerisinde oyuntulara evrilerek tarım arazilerinin verimsizleşmesi ve üretimin yapılamaz hale gelmesine yol açabilmektedir.

Su Erozyonu Tahmin Projesi (WEPP) Modeli yaygın olarak kullanılan fiziksel süreç tabanlı erozyon modeline bir örnektir. WEPP modeli, farklılaşan erozyon süreçlerini yansıttığı için parmak erozyonu süreçleri hakkında ayrıntılı bilgi sunmaktadır. Toprak kaybını tahmin etmek ve toprağın korunması için havza yönetimi uygulamalarını seçmek için bir sistem toplama yöntemini modelleme yaklaşımı olarak geliştirilmiştir (Foster ve Lane, 1987; Lane ve Nearing, 1989; Nearing ve ark. 1989; Flanagan ve Nearing, 1995; Flanagan ve ark. 2007). Toprak kayıplarını farklılaşan süreçlere bağlı olarak tahmin etmesi, diğer erozyon modellerine kıyasla daha başarılı tahminler yapabilmesine olanak sağlamaktadır (Saygın ve ark. 2018). Süreç tabanlı sürekli simülasyon modeli olan WEPP erozyon modeli denge hali süreklilik denklemi (Eşitlik 1) toprak kayıplarını hem tek bir eğim dikliği boyunca hem de havza ölçeğinde, net ayrılma ve depolanmayı değerlendirerek hesaplamaktadır.

$$dG/dx = D_r + D_i \quad [1]$$

Burada,

G: sediment yükü ( $\text{kg m}^{-1} \text{s}^{-1}$ ), x: eğim mesafesi (m),  $D_r$ : parmak parçalanması ya da depolanması ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ ),  $D_i$ : parmaklardan yüzey erozyonuna olan iletim oranı ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ )'dir.

Modelde, parmak erozyonundaki net toprak kaybı (parmak erozyon oranı) toprağın kritik akış kesme gerilimini geçtiği durumlarda oluşan hidrolik gerilimin bulunduğu ve sediment yükünün sediment taşıma kapasitesinden daha az olduğu durumlarda hesaplanır. Türkiye’de süreç tabanlı WEPP modeli kullanılarak yapılan çalışmalar USLE/RUSLE (Universal Soil Loss Equation/Revised Universal Soil Loss Equation) gibi deneysel modellere kıyasla daha detaylı veri seti gereksinimi sebebiyle oldukça sınırlıdır (Yüksel ve ark., 2016; Reis ve ark., 2017; Demir ve Oğuz, 2019). Bunun yanı sıra, WEPP modeli kil içeriğinin nispeten düşük olduğu siltçe zengin topraklar üzerinde yürütülen çalışmalar neticesinde elde edilen veri setleri dahilinde geliştirildiği için modelin performansı ile ilgili kapsamlı araştırmalara gereksinim duyulmaktadır (Guo vd, 2023; Wang vd, 2023).

Bu sebeple, çalışma kapsamında yarı kurak Orta Anadolu şartlarında gelişen kil içeriği yüksek topraklarda parmak erozyon duyarlılıklarının süreç tabanlı WEPP modeli ile belirlenmesi ve model performansının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu bağlamda, WEPP modelinde, içsel toprak özelliklerinden yararlanılarak üretilen deneysel eşitlikler ile tahmin edilen duyarlılık ve kritik akış kesme gerilimi değerleri ile laboratuvar ortamında mini-flume ölçümlerinden elde edilen değerler NSE yaklaşımı ile karşılaştırılarak farklı topraklar için model performansı değerlendirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı ve toprak örnekleme

Çalışma kapsamında, Ankara ili Ayaş, Beypazarı ve Polatlı ilçelerinden 2018 yılında ağustos ayı içerisinde, nadasa bırakılmış 5 farklı tarım arazisinden üçer tekerrürlü olarak alınan 15 adet toprak örneği kullanılmıştır. Laboratuvara getirilen örnekler ortalama 20°C’de 7 gün boyunca havada kurutulmuştur. Bitkisel kalıntılar ve büyük kayaç parçalarını uzaklaştırmak ve agregat boyut dağılımını homojenleştirmek için 8 mm’lik elekten geçirilen örnekler ezilerek çapı > 2 mm olan kaya parçaları ayrılmış ve < 2 mm’lik elekten geçirilen toprak örnekleri laboratuvar analizleri için hazır hale getirilmiştir. Örneklere ait temel toprak özellikleri Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Erozyonu Araştırma Laboratuvarında yapılan analizler neticesinde belirlenmiştir. Bu kapsamda, bünye (Bouyoucos, 1962), pH (Richards, 1954), EC (Richards, 1954), kireç (Çağlar, 1958), organik madde (Nelson ve Sommers, 1982), hidrolik iletkenlik (Klute ve Dirksen, 1986) ve suya dayanıklı agregat yüzdesi (Kemper ve Rosenau, 1986) ölçülmüştür. Çalışma alanı topraklarının genel durumunu ortaya koymak için değerlendirilen her bir temel toprak özelliğine ait tanımlayıcı istatistikler IBM SPSS Statistics 23 programı kullanılarak belirlenmiştir.

### WEPP model değişkenlerinin elde edilmesi

WEPP model değişkenlerinin elde edilmesinde, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Erozyonu Araştırma Laboratuvarında bulunan “Parmak Erozyonu Ölçüm Düzenegi”nden yararlanılmıştır. Shainberg ve ark. (1996) tarafından bildirilen esaslara uygun olarak tasarlanan düzenek yardımıyla toprakların, parmak duyarlılıkları ( $K_r$ ) ve parmak oluşum süreçlerini başlatan kritik akış kesme gerilimleri ( $\tau_{cr}$ ) aşağıda belirtildiği şekilde elde edilmiştir (Saygın ve ark. 2021).

### V şekilli küçük-oluk (mini-flume) deney düzenegi ile $K_r$ ve $\tau_{cr}$ değişkenlerinin elde edilmesi

Parmaklardaki net toprak parçalanması, akışın hidrolik kesme gerilimi toprağın kritik akış kesme gerilimini aştığı koşullar için eşitlik 2’de gösterildiği şekilde hesaplanmaktadır (Flanagan ve Nearing, 1995).

$$D_c = K_r(\tau - \tau_{cr}) \quad [2]$$

Burada  $D_c$ , akışın parçalama oranı ( $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$ );  $K_r$  parmak duyarlılığı ( $\text{s m}^{-1}$ );  $\tau$  akış kesme gerilimi (Pa); ve  $\tau_{cr}$  kritik akış kesme gerilimi (Pa) (Foster ve ark. 1995). Akış kesme gerilimi, kanalın hidrolik yarıçapı (m) ve kanal eğiminden yararlanılarak manning eşitliği yardımı ile eşitlik 3’te gösterildiği şekilde elde edilmiştir (Shainberg ve ark., 1994).

$$\tau = \gamma R_h S \quad [3]$$

Burada,  $\gamma$  suyun ağırlığı ( $\text{N.m}^{-3}$ );  $R_h$  akışın hidrolik yarıçapı (m); ve  $S$  parmak kanalının eğim derecesidir ( $\text{m.m}^{-1}$ ).

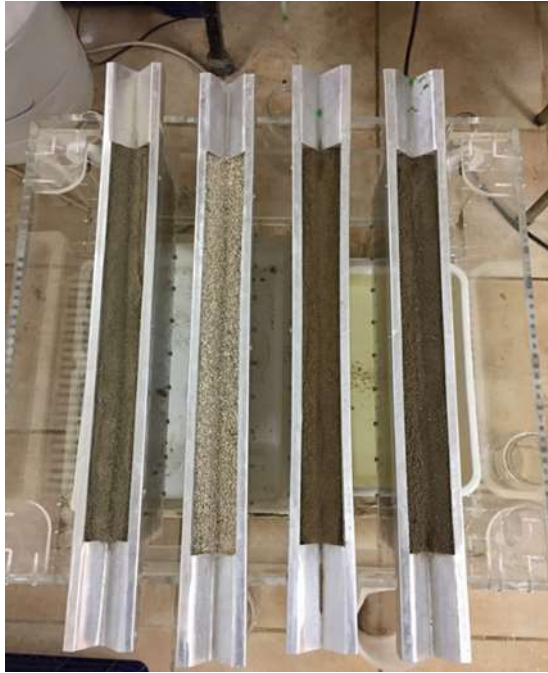
%3 eğim koşullarında, 5 farklı toprakta WEPP model yaklaşımına uygun olarak parmak erozyon duyarlılıkları ve kritik kesme gerilimleri incelenmiştir. Her bir toprak için üçer tekerrürlü olarak

gerçekleştirilen her bir mini-flume deneyinde 12 farklı yüzey akış konsantrasyonu (0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.35, 0.40, 0.45, 0.50, 0.55, 0.60 ve 0.65 L dk<sup>-1</sup>) altında taşınan sediment konsantrasyonları ölçülmüştür. Yüzey akış konsantrasyonlarındaki artış sırasında süreklilik esas olup belirtilen akış konsantrasyonlarına kademeli olarak ulaşılmış olup deney herhangi bir şekilde son konsantrasyon değerine ulaşmaya kadar kesintiye uğratılmamıştır. Ölçülen her bir parçalanma oranına karşılık gelen akış kesme gerilimleri arasındaki doğrusal ilişkiden kritik akış kesme gerilimi elde edilmektedir. Kurulan ilişkinin eşitliğinde eğrinin eğimi parmak duyarlılığını, eğrinin akış gerilimi ile kesiştiği nokta ise kritik akış kesme gerilimini vermektedir.

Sırasıyla, Şekil 1 ve 2'de toprakların parmak erozyon duyarlılığının belirlenmesinde kullanılan v-şekilli oluk seti (mini-flume) ve ölçümlerden görünüm sunulmaktadır.



Şekil 1. Parmak erozyonu ölçüm çalışmasından görünüm (mini-flume düzenenği)



Şekil 2. Yüzey akışlar sonrası kanalda gözlemlenen değişimler

### WEPP modeli parmak erozyon duyarlılık etmeni

WEPP modelinde içsel toprak özelliklerinden yararlanılarak parmak erozyon duyarlılıklarının ( $K_r$ ) ve kritik akış kesme gerilimi ( $\tau_{cr}$ ) değerlerinin tahmin edilmesinde kullanılan deneysel eşitlikler kum kapsamlarına göre iki grup halinde değerlendirilmekte olup, eşitlik 4'ten eşitlik 7'ye kadar verilmektedir (Nearing ve ark. 1989). Çalışmada, 1 numaralı örneğin kum içeriği %30'dan fazla olduğu için eşitlik 4 ve eşitlik 5 kullanılmış olup diğer topraklar için eşitlik 6 ve eşitlik 7 yardımı ile  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değişkenleri tahmin edilmiştir.

%30 ve daha fazla kum içeren topraklar için;

$$K_r = .00197 + .00030VFS + .03863e^{-1.84OM} \quad [4]$$

Burada,  $K_r$ : Parmak duyarlılığı ( $s \cdot m^{-1}$ ), VFS: üst toprakta çok ince kum yüzdesi OM: Organik madde kapsamı (%) dir. Bu topraklar için  $\tau_{cr}$  değeri eşitlik 5 ile hesaplanmaktadır.

$$\tau_{cr} = 2,67 + 0,065C - 0,058 * VFS \quad [5]$$

Burada,  $\tau_{cr}$ : Kritik akış kesme gerilimi (Pa), VFS, yüzey toprağının çok ince kum yüzdesi, C, yüzey toprağının kil kapsamıdır.

%30'dan daha az kum içeren topraklar için;

$$K_r = .0069 + .134e^{-.20C} \quad [6]$$

Burada,  $K_r$ : Parmak duyarlılığı ( $s \cdot m^{-1}$ ), C: üst toprakta kil yüzdesi (%) olup, bu topraklar için  $\tau_{cr}$  değeri 3,5 Pa olarak alınmıştır.

## Model performansının değerlendirilmesi

Deneyel olarak belirlenen parmak duyarlılığı ( $K_r$ ) ve kritik akış kesme gerilimi ( $\tau_{cr}$ ) değerleri ile WEPP modelinde içsel toprak özelliklerinden yararlanılarak tahmin edilen  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değerleri arasındaki ilişki Nash-Sutcliffe model etkinliği (NSE) yaklaşımı ile değerlendirilmiştir (Nash ve Sutcliffe, 1970). Bu yaklaşım çeşitli modeller ile elde edilen özelliklere ait değerler ile ölçüm yoluyla elde edilenler arasındaki ilişkiyi değerlendirmektedir. Birçok hidrolojik tahminin doğruluğunu ölçmek için kullanılan, ölçüm verisi varyansına kıyasla kalıcı varyansın göreceli büyüklüğünü belirleyen normalleştirilmiş bir istatistik yöntemi olan bu yaklaşım aynı zamanda sediment taşınımı, izotop davranışı, toprak davranışlarının modellenmesi ve jeofiziksel modellemelerde de başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Moriyası ve ark., 2007; Campforts ve ark., 2016). Değerlendirilen özelliklere ait NSE değerleri, eşitlik 8'de gösterildiği şekilde elde edilmiştir.

$$NSE = 1 - \frac{\sum(Y_0 - Y_t)^2}{\sum(Y_0 - Y_{ort})^2} \quad [8]$$

Burada,  $Y_0$  ölçülen değer,  $Y_t$  model ile tahmin edilen değer,  $Y_{ort}$  ölçülen ortalama.

NSE değeri  $-\infty$ 'dan 1'e kadar değişebilmektedir. Burada, NSE = 1 olması veya 1'e yaklaşması, modelin değerlendirilen koşullar için oldukça uygun olduğunu kanıtlar. 0 ile 1 arasındaki değerler genelde model performansının kabul edilebilir olduğu anlamına gelmektedir. Değerin 0'dan küçük olması, ortalama ölçüm değerinin tahmin edilen veriden daha iyi tahmin edici olduğunu ve model performansının yetersiz olduğunu göstermektedir. NSE'nin yöntem performans ölçümündeki etkinliğinin en önemli sebebi, ölçülen ve tahmin edilen verilerdeki örtüşmeyi en iyi temsil eden fonksiyon olmasıdır (Sevat ve Dezetter, 1991; Yılmaz, 2014).

## Bulgular ve Tartışma

### Toprak karakteristikleri

Ankara İli Beypazarı ve Polatlı İlçelerinde kuru tarım yapılan farklı arazi koşulları incelenmiş olup, kolloidal yapısının güçlü olduğu ön-çalışma neticesinde tespit edilen 5 farklı araziden üçer tekerrürlü olacak şekilde toprak örnekleri alınarak, temel fiziko-kimyasal analizler gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Analiz edilen özellikler açısından değerlendirilen toprakların geneline ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de görülmektedir. Ayaş ilçesinden alınan 1 numaralı örnekleme noktasındaki topraklar kil tın bünyeli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, orta düzeyde organik madde içeriğine sahip olup orta kireçli bir yapı sergilemektedir. Polatlı ilçesinden alınan 2 numaralı örnekleme noktasındaki topraklar kil bünyeli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, iyi düzeyde organik madde içeriğine sahip olup fazla kireçli bir yapıya sahiptir. Polatlı ilçesinden alınan 3 numaralı örnekleme noktasındaki topraklar siltli killi tın bünyeli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, iyi düzeyde organik madde içeriğine sahip olup fazla kireçli bir yapıya sahiptir. Polatlı ilçesinden alınan 4 numaralı örnekleme noktasındaki topraklar kil bünyeli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, iyi düzeyde organik madde içeriğine sahip olup çok fazla kireçli bir yapı sergilemektedir. Beypazarı ilçesinden alınan 5 numaralı örnekleme noktasındaki topraklar ise kil bünyeli, hafif alkalın karakterli, tuzsuz, iyi



düzye organik madde içeriğine sahip olup fazla kireçli bir yapıya sahiptir (Soil Survey Staff, 2014). Örneklerde yapılan analizler sonucu bulunan Suya Dayanıklı Agregat (SDA) değerlerinin %39,12 ile %80,95 arasında olduğu belirlenmiştir. Ortalama olarak SDA değeri ise %60,48 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). SDA değerlerinin yüksek olması erozyona karşı duyarlılığı azaltmaktadır. Toprakların organik madde içeriklerinin yüksek olmasının SDA değerlerini olumlu yönde etkilediği düşünülmektedir (Chenu ve ark., 2000). Ayrıca kil miktarının yüksek olduğu topraklarda SDA değerlerinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Genellikle kil içeriğinin artması ile SDA da bir artış gözlenmektedir (Yılmaz ve ark. 2005). Araştırma topraklarının hidrolik iletkenlik (Hİ) değerleri ise 1,45-6,55 cm saat<sup>-1</sup> arasında değişim göstermiştir (Çizelge 1). Topraklar yüksek kil içeriklerine bağlı olarak yavaş ile orta düzeyde Hİ değerlerine sahiptir (Benson ve Trast, 1995).

Çizelge 1. Çalışılan topraklara ait temel toprak karakteristikleri

Toprak	pH <sup>1</sup>	EC (dS m <sup>-1</sup> ) <sup>2</sup>	Kireç (%)	OM (%) <sup>3</sup>	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TS <sup>4</sup>	SDA(%) <sup>5</sup>	Hİ (cm saat <sup>-1</sup> ) <sup>6</sup>
1	7,63	0,47	7,9	2,54	36	25	39	CL	52,44	5,33
2	7,91	1,18	23,5	3,35	56	25	19	C	73,77	5,47
3	8,09	1,19	17,7	3,11	37	43	20	SiCL	39,12	1,45
4	8,00	0,68	26,7	3,04	56	29	15	C	80,95	4,81
5	7,97	0,32	23,8	3,16	43	36	21	C	56,12	6,55

<sup>1</sup>, Toprak reaksiyonu; <sup>2</sup>, Elektriksel iletkenlik (dS m<sup>-1</sup>); <sup>3</sup>, Organik madde içeriği (%); <sup>4</sup>, Tekstür (bünye) sınıfı (Toprak no (1): Killi tın (CL), (2): Kil (C), (3): Siltli killi tın (SiCL), (4): Kil (C), (5): Kil (C)); <sup>5</sup>, Suya dayanıklı agregat yüzdesi (%); <sup>6</sup>, Hidrolik iletkenlik (cm saat<sup>-1</sup>).

Çizelge 2. Örnek ortalamalarına göre toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler

Özellik	Ortalama	Standart sapma	CV	Minimum	Maksimum
pH	7,92	0,17	2,15	7,63	8,09
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0,77	0,40	51,95	0,32	1,19
Kireç (%)	19,92	7,47	37,5	7,90	26,70
OM (%)	3,04	0,30	9,87	2,54	3,35
Kil (%)	45,60	9,86	21,62	36	56
Silt (%)	31,60	7,80	24,68	25	43
Kum (%)	22,80	9,34	40,96	15	39
SDA (%)	60,48	16,85	27,86	39,12	80,95
Hİ (cm saat <sup>-1</sup> )	4,72	1,94	41,10	1,45	6,55

Tanımlayıcı bir istatistik özellik olarak, topraklarda ölçülen her bir özellik için elde edilen varyasyon katsayısı (CV), standart sapmanın ortalamaya göre gösterdiği değişimin yüzde olarak ifadesi veya bir başka ifade ile olasılık dağılımı için normalize edilmiş istatistiksel yayılma ölçüsünü vermektedir (Gülser ve ark., 2021). Değerlendirilen özellikler açısından toprakların heterojenlik seviyeleri başta bünyesel özellikler olmak üzere ölçülen temel toprak özellikleri açısından Ogunkunle (1993) tarafından bildirilen değişim sınıflarına göre değerlendirilmiştir. Buna göre, 0 ile 15 arasında değişen CV değerine sahip özellikler en az değişime sahipken, 15 ile 35 arası orta derecede değişebilir, 35 ve daha yüksek değerler ise değerlendirilen özellik açısından örneklemin oldukça değişken olduğu işaret etmektedir. Elde edilen bulgulara göre değerlendirilen toprak özelliklerinden pH ve organik madde açısından topraklar en az değişimi gösterirken; kil, silt ve suya dayanıklı agregat yüzdeleri açısından orta derecede değişkenlik göstermektedir. Kum, kireç ve elektriksel iletkenlik değerlendirilen örnekler açısından oldukça yüksek değişime sahiptirler (Çizelge 2). Örnek ortalamalarının göz önünde bulundurulduğu Çizelge 2'ye göre, denemelerde kullanılan toprakların genel itibarıyla Orta Anadolu koşullarıyla uyumlu olarak kilce zengin, hafif alkalin karakterli, genel olarak tuzsuz, fazla kireçli ve iyi düzeyde organik madde kapsamına sahip olduğu görülmektedir.

### Parmak erozyon değişimlerin değerlendirilmesi

WEPP modelinde uygun olarak, toprakların parmak erozyon duyarlılığı ve kritik akış kesme gerilimleri "Parmak Erozyonu Ölçüm Düzenegi" yardımıyla 2 ve 3 no'lu eşitlikler ile deney düzeneklerinden elde edilen değişkenler yardımıyla elde edilmiştir. Başlangıç nem koşulu hava kuru olan örneklerden elde edilen K,

( $s\ m^{-1}$ ) ve  $\tau_{cr}$  (Pa) değerleri için tanımlayıcı istatistik değerleri sırasıyla Çizelge 3 ve 4'te verilmiştir. En yüksek Kr değeri değerlendirilen örnekler içerisinde kum içeriğinin en yüksek olduğu (%39) killi tın bünyeye sahip 1 numaralı toprak için elde edilirken, en düşük Kr değeri beklenildiği üzere en düşük kum içeriğine ve en yüksek kil içeriğine sahip 4 numaralı toprak için elde edilmiştir (Çizelge 3). Kritik akış kesme gerilimleri açısından en düşük  $\tau_{cr}$  değerleri kil kapsamının en yüksek olduğu (%56) 2 (C) ve 4 (C) numaralı toprak koşulları için ölçülmüştür. En yüksek  $\tau_{cr}$  yine kil bünyeye sahip olan 5 numaralı (C) toprakta ölçülmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 3. Mini-flume ile ölçülen  $K_r$  ( $s\ m^{-1}$ ) değerleri

Toprak	Ortalama	Standart sapma	CV	Minimum	Maksimum
1	0,0330a	0,0064	19,39	0,0258	0,0378
2	0,0202b	0,0015	7,43	0,0186	0,0214
3	0,0045d	0,0023	51,11	0,0025	0,0071
4	0,0040d	0,0006	15,00	0,0034	0,0045
5	0,0144c	0,0008	5,55	0,0136	0,0153

Farklı küçük harflerle gösterilen değerler LSD testine göre %5 düzeyinde önemlidir ( $p<0,05$ )

Çizelge 4. Mini-flume ile ölçülen  $\tau_{cr}$  (Pa) değerleri

Toprak	Ortalama	Standart sapma	CV	Minimum	Maksimum
1	0,3625ab	0,0250	6,89	0,3341	0,3806
2	0,3493b	0,0093	2,66	0,3434	0,3599
3	0,3703ab	0,0067	1,81	0,3637	0,3770
4	0,3499b	0,0300	8,57	0,3199	0,3798
5	0,3971a	0,0208	5,24	0,3752	0,4168

Farklı küçük harflerle gösterilen değerler, LSD testine göre %5 düzeyinde önemlidir ( $p<0,05$ ).

Kr değişkeni için yapılan levene istatistiği sonucunda;  $p<0,05$  olduğu için parametrik olmayan Kruskal-Wallis testi gerçekleştirilmiş olup, 5 farklı tarım arazisinden alınan toprak örneklerinde Mini-flume ile ölçülen Kr değerleri için en az iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmıştır ( $p<0,05$ ) (Çizelge 5). Çoklu karşılaştırmada gruplar arasındaki fark LSD (Least Significant Difference) testi ile değerlendirilmiştir. 3 numara (SiCL) ile 4 numaralı (C) toprak grupları arasındaki fark dışındaki diğer toprak grupları için ölçülen Kr değerleri birbirinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde farklılaşmıştır ( $p<0,05$ ) (Çizelge 3).

Çizelge 5. Mini-flume ile ölçülen  $K_r$  ( $s\ m^{-1}$ ) değerleri için Kruskal-Wallis-H testi analiz sonuçları

Test İstatistiği <sup>a,b</sup>	Kr	Sıralar		
		Toprak grup	N	Sıra ortalamaları
Ki-kare	12.833	1.00	3	14.00
Serbestlik derecesi	4	2.00	3	11.00
Önem düzeyi	0.012	3.00	3	3.33
a. Kruskal Wallis Test		4.00	3	3.67
b. Grup değişkeni: Toprak grup		5.00	3	8.00
		Toplam	15	

$\tau_{cr}$  değişkeni için yapılan levene istatistiği sonucunda;  $p>0,05$  olduğu için parametrik tek yönlü varyans (Anova) analizi gerçekleştirilmiş olup, elde edilen bulgulara göre 5 farklı tarım arazisinden alınan toprak örneklerinde mini-flume ile ölçülen  $\tau_{cr}$  değerleri için en az iki grup arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark olduğu sonucuna varılmıştır ( $p<0,05$ ) (Çizelge 6). Gruplar arasındaki fark LSD (Least Significant Difference) testi ile değerlendirilmiş olup, 2 numaralı (C) toprak ile 5 numaralı (C) toprak arasında ve 4 numaralı (C) toprak ile 5 numaralı (C) toprak arasında istatistik olarak önemli farklar bulunmuştur ( $p<0,05$ ). Diğer toprak grupları arasındaki farklar önemsiz olarak değerlendirilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 6. 5 Mini-flume ile ölçülen  $\tau_{cr}$  (Pa) değerleri arasındaki tek yönlü varyans (Anova) analiz sonuçları

ANOVA	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F	Önem düzeyi
Gruplar arası	0.005	4	0.001	2.762	0.088
Gruplar içi	0.004	10	0.000		
Toplam	0.009	14			

Yapılan analizler sonucunda ölçülen  $K_r$  değerleri ve WEPP modeli  $K_r$  &  $\tau_{cr}$  tahmin değerleri ile içsel toprak özellikleri arasında istatistik olarak önemli ilişkiler elde edilmiştir. Ölçülen  $\tau_{cr}$  değerleri ile içsel toprak özellikleri arasında anlamlı ilişkiler bulunamamıştır.  $K_r$  ile kum içeriği arasında pozitif yönde güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur yani  $K_r$  arttığında kum içeriği de anlamlı olarak ve güçlü bir ilişki ile artmaktadır.  $K_r$  ile pH arasında negatif yönde güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur yani  $K_r$  arttığında pH anlamlı olarak ve güçlü bir ilişki ile azalmaktadır. Tahmin edilen  $K_r$  değerleri ile kum içeriği arasında negatif yönde güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki; pH, Kireç ve OM arasında pozitif yönde güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur. Tahmin edilen  $\tau_{cr}$  ile kum içeriği arasında pozitif yönde, güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki; pH, Kireç ve OM arasında negatif yönde güçlü düzeyde anlamlı bir ilişki bulunmuştur (Çizelge 7). Genellikle toprakların erozyon eğilimi ile topraktaki kaba fraksiyonlar arasında pozitif yönlü bir korelasyon beklenmektedir. Bir diğer ifade ile; toprakta kum ve silt fraksiyonunun yüksek olması ile erozyon eğilimi yani erozyona duyarlılık artmaktadır. Ancak bu durum erozyon mekanizmalarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Bununla birlikte hem su hem de rüzgâr erozyon süreçlerinde, aşınmayı azaltıcı ve önleyici rolü olan kil ve organik madde içerikleri ile duyarlılık arasında negatif yönlü bir ilişki mevcuttur (Sönmez, 1994).

Çizelge 7.  $K_r$  &  $K_r$ \_Tahmin &  $\tau_{cr}$ \_Tahmin değerleri ile içsel toprak özellikleri<sup>1</sup> arasındaki önemli korelasyonlar<sup>2</sup>

Değişken	Özellik & (Korelasyon Katsayısı) <sup>p</sup> -değeri
$K_r$	Kum (0.861)*, pH (-0.945)**
$K_r$ _Tahmin	Kum (-0.951)**, pH (0.959)** Kireç(0.847)*, OM (0.905)**
$\tau_{cr}$ _Tahmin	Kum (0.970)**, pH (-0.928)** Kireç(-0.899)**, OM (-0.925)**

<sup>[1]</sup>  $K_r$ , parmak duyarlılığı ( $s m^{-1}$ );  $\tau_{cr}$ , kritik akış kesme gerilimi (Pa); pH, toprak asitliği; EC, elektriksel iletkenlik ( $dS m^{-1}$ ); OM, organik madde; SDA, suya dayanıklı agregat; <sup>[2]</sup> \*  $p < 0.10$ , \*\*  $p < 0.05$ .

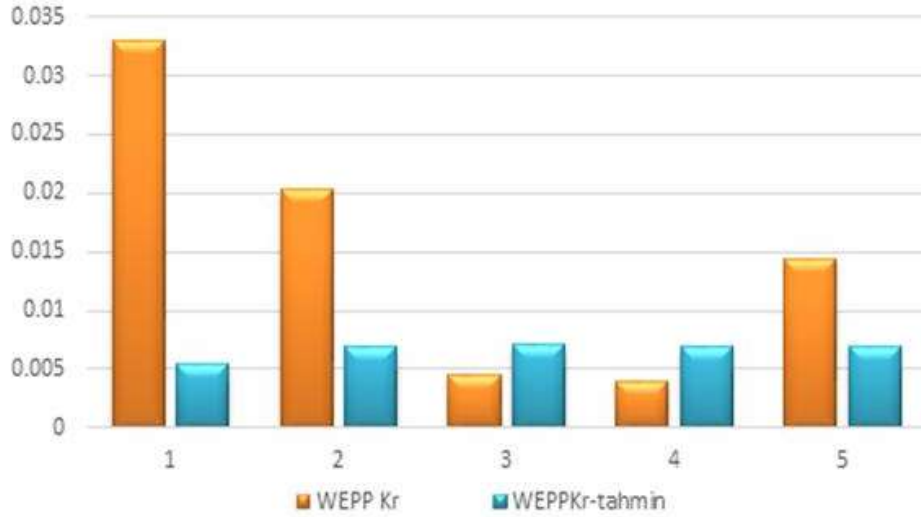
Çizelge 8. Nash-Sutcliffe model etkinliği (NSE) katsayıları

Toprak	$K_r$	$\tau_{cr}$
1	-1,18	-1,36E+04
2	-0,10	-5,70E+04
3	0,97	-2,21E+04
4	0,95	-1,04E+03
5	0,44	-1,98E+04

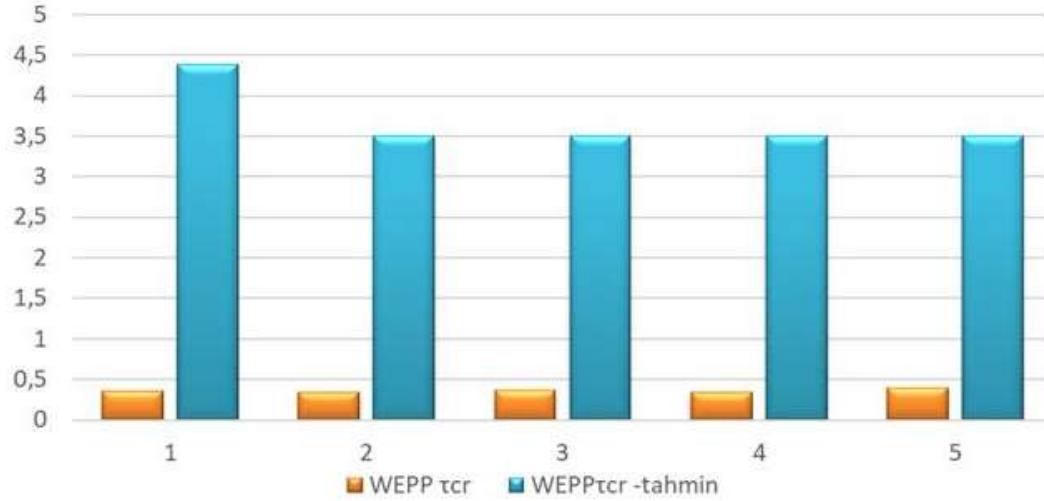
$K_r$ : Parmak duyarlılığı ( $s m^{-1}$ ),  $\tau_{cr}$ : Kritik akış kesme gerilimi (Pa)

### WEPP modeli doğrulanması

WEPP modeline göre; eşitlik 4, 5, 6 ve 7 yardımıyla topraklara ait içsel özelliklerinden yararlanılarak  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değerleri tahmin edilmiştir. Tahmin edilen bu değerler Şekil 3 ve 4'te görüleceği üzere V şekilli küçük oluk ölçüm düzeneği (mini-flume) olarak da ifade edilebilen "Parmak Erozyonu Ölçüm Düzeneği" yardımı ile hava kuru koşullar altında değerlendirilen  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değerleri ile karşılaştırılmıştır.



Şekil 3. Ölçülen ve tahmin edilen WEPP-Kr değerleri

Şekil 4. Ölçülen ve tahmin edilen WEPP-τ<sub>cr</sub> değerleri

Model performansı, düzenekte ölçülen  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değişkenleri ile tahmin edilen değerler arasındaki ilişkinin Nash-Sutcliffe model etkinliği (NSE) yaklaşımı ile örnek bazlı olarak değerlendirilmiştir (Nash ve Sutcliffe, 1970) [Eş. (8)]. Bu bağlamda WEPP modeline ait eşitlikler ile tahmin edilen ve laboratuvar ortamında miniflume deneyleri ile ölçülen  $K_r$  ve  $\tau_{cr}$  değişkenleri örneklenen topraklar için NSE yaklaşımına göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir (Çizelge 8).

Çizelge 8. Nash-Sutcliffe model etkinliği (NSE) katsayıları

Toprak	$K_r$	$\tau_{cr}$
1	-1,18	-1,36E+04
2	-0,10	-5,70E+04
3	0,97	-2,21E+04
4	0,95	-1,04E+03
5	0,44	-1,98E+04

$K_r$ : Parmak duyarlılığı ( $s\ m^{-1}$ ),  $\tau_{cr}$ : Kritik akış kesme gerilimi (Pa)

WEPP modelinde  $\tau_{cr}$  değişkenlerin tahmini için verilen mevcut temel katsayılar gerçek değerlerin çok üzerinde tahminlerde bulunma eğilimindedir. Laboratuvar koşullarında elde edilen değerlerin temel model katsayıları ile tahmin edilen değerlerden toprakların geneli için oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, eşitliklerin geliştirildiği saha çalışmalarında çok daha büyük ve dayanıklı agregatların bulunması ve laboratuvar koşullarında deneylerin çok daha küçük düzeneklerde ve daha tekdüze agregat yapısı altında gerçekleştirilmesinin yarattığı etki ile açıklanabilmektedir (Saygın ve ark., 2018). Romero ve ark. (2007) benzer şekilde kritik akış kesme gerilimlerinin içsel toprak özelliği dışındaki akışı yönlendiren diğer faktörler tarafından da yönlendirilmesi sebebiyle tahminlerde isabet derecelerinin düşük olduğunu ifade etmişlerdir.

Geliştirilen eşitlikler daha ziyade %30'dan daha fazla kum içeriğine sahip topraklara ait özellikleri yansıtmakla birlikte (Flanagan ve Nearing, 1995), özellikle bazı topraklarda mini-flume düzeneği ile ölçülen  $K_r$  değerlerinin modelin temel veri setleri dahilinde geliştirilen WEPP modeline ait  $K_r$  tahminleri ile yüksek uyum göstermiştir. Değerlendirilen topraklar içerisinde silt içeriği %25'den fazla olan, 3 (SiCL), 4 (C) ve 5 (C) numaralı topraklar için model geçerli olup, en yüksek uyum (NSE: 0,97) siltli kil tın bünyeye sahip 3 numaralı toprak için elde edilmiştir.

## Sonuç

Araştırma kapsamında WEPP modeli için içsel toprak özelliklerinden yararlanılarak tahmin edilen duyarlılık ve kritik akış kesme gerilimi değerleri ile laboratuvar ortamında mini-flume ölçümlerinden elde edilen değerlerden yararlanılarak model performansı NSE yaklaşımı ile değerlendirilmiştir.

Bulgular siltli killi tın ve kil bünyeye sahip olan topraklarda model performansının yüksek olduğunu göstermiştir. Kritik akış kesme gerilimleri açısından ölçülen ve tahmin edilen değerler karşılaştırıldığında, laboratuvar ortamında ölçülen  $\tau_{cr}$  değerleri model tahminlerine göre oldukça düşük, model performansını ortaya koyan NSE değerleri de son derece düşüktür. Bu durum, modelin örneklem setinin değişen bünye koşulları açısından sınırlı olması ile açıklanabilmektedir.

WEPP modeli, toprak kaybı ve birikmesinin mekânsal ve zamansal dağılımlarını tahmin etme yeteneklerinden dolayı mevcut hidrolojik modellere göre birden fazla avantaj sağlamaktadır. Saha testi için pratik veya ekonomik olmayan çeşitli durumlarda durum değerlendirmesi için güvenilir bir yöntem olarak, akış ve sediment verimini simüle etmek için kullanılabilir. Böylelikle, zamana bağlı olarak farklılaşan su erozyonu süreçlerinin izlenmesi, düşünülen koruma önlemlerinin etkinliklerinin değerlendirilmesi ve uygun arazi kullanımlarının tespiti yönünde kapsamlı güvenilir çözümler üretebilir. Öyle ki, elde edilen sonuçlar, değerlendirilen 3 örnekte parmak duyarlılığı için 0,40'ın üzerinde NSE katsayısı ile WEPP'in tatmin edici bir performans sergilediğini göstermektedir.

İstatistiksel yaklaşımların daha anlamlı olması için eldeki verilerin sayısı oldukça önemlidir. Bundan sonraki yapılacak olan çalışmalarda örneklem setinin arttırılması ve özellikleri bakımından çeşitlendirilmesi ve ilgili sonuçların NSE ile birlikte diğer model performans yöntemleri kullanılarak karşılaştırılması önerilmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu tarafından (TÜBİTAK-3001), 1180111 numaralı proje kapsamında desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Benson CH, Trast JM, 1995. Hydraulic conductivity of thirteen compacted clays. *Clays and clay minerals*, 43, 669-681.
- Bouyoucos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils 1. *Agronomy journal*, 54(5), 464-465.
- Campforts B, Vanacker V, Vanderborght J, Baken S, Smolders E, Govers G, 2016. Simulating the mobility of meteoric <sup>10</sup>Be in the landscape through a coupled soil-hillslope model (Be2D), *Earth and Planetary Science Letters*. 439: 143-157.
- Chenu C, Le Bissonnais Y, Arrouays D, 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Science Society of America Journal*, 64(4), 1479-1486.
- Crosson P, 1997. Will erosion threaten agricultural productivity?. *Environment: Science and Policy for Sustainable Development*, 39(8), 4-31.

- Çağlar KÖ, 1958. Toprak İlimi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:10, Ankara.
- Çamuroğlu A, 2020. Uzaktan Algılama Ve Coğrafi Bilgi Sistemleri İle Yağış Ve Rüzgar Kaynaklı Toprak Erozyonu Modellemesi. Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Daily GC, Matson PA, Vitousek PM, 1997. Ecosystem services supplied by soil. Nature's services: societal dependence on natural ecosystems, 113-132.
- Demir S, Oğuz I, 2019. Determination of surface flow and soil loss with WEPP hillslope model in Northern Turkey. Carpathian Journal of Earth and Environmental Sciences, 14(2), 463-472.
- Deviren Saygın S, Huang CH, Flanagan DC, Erpul G, 2018. Process-based soil erodibility estimation for empirical water erosion models. Journal of Hydraulic Research, 56(2), 181-195.
- Erpul G, Şahin S, İnce K, Küçümen A, Akdağ MA, Demirtaş İ, Çetin E, 2018. Türkiye su erozyonu atlası. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Flanagan DC, Nearing MA, 1995. USDA-Water Erosion Prediction Project: Hillslope profile and watershed model documentation. Nserl Rep, 10, 1-123.
- Flanagan DC, Gilley JE, Franti TG, 2007. Water Erosion Prediction Project (WEPP): Development history, model capabilities, and future enhancements. Transactions of the ASABE, 50(5), 1603-1612.
- Foster GR, Lane LJ, 1987. User requirements: USDA, water erosion prediction project (WEPP) Draft 6.3. NSERL report (USA).
- Foster GR, Flanagan DC, Nearing MA, Lane LJ, Risse LM, Finkner SC, 1995. Chapter 11.1-11.12: Hillslope erosion component. In Flanagan DC, Nearing MA, (Eds.), USDA water erosion prediction project hillslope and watershed model documentation (NSERL Report No. 10). West Lafayette, IN: USDA-ARS National Soil Erosion Research Laboratory.
- Guo T, Flanagan DC, Srivastava A, LaPlante NH, 2023. Simulation Approaches and Potential Improvements of Ephemeral Gully Erosion Prediction in the Water Erosion Prediction Project (WEPP) Model. In Soil Erosion Research Under a Changing Climate, January 8-13, 2023, Aguadilla, Puerto Rico, USA (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Gülser C, Ekberli İ, Gülser F, 2021. Effects of deforestation on soil properties and organic carbon stock of a hillslope position land in Black Sea Region of Turkey. Eurasian Journal of Soil Science, 10(4), 278-284.
- Karagöz A, Doğan O, Erpul G, Dengiz O, Sönmez B, Tekeli İ, Deviren Saygın S, Madenoğlu S, 2015. Çölleşme, Kuraklık Ve Erozyonun Olası Etkilerinin Türkiye Ölçeğinde Değerlendirilmesi. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 118-139, 12-16 Ocak, Ankara.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution, In Methods of soil analysis Part 1 (2nd edn.), Klute A (ed.). ASA: Madison, WI; 425-442.
- Klute A, Dirksen C, 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: Laboratory methods. Methods of soil analysis: Part 1 physical and mineralogical methods, 5, 687-734.
- Kumarasiri ADTN, Udayakumara EPN, Jayawardana JMCK, 2022. Impacts of soil erosion and forest quality on water quality in Samanalawewa watershed, Sri Lanka. Modeling Earth Systems and Environment, 8(1), 529-544.
- Lane LJ, Nearing MA, 1989. USDA-Water Erosion Prediction Project: hillslope profile model documentation (Vol. 2). National Soil Erosion Research Laboratory.
- Moriasi DN, Arnold JG, Van Liew MW, Bingner RL, Harmel RD, Veith TL, 2007. Model Evaluation Guidelines for Systematic Quantification of Accuracy in Watershed Simulations, Transactions of the ASABE. 50 (3), 885-900.
- Nash JE, Sutcliffe JV, 1970. River flow forecasting through conceptual models: Part 1. A discussion of principles, J. of Hydrology, 10(3), 282-290.
- Nearing MA, Foster GR, Lane LJ, Finkner SC, 1989. A process-based soil erosion model for USDA-Water Erosion Prediction Project technology. Transactions of the ASAE, 32(5), 1587-1593.
- Nelson DW, Sommers LE, 1996. Total carbon, organic carbon, and organic matter. Methods of soil analysis: Part 3 Chemical methods, 5, 961-1010.
- Ogunkunle AO, 1993. Variation of some soil properties along two toposequences on quartzite schist and banded gneiss in southwestern Nigeria, GeoJournal, 30(4), 397-402.
- Özdemir N, 2002. Toprak ve Su Koruma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, Samsun
- Özdemir N, Öztürk E, Durmuş Ök, 2015. Erozyona duyarlılık ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30(2), 182-188.

- Özsoy G, 2007. Uzaktan algılama (UA) ve coğrafi bilgi sistemi (CBS) teknikleri kullanılarak erozyon riskinin belirlenmesi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bursa.
- Öztürk A, Özcan AU, Aytas İ, Tuttu G, Gülçin D, Mongil-Manso J, ... Velázquez J, 2023. Simulating with a combination of RUSLE GIS and sediment delivery ratio for soil restoration. *Environmental Monitoring and Assessment*, 195(6), 719.
- Reis M, Altun Aladag I, Bolat N, Dotal H, 2017. Using GeoWEPP model to determine sediment yield and runoff in the Keklik watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Şumarski list*, 141(11-12), 563-569.
- Renard KG, Foster GR, Lane IJ, Laflen JM, 1996. Soil loss estimation. In *Soil Erosion, Conservation and Rehabilitation*; Agassi M, (ed.). Marcel Dekkar, New York, 169-202.
- Richards LA, (Ed.), 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils* (No. 60). US Government Printing Office.
- Romero CC, Stroosnijder L, Baigorria GA, 2007. Interrill and rill erodibility in the northern Andean Highlands. *Catena*, 70(2), 105-113.
- Saygın SD, Ozcan AU, Basaran M, Timur OB, Dolarslan M, Yılman FE, Erpul G, 2014. The combined RUSLE/SDR approach integrated with GIS and geostatistics to estimate annual sediment flux rates in the semi-arid catchment, Turkey. *Environmental Earth Sciences*, 71, 1605-1618.
- Saygın SD, Huang CH, Flanagan DC, Erpul G, 2018. Process-based soil erodibility estimation for empirical water erosion models. *Journal of Hydraulic Research*, 56(2), 181-195.
- Saygın SD, Arı F, Temiz Ç, Arslan Ş, Ünal MA, Erpul G, 2021. Analysis of soil cohesion by fluidized bed methodology using integrable differential pressure sensors for a wide range of soil textures. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106525.
- Sevat E, Dezetter A, 1991. Selection of Calibration Objective Functions in the Context of Rainfall-Runoff Modeling in a Sudanese Savannah Area, *Hydrological Sci. J.*, 36(4), 307-330.
- Shainberg I, Laflen J, Bradford J, Norton LD, 1994. Hydraulic flow and water-quality characteristics in rill erosion. *Soil Science Society of America Journal*, 58:1007-1012.
- Shainberg I, Goldstein D, Levy GJ, 1996. Rill erosion dependence on soil water content, aging, and temperature. *Soil Science Society of America Journal*, 60(3), 916-922.
- Sönmez K, 1994. *Toprak Koruma*, Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 169, Erzurum
- Staff SS, 2014. *Keys to soil taxonomy*. United States Department of Agriculture: Washington, DC, USA.
- Wang S, McGehee RP, Guo T, Flanagan DC, Engel BA, 2023. Calibration, validation, and evaluation of the Water Erosion Prediction Project (WEPP) model for hillslopes with natural runoff plot data. *International Soil and Water Conservation Research*, 11(4), 669-687.
- Yılmaz E, Alagöz ZV, Öktüren F, 2005. Toprakta agregat oluşumu ve stabilitesi. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(36), 78-86.
- Yılmaz MU, 2014. Performans Ağırlıklı Yöntemlerle Aylık Akımların Tahmini: Orta Fırat Havzası Uygulaması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Yüksel EE, Özalp M, Yıldırım S, 2016. Using a geospatial interface (GeoWEPP) to predict soil loss, runoff and sediment yield of Kokolet Creek Watershed. *International Journal of Ecosystems & Ecology Sciences*, 6(3), 437-442.



## Tarımsal kökenli atıkların yavaş pirolizinden elde edilen biyoçarların karakterizasyonu

 Dennis Elibariki MAWALLA\*,  Coşkun GÜLSER

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

### Öz

Biyöçar kavramı, modern anlamda sürdürülebilir atık kullanımı ve toprak kaynakları yönetimine katkı sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. Biyoçarın kalitesi elde edildiği hammadde özelliği ve bileşimi tarafından belirlenir. Bu çalışmanın amacı çay atığı, buğday samanı, fındık zuru ve çeltik kavuzu atıklarından biyoçar üretmek ve üretilen biyoçarların özelliklerini belirlemektir. Organik atıkların 450°C'de 2 saat süreyle pirolizi sonucunda biyoçarlar elde edilmiştir. Biyoçarlar için verim, pH, elektriksel iletkenlik, katyon değişim kapasitesi, değişebilir katyonlar (kalsiyum, magnezyum, potasyum ve sodyum), azot, fosfor, kül içeriği, toplam karbon, C:N oranı, alkalinite, su tutma kapasitesi ve mikro element (demir, bakır, manganez ve çinko) içerikleri belirlenmiştir. Biyoçar türleri arasındaki önemli karakteristik farklılıkların elde edildikleri hammadde türlerinin bir fonksiyonu olduğu sonucuna varılmıştır. Fındık zuru (FZB) biyoçarının besin tutma kapasitesi ve alkalinitesinin diğerlerine oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Buğday samanı biyoçarının (BSB) en yüksek su tutma kapasitesine, çay atığı (ÇAB) biyoçarının en düşük C:N oranına, çeltik kavuzu (ÇKB) biyoçarının ise en yüksek kül içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Elde edilen tüm biyoçar çeşitlerinin, bitki besin kaynağı olmalarının yanı sıra toprak kalitesini iyileştirici düzenleyiciler olarak kullanıma potansiyellerine sahip oldukları belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik atık, biyoçar, fiziksel, kimyasal, özellik.

### Characterization of biochars derived from slow pyrolysis of agricultural originated wastes

#### Abstract

The concept of biochar was developed to contribute to modern sustainable waste utilization and soil resources management. The quality of the biochar is determined by the properties and composition of the raw feedstock material. The aim of this study is to produce biochar from tea waste, wheat straw, hazelnut husk and paddy husk and to determine the properties of the produced biochars. Biochars were obtained as a result of pyrolysis of organic wastes at 450°C for 2 hours. For each biochar, yield, pH, electrical conductivity, cation exchange capacity, exchangeable cations (calcium, magnesium, potassium and sodium), nitrogen, phosphorus, ash content, total carbon, C:N ratio, alkalinity, water holding capacity and microelement (iron, copper, manganese and zinc) contents were determined. Results revealed that, considerable variation of characteristics among type of biochars is a function of feedstock types. It was determined that the nutrient retention capacity and alkalinity of hazelnut husk biochar are higher than the others. Wheat straw biochar had the highest water retention capacity, tea waste biochar had the lowest C:N ratio, while rice husk biochar had the highest ash content. It has been concluded that all biochar types have the potential to be used as plant nutrient sources as well as conditioners to improve soil quality.

**Keywords:** Organic waste, biochar, physical, chemical, properties.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Çevre ve toprak bozulması sorunlarındaki artışla birlikte çevrenin korunması ve toprak kalitesinin iyileştirilmesinde biyoçar kavramına olan ilgi önemli derecede artmıştır (Agegnehu ve ark., 2016). Biyoçar, organik materyalin nispeten düşük sıcaklıklarda (< 700°C) sınırlı oksijen kaynağı altında pirolizinden elde

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : [dennymawalla@gmail.com](mailto:dennymawalla@gmail.com)

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 31 Ekim 2023 e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 4 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1383845



edilen karbon açısından zengin bir üründür (Lehman ve Joseph, 2009). Uluslararası Biyoçar Girişimi (IBI, 2015) biyoçarı, biyokütlenin oksijen sınırlı bir ortamda termokimyasal dönüşümünden elde edilen katı madde olarak tanımlamıştır. Enerji kaynağı olarak kullanılmak üzere üretilen odun kömürünün aksine, toprağın işleyişini iyileştirmek ve karbon tutulumunu arttırmak amacıyla biyoçarın genellikle toprağa uygulanması düşünülmektedir (Lehmann, 2007). Piroliz, biyoçar üretmek için yıllardır kullanılan basit ve ucuz bir işlemdir (Choudhary ve ark., 2019). Piroliz, biyoçar, biyo-yag ve sentez gazı gibi bir dizi biyoürün elde etmek için organik materyallerin oksijensiz ortamda ısıtılmasını içerir (Lee ve ark., 2017). Biyoçar verimi piroliz işleminin türüne bağlıdır (Yaashikaa ve ark., 2020). Yavaş piroliz tekniği, yavaş ısıtma hızları ve daha uzun kalma süreleri nedeniyle daha yüksek oranda biyoçar verimi sağladığı için biyoçar üretiminde etkili bir yöntemdir (Tomczyk ve ark., 2020). Hızlı piroliz ise, biyoyakıt üretmek için en etkili yöntemdir ve gazlaştırma (flaş piroliz), yüksek ısıtma hızları ve kısa kalış süreleri nedeniyle sentez gazı üretmek için en verimli yöntemdir (Tomczyk ve ark., 2020).

Bu alanda yapılmış çalışmalar, hammadde ve piroliz sıcaklığının biyoçarın kalitesi için çok önemli faktörler olduğunu göstermiştir (Ali ve ark., 2022; Berek ve Hue, 2016; Lataf ve ark., 2022). Çeşitli hammaddelerden üretilen organik ortamlar ve biyoçarlar, piroliz sıcaklığına ve hammaddelerin birincil bileşimine bağlı olarak farklı fiziksel ve kimyasal özelliklere sahiptirler (Pekşen ve ark., 2011; Günal ve ark., 2019). Biyoçarın özellikleri büyük ölçüde piroliz koşulu (sıcaklık, kalış süresi) ile birlikte hammadde türü tarafından belirlenir (Hossain ve ark., 2020; H. Zhang ve ark., 2017). Hammadde, piroliz sıcaklığı ve üretim tekniği (hızlı veya yavaş piroliz) arasındaki etkileşimin anlaşılması, toprak kalitesini iyileştirmede istenilen kalitede biyoçar üretilmesine yardımcı olmaktadır (Ippolito ve ark., 2020).

Topraklara biyoçar uygulamanın, bozulan toprakların kalitesini iyileştirme (Jin ve ark., 2019) ve bozulmuş peyzajları geri kazanma konusunda önemli bir potansiyele sahip olduğu bildirilmiştir (Agegnehu ve ark., 2016). Biochar uygulaması çeşitli toprak özelliklerini etkiler; biyoçar, hidrolik karakteristiği, agregat stabilitesini ve toprak yapısını iyileştirerek, gözenekliliği artırarak ve hacim ağırlığın azaltarak fiziksel toprak özelliklerini değiştirir (Liang ve ark., 2021; Obia ve ark., 2016; Saffari ve ark., 2021; Sun ve Lu, 2014). Biyoçar toprağın kimyasal özelliklerini iyileştirir; pH ve kation değişim kapasitesini artırır, besin içeriğini artırır ve ağır metal konsantrasyonunu azaltır (Berek ve Hue, 2016; Cornelissen ve ark., 2018; Xiao ve ark., 2020; Y. Zhang ve ark., 2016). Biyoçar, mikrobiyal habitatı iyileştirerek, mikrobiyal popülasyonu ve aktiviteyi artırarak biyolojik toprak özelliklerini destekler (Bikbulatova ve ark., 2018; Hossain ve ark., 2020). Böylece, biyoçar, iyileştirilmiş toprak özellikleri sayesinde, iklim değişikliklerini karşılamak ve artan dünya nüfusu için gıdayı güvence altına almak için arazi kullanım verimliliğini artırarak tarımsal verimliliğin iyileştirilmesine katkıda bulunabilir (Agegnehu ve ark., 2017).

Tarımsal faaliyetler önemli miktarda biyokütle atığı üretmektedir; (mahsul artıkları, samanlar ve kabuklar, zeytin çekirdekleri ve fındık kabuklarından elde edilen artık biyokütle) (De Corato, 2020). Tarımsal artık biyokütlesinin ana organik bileşenleri esas olarak selüloz, hemiselüloz karbonhidratlar ve ligninden oluşur (Alavijeh ve Yaghmaei, 2016). Toprak organik maddesinin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan pozitif iyileştirici etkisi birçok çalışmada vurgulanmıştır (Gülser, 2006; Gülser, 2021; Gülser ve ark., 2021; Gülser, 2022). Tarımsal atıkların organik madde kaynağı olarak doğrudan (Candemir ve Gülser 2007; Demir ve Gülser, 2008; İç ve Gülser, 2008; Gülser ve ark., 2010; Candemir ve Gülser, 2011; Gülser ve Candemir, 2012) veya kompostlanarak (Gülser ve ark., 2015; Demir ve Gülser, 2015; Demir ve Gülser, 2021) topraklarda düzenleyici olarak kullanılmasına yönelik çok sayıda çalışma bulunmasına rağmen, bu atıkların biyoçar olarak (Glab ve ark. 2016; Tanure ve ark. 2019; Demirkaya ve Gülser, 2023) topraklara uygulanmasına yönelik çalışmalar son yıllarda önem kazanmıştır. Toprak kalitesi için toprak düzenleyici olarak biyoçar üretmek amacıyla piroliz yoluyla üretim döngülerinde biyokütle atıklarının daha da geliştirilmesi, önemli bir kavram haline gelmiştir. Tarımsal atıkların biyoçara dönüştürülmesi, biyokütlenin bertarafı ve organik düzenleyici elde edilmesiyle birlikte mahsul verimini ve toprak özelliklerini iyileştirmek amacıyla toprağa geri dönüştürülebilen artan miktarda ham tarımsal atığın karşılandığı bir yöntemdir (Venkatesh ve ark., 2022).

Hammadde materyalinin türü, biyoçarın uygunluğunu ve topraktaki etkisini belirleyen önemli bir faktördür çünkü biyoçar özellikleri orijinal materyalin doğasından etkilenmektedir (Zhao ve ark., 2013). Biyoçar üretmek için biyokütlenin 450°C'de yavaş pirolizi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak toprak kalitesinin tüm yönleri üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu yaygın olarak rapor edilmiştir (Albuquerque ve ark., 2013; Berek ve Hue, 2016; Cheng ve ark., 2021; Jahan ve ark., 2019; Lataf ve ark., 2022; Roshan ve ark., 2023; Safaei Khorram ve ark., 2020). Bazı tarımsal artıklarından 450°C'de yavaş pirolizle elde edilmiş biyoçarların

bileşimi ve özellikleri hakkında sınırlı bilgi bulunmaktadır. Çeşitli hammaddelerden üretilen biyoçarların karakterizasyonun yapılması, onların toprak kalitesinin iyileştirilmesine yönelik uygunluğunun değerlendirilmesi açısından önemlidir (Günel ve ark., 2019). Bu çalışmanın amacı, farklı tarımsal atıklardan yavaş piroliz yoluyla 450°C'de üretilen biyoçarların bazı fizikokimyasal özelliklerini belirlemek ve karşılaştırmaktır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada, biyoçar üretmek amacıyla biyokütle kaynağı olarak çay atığı, çeltik kavuzu, buğday samanı ve fındık zuru atıkları kullanılmıştır. Piroliz işleminden önce tüm organik materyaller önce havada kurutulmuş, ardından Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarında 450°C sıcaklıkta 2 saat boyunca kül fırınında oksijensiz ortamda piroliz edilmiştir. Piroliz işleminden sonra biyoçarların oda sıcaklığına soğuması sağlanmış, bazı fizikokimyasal özellikleri analiz edilmiştir.

Biyoçar verimi aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir

$$\text{Biyoçar Verimi (\%)} = (\text{biyokütle ağırlığı-biyoçar ağırlığı})/(\text{biyokütle ağırlığı}) \times 100 \quad (1)$$

Biyoçarın pH'sı ve elektriksel iletkenliği 1:10 (w:v) biyoçar-su karışımında ölçülmüştür (Singh ve ark., 2017b). Biyoçarın toplam azot içeriği kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir (Glazunova ve ark., 2018). Biyoçarda yayayışlı fosfor spektrofotometrik yöntemle belirlenmiştir (Frank ve ark., 1998).

Değişebilir katyonlar ve katyon değişim kapasitesi, Munera-Echeverri ve ark. (2018) tarafından açıklanan yöntemle belirlenmiştir. İşlem sonucunda elde edilen ekstraktlarda kalsiyum ve magnezyum EDTA yöntemiyle, potasyum ve sodyum ise alev fotometresinde belirlenmiştir.

Biyoçarlara ait mikro element içerikleri (DTPA Fe, DTPA Mn, DTPA Cu, DTPA Zn) atomik absorpsiyon spektrofotometrisi ile belirlendi (Whitney, 1998). Kül içeriğinin belirlenmesi için biyoçar örnekleri 550°C sıcaklıktaki kül fırınında 5 saat süreyle yakılmış (Choudhary ve ark., 2019; Maharlouei ve ark., 2021) ve kül içeriği yüzdesi aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır;

$$\text{Kül (\%)} = (\text{Kalıntı kütlesi})/(\text{Biyoçar örnek kütlesi}) \times 100 \quad (2)$$

Biyoçarda organik C içeriği Choudhary ve ark. (2019) tarafından belirtildiği şekilde aşağıdaki eşitlik kullanılarak belirlenmiştir;

$$\text{Organik karbon (\%)} = (100 - \% \text{ kül}) / 1,724 \quad (3)$$

Biyoçarın alkaliliği (alkalinite değeri), Yuan ve Xu (2011)'nin belirttiği yöntemle belirlendi. Biyoçarlarda 0,2 g plastik şişelere tartıldı, her şişeye 40 mL 0,03 m HCl çözeltisi eklendi, 2 saat çalkalandı, 24 saat bekletildi. Artık HCl, 0,5 m NaOH ile pH 7,0'a geri titre edildi; biyoçar tarafından tüketilen HCl miktarı biyoçarın alkalinitesine eşit kabul edildi. Biyoçarın su tutma kapasitesi Ali ve ark. (2022) tarafından açıklanan yöntemle belirlendi. Kuru başlangıcı, kuru biyoçar örnekleri silindirik bir kapta tam doygunluğa ulaşacak şekilde 24 saat boyunca distile suya batırılmış, silindirik tüplerin alt kısmı biyoçar tutacak şekilde filtre kağıdı ile kapatılmıştır. Doygunluğun ardından biyoçardaki fazla su 30 dakika boyunca serbest drenajla boşaltıldı. Nemli biyoçar örnekleri daha sonra dijital terazi kullanılarak tartıldı. Biyoçar ve filtre kağıdı içeren tüp, kuruması için gece boyunca 105°C'lik bir fırına yerleştirildi ve ardından tartıldı. Su içermeyen biyoçar örnekleri ve biyoçar örneklerinde tutulan su, kurutma öncesi ve sonrası karşılaştırma için ağırlıkça belirlendi ve su tutma kapasitesi aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplandı;

$$\text{Su tutma kapasitesi (\%)} = (\text{suyla doymuş biyoçar-kuru biyoçar})/(\text{kuru biyoçar}) \times 100 \quad (4)$$

Sonuçlar üç tekerrürün ortalaması olarak ifade edilmiştir. Elde edilen veriler tek yönlü ANOVA ile istatistiksel olarak SPSS 21.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, ABD) paket programı yardımıyla analiz edilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Biyoçar Verimi

Farklı tarımsal atıklardan elde edilen biyoçarların bazı özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere tarımsal atıklardan buğday samanının %67,8'i, çay atığının %63,4'ü, fındık zuruğunun %60,7'si, çeltik kavuzunun ise %57,5'i oranında biyoçara dönüştüğü tespit edilmiştir. Bir diğer ifade ile kullanılan tarımsal atıklar birbirleri ile karşılaştırıldıklarında çeltik kavuzu biyoçarı önemli

ölçüde düşük verim sergilemiştir. Bu bulgular biyoçara dönüştürülme sırasında %42'ye kadar kütle kaybının olduğunu ve biyoçar veriminin önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Hammadde türünün biyoçar verimi üzerindeki etkisi geniş çapta rapor edilmiştir (Choudhary ve ark., 2019; Jindo ve ark., 2014). Çeltik kavuzundan nispeten daha düşük biyoçar ürünü elde edilmesi muhtemelen çeltik kavuzunun kimyasal bileşiminden kaynaklanmış olabilir (Enders ve ark., 2012). Farklı oranlarda lignoselülozik bileşenlere sahip biyoküteller, farklı şekilde ayrışır ve üretilen biyoçar miktarı üzerinde etkilere neden olurlar (Somparn ve ark., 2020). Gözlemlenen daha yüksek buğday samanı biyoçar verimi, hammaddedeki organik maddelerin minimum düzeyde yoğunlaşması ve buharlaşmasından kaynaklanmış olabilir (Venkatesh ve ark., 2022).

### Kül ve Organik karbon

Çeltik kavuzu biyoçarı (%42,3) sırasıyla BSB (%23,6), ÇAB (%20,1) ve FZB (%19,3)'na göre daha yüksek kül içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Bazı araştırmacılar farklı organik atıklar için benzer eğilimin sonuçlarını bildirmişlerdir (Enders ve Lehmann, 2017; Zhang ve ark., 2017). ÇKB'nın daha yüksek kül içeriği, hammadde pirolizi sırasında organik ve inorganik bileşenler arasındaki olası etkileşimin teşvik ettiği uçucu maddelerin daha yüksek ayrışmasına ve uzaklaştırılmasına atfedilebilir (Choudhary ve ark., 2019; Enders ve ark., 2012). Ayrıca çeltik bitkisi, biyoçarın yüksek kül içeriğiyle güçlü bir şekilde ilişkilendirilebilecek yüksek silikon içeriğiyle karakterize edilmektedir (Jindo ve ark., 2014). FZB (%88,8) ve ÇAB (%88,3)'ünün toplam karbon içeriği, BSB (%86,1) ve ÇKB (%75,5)'nden önemli ölçüde yüksek bulunmuştur (Çizelge 1). Karbon değerleri kül içeriği ile uyumlu olup; karbon içeriği ne kadar yüksekse kül içeriğinin de o kadar düşük olduğu bilinmektedir (Windeatt ve ark., 2014). Manolikaki ve ark., (2016) ayrıca benzer piroliz koşullarında ağaç fıstığı kabuğu biyoçarında çeltik kavuzu biyoçarından daha yüksek karbon içeriği olduğunu bildirmiştir. Elde edilen veriler daha önce yapılan çalışmalarla da benzer bir eğilim göstermiştir (Günel ve ark., 2019).

### pH ve Elektriksel İletkenlik

Biyoçar örneklerinin tamamının alkalın pH'ya sahip olduğu (pH > 9), dört biyoçar tipinin pH'ları arasında önemli bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Zhao ve ark., (2013), biyoçar pH'sının hammaddeden çok sıcaklıktan etkilendiğini bildirmiştir. Üretilen dört biyoçarın tamamı daha önceki çalışmalarda belirtilen pH aralıklarını sergilemektedir (Günel ve ark., 2019; Windeatt ve ark., 2014; Zhao ve ark., 2013). Alkali özelliklere sahip biyoçarlar, aşırı toprak asitliğinde tamponlama potansiyeline sahiptir (Windeatt ve ark., 2014). Biyoçarın toprak düzenleyici olarak kullanılmasının genel bir kireçleme etkisine sahip olduğu, toprak pH'sını arttırdığı, mikrobiyal aktiviteyi arttırdığı, toprak organik maddesinin mineralizasyonunu arttırdığı ve bitkiler için yararlı besin elementi miktarını arttırdığı bulunmuştur (Agegnehu ve ark., 2017).

Farklı zirai hammadde türlerine ait biyoçarların elektriksel iletkenliği üzerinde çok önemli düzeyde anlamlı etkisinin bulunduğu belirlenmiştir (P < 0.01) (Çizelge 1). Fındık zurufundan üretilen biyoçarın EC değeri (5260.7  $\mu$ S/cm), sırasıyla ÇAB (2068.8  $\mu$ S/cm), ÇKB (417.4  $\mu$ S/cm) ve BSB (412.9  $\mu$ S/cm)'ından önemli seviyede yüksek bulunmuştur. Elde edilen biyoçarlar; FZB, ÇAB, ÇKB ve BSB'ı, sırasıyla hafif tuzlu, çok hafif tuzlu, tuzsuz ve tuzsuz olarak tuzluluk sınıfına ayrılmışlardır (USDA-NRCS, 2017). Bu çalışmada üretilen biyoçarın toprak düzenleyici olarak kullanıldığında toprağın elektrik iletkenliği üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olmayacağı anlaşılmaktadır. Ayrıca biyoçar türlerinin elektriksel iletkenlik değerleri, değişebilir kalsiyum (p<0.01), magnezyum (p<0.05), potasyum (P<0.01), fosfor (P< 0.01), alkalinite (P< 0.01) ve kül (P < 0.05) ile anlamlı pozitif korelasyonlara sahiptirler (Çizelge 4). Bu konuda daha önceki yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar rapor edilmiştir (Günel ve ark., 2019; Zhao ve ark., 2013). Biyoçarın elektriksel iletkenliği, toprağa uygulandığında besin elementlerinin kullanılabilirliğini etkilemektedir. Biyoçar kullanımlarının kalitesi ve sıklığı, çeşitli toprak türleri için dikkatle belirlenmelidir (Venkatesh ve ark., 2022).

### Alkalinite ve Su tutma kapasitesi

Farklı türdeki biyoçarlar arasında alkalinite (kireçleme etkisi) açısından önemli farklılıklar bulunmaktadır. Biyoçarların kireçleme materyali etkisi şu sırayı takip etmiştir: FZB > ÇAB > BSB > ÇKB (Çizelge 1). Bu çalışmadaki alkalinite değerleri Yuan ve Xu, (2011)'de bildirilen değerlerden daha yüksektir. Önceki çalışmalar aynı zamanda bu çalışmayla tutarlı olarak çeltik kavuzu biyoçarına kıyasla ağaç fıstığı kabuğu hammaddelerinden elde edilen biyoçarın kireçleme değerinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir (Singh ve

ark., 2017a). Biyoçarın nispeten daha yüksek alkalinite değeri, toprağa uygulandığında asidik etkiyi iyileştirme ve pH'ı artırma potansiyeline sahip olabilmektedir (Wang ve ark., 2009).

Buğday biyoçarının diğer biyoçarlara göre önemli ölçüde daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1). Zhang ve You (2013) yaptıkları bir çalışmada buğday biyoçarının (%233.3), 450°C'de pirolizle edilen odun biyoçarına (%119) kıyasla daha yüksek su tutma kapasitesine sahip olduğunu bildirmişlerdir. Biyoçarda gözeneklerin yapısı ve birbirine bağlantısı, biyoçarın yapışma ve yapışma kuvveti ile biyoçarın su tutma kapasitesini belirler (Reza ve ark., 2020). Bu nedenle, yüksek su tutma kapasitesine sahip biyoçar, mikro gözenekli fonksiyonel grupları su molekülleri ile doyurarak adsorpsiyon sürecini iyileştirir (Ali ve ark., 2022). Su tutma kapasitesi sonucu, buğday biyoçarının diğer biyoçarlarla karşılaştırıldığında toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirme potansiyelinin daha fazla olduğunu göstermektedir.

Çizelge 1. Farklı tarımsal atıklardan üretilen biyoçarların verim, su tutma kapasitesi ve bazı kimyasal özellikleri.

Biyochaar	Verim (%)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Karbon (%)	Kül (%)	Alkalinite (%)	Su tutma kapasitesi (%)
Çay atığı (ÇAB)	63.4 <sup>b*</sup>	9.7 <sup>a</sup>	2068.8 <sup>b</sup>	46.3 <sup>a</sup>	20.1 <sup>c</sup>	37.8 <sup>a</sup>	22.7 <sup>b</sup>
Buğday samanı (BSB)	67.8 <sup>a</sup>	9.9 <sup>a</sup>	412.9 <sup>c</sup>	44.3 <sup>b</sup>	23.6 <sup>b</sup>	28.3 <sup>b</sup>	233.4 <sup>a</sup>
Fındık zurufu (FZB)	60.7 <sup>b</sup>	10.1 <sup>a</sup>	5260.7 <sup>a</sup>	46.8 <sup>a</sup>	19.3 <sup>c</sup>	43.7 <sup>a</sup>	53.2 <sup>b</sup>
Çeltik kavuzu (ÇKB)	57.8 <sup>c</sup>	9.9 <sup>a</sup>	417.4 <sup>c</sup>	33.5 <sup>c</sup>	42.3 <sup>a</sup>	13.7 <sup>c</sup>	20.8 <sup>b</sup>

\*Aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur (Duncan testi,  $P < 0,05$ )

### Kasyon değişim kapasitesi ve değiştirilebilir katyonlar

Fındık zurufu biyoçarının kasyon değişim kapasitesi (48.1 meq/100g), sırasıyla BSB (31.8 meq/100g), ÇAB (21.7 meq/100g) ve ÇKB (20.8 meq/100g)'ından önemli ölçüde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Kasyon değişim kapasitesi, temel besin katyonlarını bitkilerde mevcut bir formda tutmaya yönelik biyoçar kapasitesinin göstergesidir (Venkatesh ve ark., 2022). Bu çalışmada elde edilen kasyon değişim kapasitesi değerleri, Zhao ve ark., (2013) tarafından farklı organik kalıntı biyoçarları üzerinde rapor edilenlerden daha düşüktür. Ancak bu çalışmadan elde edilen kasyon değişim kapasitesi değerleri, Günel ve ark. (2019) tarafından farklı tarımsal materyal biyoçarlarından elde edilen değerlerle (5.8 – 79.5 cmol kg<sup>-1</sup>) karşılaştırılabilir niteliktedir. Biyoçarların kasyon değişim kapasitesi, hammaddelerin türü ve özelliklerinden önemli ölçüde etkilenmiştir. Hammade materyallerindeki farklı katyonların (Ca, Mg ve K) değişken konsantrasyonu, kasyon değişim kapasitesinin değişkenliğine atfedilebilir (Zhao ve ark., 2013).

Fındık biyoçarının değişebilir Ca içeriği diğer biyoçarlardan oldukça yüksektir (Çizelge 2). Graber ve ark. (2017), bu çalışmanın değerlerine kıyasla daha yüksek değiştirilebilir kalsiyum değerleri bildirmişlerdir. Yuan ve Xu (2011), mevcut çalışmadaki değerlerle karşılaştırılabilir aralıkta değiştirilebilir kalsiyum değerleri (12.7 – 96.3 cmol+/kg) sunmuşlardır. Fındık zurufu biyoçarının daha yüksek değiştirilebilir Mg içeriğine (47.5 meq/100g) sahip olduğu, bunu sırasıyla BSB (32.2 meq/100g), ÇAB (30.2 meq/100g) ve ÇKB (4.7 meq/100g)'ının izlediği görülmüştür (Çizelge 2). Bunun aksine Graber ve ark., (2017), çeltik kavuzu biyoçarı için (22.2 meq/100g), 550°C'de piroliz edilen buğday samanı biyoçarına (9.4 meq/100g) göre daha yüksek değişebilir Mg içeriği rapor etmişlerdir. Benzer sonuçlar Yuan ve Xu (2011) tarafından 350-400°C'de pirolize edilen biyoçar için de rapor edilmiştir. Ancak Nguyen ve ark. (2018), 400°C'de piroliz edilen çeltik kavuzu biyoçarında değişebilir Mg değerinin (0.13 cmol/kg) düşük olduğunu bulmuşlardır. Fındık zurufu biyoçarı, sırasıyla BSB, ÇAB ve ÇKB'ına göre daha yüksek değişebilir K içeriği sergilemiştir (Çizelge 2). Değişebilir K içeriklerinin diğer çalışmalarda bildirilenlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Graber ve ark., 2017; Yuan ve Xu, 2011). Biyoçarların değişebilir Na içeriği ise ÇKB > FZB > BSB > ÇAB sıralamasını göstermişlerdir (Çizelge 2). Bu çalışmanın aksine, bazı araştırmacılar 350-400°C'de (Nguyen ve ark., 2018) ve 350°C'de (Yuan ve Xu, 2011) pirolize edilen diğer biyoçarlarla karşılaştırıldığında çeltik kavuzu biyoçarı için değişebilir sodyum içeriğinin düşük olduğunu bildirmişlerdir. Bu eğilim, sıcaklığın değişebilir kasyon içeriği üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. Kasyon değişim kapasitesi ile değişebilir Ca ( $P < 0.01$ ), K ( $P < 0.01$ ), Mg ( $P < 0.05$ ) arasındaki önemli korelasyon katsayıları sonuçların güvenilir olduğunu göstermektedir (Çizelge 4). Biyoçarlardaki değişebilir kasyon içerikleri ve kasyon değişim kapasitesi değerleri arasındaki önemli farklılıklar, tarımsal atık türünün biyoçarların besin içeriğinin düzenlenmesinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir (Zhao ve ark., 2013). Domingues ve ark. (2017), daha ayrıntılı olarak ele alındığında, biyoçarların kasyon değişim kapasitesi, piroliz sıcaklığından ziyade hammadde bileşiminden

daha fazla etkilendiğini belirtmişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyon değerlerine dayanarak, toprak verimliliğinin iyileştirilmesi için biyoçar seçiminin piroliz sıcaklığından ziyade tercih edilen tarımsal atık türüne odaklanılmasının önemini göstermektedir.

### Azot, Fosfor ve C:N oranı

Biyoçarların azot içerikleri; sırası ile ÇAB (%2,6) FZB (%1,4), BSB (%0,5) ve ÇKB (%0,4) olarak tespit edilmiştir (Çizelge 2). Bir başka ifade ile ÇAB'ı en yüksek ÇKB'ı ise en düşük azot içeriklerine sahiptirler. Çay atığı biyoçarı N içeriğindeki yüksek değer, Peiris ve ark., (2019) tarafından bildirilen değerlerle uyumludur. Çeltik kavuzu biyoçarındaki düşük N içeriği (%0,28) ayrıca Choudhary ve ark. (2019) tarafından 350°C'de piroliz edilen biyoçarda da rapor edilmiştir. Jindo ve ark. (2014), ayrıca farklı sıcaklıklarda piroliz edilen ÇKB'ı için düşük N içeriği bildirmiştir. Bu çalışmanın aksine, bazı yazarlar (Berek ve Hue, 2016; Somparn ve ark., 2020; Wendeatt ve ark., 2014), indüktif olarak eşleşmiş plazma kütle spektrometresi yöntemi kullanılarak tespit edilen aynı piroliz sıcaklığında ÇKB'ı ve BSB'ında daha yüksek N değerleri bildirmişlerdir.

Fındık zurufu biyoçarı (157.2 ppm), diğer tarımsal atıklardan elde edilen biyoçarlara kıyasla maksimum fosfor değerleri vermiştir (Çizelge 2). Aynı piroliz sıcaklığında (450°C) FZB'ında yüksek fosfor değeri (277 ppm) diğer çalışmalarda da rapor edilmiştir (Enders ve Lehmann, 2017). Çeltik kavuzu biyoçarı (188.4 ppm) ve BSB (183.3 ppm), FZB'ı (65.5 ppm) ve ÇAB'ı (34.4 ppm) ile karşılaştırıldığında önemli düzeyde yüksek C:N oranına sahip olduğu belirlenmiştir. Negiş ve ark., (2019), farklı piroliz sıcaklıkları altında buğday materyallerinden elde edilen biyoçarların yüksek C:N oranına sahip olduklarını bildirmişlerdir. Bu çalışmada sunulan değerlerin aksine, bazı çalışmalar ÇKB'ında düşük C:N oranı değerleri bildirmişlerdir (Claoston ve ark., 2014; Hidayat ve ark., 2023; Singh Karam ve ark., 2022). Bununla birlikte, hammaddelere ve piroliz koşullarına bağlı olarak biyoçarın toplam C:N oranı 6,5 ila 640 arasında değişebilmektedir (Bonanomi ve ark., 2017; Phillips ve ark., 2022). C:N oranı, organik bir substratın toprağa uygulandığında inorganik N sağlama yeteneğinin göstergelerinden birisidir (Günel ve ark., 2019). Bu nedenle, organik hammadde türü, bu çalışmada analiz edilen biyoçarların farklı C:N oranlarına sahip olmalarında en önemli faktör olarak değerlendirilebilir.

Çizelge 2. Farklı organik atıklardan elde edilen biyoçarlara ait toplam nitrojen (N), yarayışlı fosfor (P), C:N oranı, katyon değişim kapasitesi (KDK) ve değişebilir katyonlar.

Biyoçar	N (%)	P (ppm)	KDK (meq/100g)	Değişebilir katyonlar (meq/ 100g)				C:N
				Ca	Mg	K	Na	
Çay atığı (ÇAB)	2.6 <sup>a*</sup>	22.5 <sup>b</sup>	21.7 <sup>c</sup>	14.9 <sup>b</sup>	30.2 <sup>b</sup>	4.24 <sup>b</sup>	0.16 <sup>c</sup>	17.8 <sup>b</sup>
Buğday samanı (BSB)	0.5 <sup>c</sup>	14.5 <sup>b</sup>	31.8 <sup>b</sup>	12.0 <sup>b</sup>	32.2 <sup>b</sup>	4.65 <sup>b</sup>	0.17 <sup>c</sup>	88.6 <sup>a</sup>
Fındık zurufu (FZB)	1.4 <sup>b</sup>	157.2 <sup>a</sup>	48.1 <sup>a</sup>	45.5 <sup>a</sup>	47.5 <sup>a</sup>	10.80 <sup>a</sup>	0.28 <sup>b</sup>	33.4 <sup>b</sup>
Çeltik kavuzu (ÇKB)	0.4 <sup>c</sup>	30.9 <sup>b</sup>	20.8 <sup>c</sup>	13.3 <sup>b</sup>	4.7 <sup>c</sup>	1.75 <sup>c</sup>	0.37 <sup>a</sup>	83.7 <sup>a</sup>

\*Aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur (Duncan testi, P < 0,05)

### Mikro elementler

Biyoçarların demir, bakır manganez ve çinko içeriklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Bu analiz sonuçlarının incelenmesinin de anlaşılacağı üzere, önceki çalışmalara benzer şekilde (Choudhary ve ark., 2019), analiz edilen biyoçarların tamamında Cu belirlenmemiştir. Analiz edilen tüm biyoçarlarda Fe konsantrasyonunda istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur (Çizelge 3). Fındık zurufu biyoçarı yüksek konsantrasyonda Fe içermekte olup bunu sırasıyla BSB, ÇKB ve ÇAB'ı izlemektedir. Çay atığı ve çeltik kavuzu biyoçarları, fındık ve buğday samanı biyoçarlarıyla karşılaştırıldığında önemli ölçüde daha yüksek Mn konsantrasyonuna sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 3). Analiz edilen tüm biyoçar türleri arasında Zn konsantrasyonu açısından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunamamıştır (Çizelge 3). Manolikaki ve ark. (2016), 300-500°C piroliz sıcaklığında üretilen ÇKB'ında bu çalışmadaki değerlerle karşılaştırıldığında daha yüksek Mn ve Fe değerleri belirlemişlerdir. Choudhary ve ark. (2019), 350°C'de üretilen çeltik kavuzu biyoçarlarında Fe (471,37 ppm), Zn (105,13 ppm) ve Mn (130,8 ppm) konsantrasyonunun daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Buğday samanı biyoçarının Mn ve Zn değerleri, Zhao ve ark. (2013) tarafından 500°C'de piroliz edilen buğday samanı biyoçarında sırasıyla 8 ppm ve 2 ppm olarak rapor edilen değerlerden daha yüksek bulunmuştur. Biyoçarlar arasındaki mikro element değişiminin de organik atığın bileşiminden etkilenebilmektedir (Zhao ve ark., 2013).

Çizelge 3. Farklı organik atıklardan elde edilen biyoçarların mikro element içerikleri.

Biyοçar	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)
Çay atığı (ÇAB)	755.2 <sup>b*</sup>	0	280.6 <sup>a</sup>	30.1
Buğday samanı (BSB)	482.7 <sup>c</sup>	0	98.9 <sup>b</sup>	30.7
Findık zurufu (FZB)	510.3 <sup>c</sup>	0	80.0 <sup>b</sup>	30.3
Çeltik kavuzu (ÇKB)	1447.1 <sup>a</sup>	0	340.2 <sup>a</sup>	30.6

\*Aynı harfle gösterilen ortalama değerler arasında istatistiksel olarak önemli fark yoktur (Duncan testi, P < 0,05)

### Biyοçar özellikleri arasındaki ilişkiler

Bu çalışmada elde edilen dört farklı tür biyoçarın elektriksel iletkenlik değerlerinin katyon değişim kapasitesi, Ca, Mg, K, organik C, P, Fe ve alkalinite değerleriyle önemli pozitif, C:N oranı, kül ve Mn içerikleriyle istatistiksel olarak önemli ölçüde negatif ilişkiler vermiştir (Çizelge 4). Katyon değişim kapasitesi aynı zamanda alkalinitenin yanı sıra değişebilir katyonlar ile de çok önemli pozitif ilişkiler göstermiştir (Çizelge 4). Kül içeriğinin hem EC hem de KDK ile negatif korelasyona sahip olması, kül içeriğinin biyoçarın besin elementi içeriğini ve kullanılabilirliğini etkileyebileceğini göstermektedir. Benzer korelasyon eğilimi [Jiang ve ark. \(2017\)](#) tarafından da rapor edilmiştir. Ancak kül içeriği alkalinite ile çok önemli negatif bir korelasyon göstermiş ve diğer çalışmalarla da uyumludur ([Jiang ve ark., 2017](#); [Yuan ve ark., 2011](#)).

Çizelge 4. Farklı biyoçar türlerinin özellikleri arasındaki korelasyonlar

	KDK	EC	Kül	C:N	Ca	Mg	K	C	P	Fe	Mn
EC	0.80**										
Kül	-0.55	-0.59*									
C:N	-0.26	-0.66*	0.65*								
Ca	0.89**	0.94**	-0.44	-0.46*							
Mg	0.74**	0.71**	-0.83**	-0.49	0.60*						
K	0.95**	0.93**	-0.69*	-0.49	0.93**	0.80**					
C	0.55	0.59*	1.00**	-0.65*	0.44	0.83*	0.69*				
P	0.87**	0.93**	-0.36	-0.40	0.99**	0.53	0.91**	0.36			
Fe	0.93**	0.88**	-0.37	-0.30	0.95**	0.60*	0.92**	0.37	0.97**		
Mn	-0.85**	-0.40	0.47	-0.12	-0.53	-0.65*	-0.70*	-0.47	-0.52	-0.66*	
Alkalinity	0.63*	0.78**	-0.89**	-0.75**	0.65*	0.84**	0.78**	0.89**	0.56	0.52	-0.39

\*\*korelasyon 0,01 düzeyinde, \*korelasyon 0,05 düzeyinde anlamlıdır.

### Sonuç

Biyοçarların fizikokimyasal özelliklerinin ortaya konulması, toprak verimliliğini ve bitki büyümesini arttırmak için uygun biyoçarların seçimi açısından önem taşımaktadır. Sonuçlar, farklı tarımsal atıklardan elde edilen biyoçarların fizikokimyasal özelliklerinde de önemli derecede farklılıklar olabileceğini göstermektedir. Findık zurufu biyoçarı, diğer biyoçarlarla karşılaştırıldığında yüksek N, P ve K içeriğine sahip olması nedeniyle toprak verimliliğinin iyileştirilmesinde kullanılabilir en uygun biyoçar olarak gözükmektedir. Yüksek alkalinite değeri onun asitli topraklarda kullanımını daha uygun hale getirmektedir. Buğday samanı biyoçarının daha yüksek su tutma kapasitesi, bunun sınırlı fiziksel özelliklere sahip toprakların iyileştirilmesinde daha uygun bir toprak düzenleyici olabileceğini düşündürmektedir. Diğerlerine kıyasla daha düşük C:N oranı sergileyen çay atığı biyoçarı, toprak düzenleyici olarak kullanıldığında mikrobiyal N mineralizasyonu ve karbon substrat girdisi anlamına gelmektedir. Çeltik kavuzu biyoçarı fizikokimyasal özellikler açısından en düşük olanıdır ancak doğası gereği alkali olması nedeniyle yüksek kül içeriğine sahiptir ve bu da özellikle asidik topraklarda uygulanabilirliğini geçerli kılabilir. Aynı piroliz sıcaklığında üretilen biyoçarlar arasındaki önemli farklılıklar, biyoçarın üretildiği hammadde türünün biyoçarın tarımsal verimliliği üzerinde de önemli bir etkiye sahip olacağını göstermektedir.

## Teşekkür

Bu çalışma PYO.ZRT.1904.23.015 nolu projeden üretilmiş olup, desteklerinden dolayı Ondokuz Mayıs Üniversitesi BAPKOB'ne teşekkür ederiz.

## Kaynaklar

- Agegnehu G, Bass A M, Nelson PN, Bird MI. 2016. Benefits of biochar, compost and biochar-compost for soil quality, maize yield and greenhouse gas emissions in a tropical agricultural soil. *Science of the Total Environment*, 543, 295–306. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.11.054>
- Agegnehu G, Srivastava AK, Bird MI. 2017. The role of biochar and biochar-compost in improving soil quality and crop performance: A review. In *Applied Soil Ecology* (Vol. 119, pp. 156–170). Elsevier B.V. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.06.008>
- Alavijeh KM, Yaghmaei S. 2016. Biochemical production of bioenergy from agricultural crops and residue in Iran. *Waste Management*, 52, 375–394. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.03.025>
- Albuquerque JA, Salazar P, Barrón V, Torrent J, Del Campillo MDC, Gallardo A, Villar R. 2013. Enhanced wheat yield by biochar addition under different mineral fertilization levels. *Agronomy for Sustainable Development*, 33(3), 475–484. <https://doi.org/10.1007/s13593-012-0128-3>
- Ali L, Palamanit A, Techato K, Ullah A, Chowdhury MS, Phoungthong K. 2022. Characteristics of Biochars Derived from the Pyrolysis and Co-Pyrolysis of Rubberwood Sawdust and Sewage Sludge for Further Applications. *Sustainability (Switzerland)*, 14(7). <https://doi.org/10.3390/su14073829>
- Berek AK, Hue NV. 2016. Characterization of biochars and their use as an amendment to acid soils. *Soil Science*, 181(9–10), 412–426.
- Bikbulatova S, Tahmasebi A, Zhang Z, Rish SK, Yu J. 2018. Understanding water retention behavior and mechanism in bio-char. *Fuel Processing Technology*, 169.
- Bonanomi G, Ippolito F, Cesarano G, Nanni B, Lombardi N, Rita A, Saracino A, Scala F. 2017. Biochar as plant growth promoter: Better off alone or mixed with organic amendments? *Frontiers in Plant Science*, 8.
- Candemir F, Gülser C. 2007. Changes in some chemical and physical properties of a sandy clay loam soil during the decomposition of hazelnut husk. *Asian J. Chem.*, 19 (3):2452-2460.
- Candemir F, Gülser C. 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 42 (1):13-28.
- Cheng J, Hu SC, Sun GT, Geng ZC, Zhu MQ. 2021. The effect of pyrolysis temperature on the characteristics of biochar, pyrolytic acids, and gas prepared from cotton stalk through a polygeneration process. *Industrial Crops and Products*, 170.
- Choudhary TK, Khan KS, Hussain Q, Ahmad M, Ashfaq M. 2019. Feedstock-induced changes in composition and stability of biochar derived from different agricultural wastes. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(20).
- Claoston N, Samsuri AW, Ahmad Husni MH, Mohd Amran MS. 2014. Effects of pyrolysis temperature on the physicochemical properties of empty fruit bunch and rice husk biochars. *Waste Management and Research*, 32(4), 331–339.
- Cornelissen G, Jubaedah Nurida NL, Hale SE, Martinsen V, Silvani L, Mulder J. (2018). Fading positive effect of biochar on crop yield and soil acidity during five growth seasons in an Indonesian Ultisol. *Science of the Total Environment*, 634, 561–568.
- De Corato U. 2020. Agricultural waste recycling in horticultural intensive farming systems by on-farm composting and compost-based tea application improves soil quality and plant health: A review under the perspective of a circular economy. In *Science of the Total Environment* (Vol. 738). Elsevier B.V.
- Demir Z, Gülser C. 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3):185-190.
- Demir Z, Gülser C. 2008. Changes in OC, NO<sub>3</sub>-N, EC values and soil respiration along a soil depth due to surface application of organic wastes. *Asian J. Chem.*, 20(3):2011-2021.
- Demir Z, Gülser C. 2021. Effects of Rice Husk Compost on Some Soil Properties, Water Use Efficiency and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield under Greenhouse and Field Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, pp.1-18.
- Demirkaya S, Gülser C. 2023. Asitleştirilmiş biyoçar uygulamalarının kaba bünyeli bir toprakta DTPA ile ekstrakte edilebilir mikro element içeriğine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(1), pp.47-53.
- Domingues RR, Trugilho PF, Silva CA, De Melo ICNA, Melo LCA, Magriotis ZM, Sánchez-Monedero MA. 2017. Properties of biochar derived from wood and high-nutrient biomasses with the aim of agronomic and environmental benefits. *PLoS ONE*, 12(5).
- Enders A, Lehmann J. 2017. Proximate analyses for characterising biochars. In *Biochar : a guide to analytical methods* (pp. 9–27).
- Enders A, Hanley K, Whitman T, Joseph S, Lehmann J. 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresource Technology*, 114, 644–653.
- Frank K, Beegle D, Denning J. 1998. Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region.

- Glab T, Palmowska J, Zaleski T, Gondek K, 2016. Effect of biochar application on soil hydrological properties and physical quality of sandy soil. *Geoderma*, 281, pp.11-20.
- Glazunova DM, Kuryntseva PA, Selivanovskaya SY, Galitskaya PY. 2018. Assessing the Potential of Using Biochar as a Soil Conditioner. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 107(1).
- Graber ER, Singh B, Hanley K, Lehmann J. 2017. Determination of cation exchange capacity in biochar. In B. Singh, M. Camps-Arbestain, & J. Lehmann (Eds.), *Biochar; A Guide To Analytical Methods*. CRC PRESS.
- Gülser C, Kızılkaya R, Aşkın T, Ekberli İ. 2015. Changes in Soil Quality by Compost and Hazelnut Husk Applications in a Hazelnut Orchard. *Compost Science and Utilization*, 23:3, 135-141.
- Gülser C. 2006. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. *Geoderma*, 131(1-2), pp.33-44.
- Gülser C, Ekberli İ, Gülser F. 2021. Effects of deforestation on soil properties and organic carbon stock of a hillslope position land in Black Sea Region of Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 10 (4) , 278-284.
- Gülser C. 2021. Soil Structure and Moisture Constants Changed by Tobacco Waste Application in a Clay Textured Field. *Toprak Su Dergisi*, 10(2), pp.88-93.
- Gülser C., 2022. Effects of agricultural wastes on some physical properties of clay loam soil. *Agricultural Sciences/Agrarni Nauki*, 14(33).
- Gülser C, Candemir F. 2012. Changes in Penetration Resistance of a Clay Field with Organic Waste Applications. *Eurasian Journal of Soil Science*, 1(1):16-21.
- Gülser C, Demir Z, İç S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31:671-674.
- Günel H, Bayram Ö, Günel E, Erdem H. 2019. Characterization of soil amendment potential of 18 different biochar types produced by slow pyrolysis. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(4), 329–339. <https://doi.org/10.18393/ejss.599760>
- Hidayat Rahmat A, Nissa RC, Sukanto Nuraini L, Nurtanto M, Ramadhani WS. 2023. Analysis of rice husk biochar characteristics under different pyrolysis temperature. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1201(1).
- Hossain MZ, Bahar MM, Sarkar B, Donne SW, Ok YS, Palansooriya KN, Kirkham MB, Chowdhury S, Bolan N. 2020. Biochar and its importance on nutrient dynamics in soil and plant. In *Biochar* (Vol. 2, Issue 4, pp. 379–420). Springer Science and Business Media B.V.
- Ippolito JA, Cui L, Kammann C, Wrage-Mönnig, N, Estavillo JM, Fuertes-Mendizabal T, Cayuela ML, Sigua G, Novak J, Spokas K, Borchard N. 2020. Feedstock choice, pyrolysis temperature and type influence biochar characteristics: a comprehensive meta-data analysis review. In *Biochar* (Vol. 2, Issue 4, pp. 421–438). Springer Science and Business Media B.V.
- IBI. 2015. State of the Biochar Industry 2014 A Survey of Commercial Activity in the Biochar Sector A report by the International Biochar Initiative (IBI) Copyright and Disclaimer.
- İç S, Gülser C. 2008. Tütün Atığının Farklı Bünyeli Toprakların Bazı Kimyasal ve Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *OMÜ Ziraat Fak. Dergisi*, 23(2), 104-109.
- Jahan S, Iqbal S, Rasul F, Jabeen K. 2019. Structural characterization of soil biochar amendments and their comparative performance under moisture deficit regimes. *Arabian Journal of Geosciences*, 12(6).
- Jiang S, Nguyen TAH, Rudolph V, Yang H, Zhang D, Ok YS, Huang L. 2017. Characterization of hard- and softwood biochars pyrolyzed at high temperature. *Environmental Geochemistry and Health*, 39(2), 403–415.
- Jin Z, Chen C, Chen X, Hopkins I, Zhang X, Han Z, Jiang F, Billy G. 2019. The crucial factors of soil fertility and rapeseed yield - A five year field trial with biochar addition in upland red soil, China. *Science of the Total Environment*, 649, 1467–1480.
- Jindo K, Mizumoto H, Sawada Y, Sanchez-Monedero MA, Sonoki T. 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11(23), 6613–6621.
- Lataf A, Jozefczak M, Vandecasteele B, Viaene J, Schreurs S, Carleer R, Yperman J, Marchal W, Cuypers A, Vandamme D. 2022. The effect of pyrolysis temperature and feedstock on biochar agronomic properties. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 168.
- Lee J, Yang X, Cho SH, Kim JK, Lee SS, Tsang DCW, Ok YS, Kwon EE. 2017. Pyrolysis process of agricultural waste using CO<sub>2</sub> for waste management, energy recovery, and biochar fabrication. *Applied Energy*, 185, 214–222.
- Lehman J, Joseph S. 2009. Biochar for Environmental Management: An Introduction. In J. Lehman & S. Joseph (Eds.), *Biochar for Environmental Management* (Vol. 1). Earthscan .
- Lehmann J. 2007. Biochar bio-energy. *Front Ecol Environ*, 5(7), 381–387.
- Liang J, Li Y, Si B, Wang Y, Chen X, Wang X, Chen H, Wang H, Zhang F, Bai Y, Biswas A. 2021. Optimizing biochar application to improve soil physical and hydraulic properties in saline-alkali soils. *Science of the Total Environment*, 771.
- Maharlouei ZD, Fekri M, Saljooqi A, Mahmoodabadi M, Hejazi M. 2021. Effect of modified biochar on the availability of some heavy metals speciation and investigation of contaminated calcareous soil. *Environmental Earth Sciences*, 80(3).
- Manolikaki II, Mangolis A, Diamadopoulos E. 2016. The impact of biochars prepared from agricultural residues on phosphorus release and availability in two fertile soils. *Journal of Environmental Management*, 181, 536–543.



- Munera-Echeverri, JL, Martinsen V, Strand LT, Zivanovic V, Cornelissen G, Mulder J. 2018. Cation exchange capacity of biochar: An urgent method modification. *Science of the Total Environment*, 642.
- Negiş H, Gümüş İ, Şeker C. 2019. The properties of biochars derived from different plant residue and different pyrolysis temperatures. *Akademik Ziraat Dergisi*.
- Nguyen BT, Trinh NN, Le CMT, Nguyen TT, Tran T, Van Thai BV, Le T Van. 2018. The interactive effects of biochar and cow manure on rice growth and selected properties of salt-affected soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(12), 1744–1758.
- Obia A, Mulder J, Martinsen V, Cornelissen G, Børresen T. 2016. In situ effects of biochar on aggregation, water retention and porosity in light-textured tropical soils. *Soil and Tillage Research*, 155, 35–44.
- Peiris C, Nayanathara O, Navarathna CM, Jayawardhana Y, Nawalage S, Burk G, Karunanayake AG, Madduri SB, Vithanage M, Kaumal MN, Mlsna TE, Hassan EB, Abeysundara S, Ferez F, Gunatilake SR. 2019. The influence of three acid modifications on the physicochemical characteristics of tea-waste biochar pyrolyzed at different temperatures: A comparative study. *RSC Advances*, 9(31), 17612–17622.
- Peksen A, Yakupoglu G, Yakupoglu T, Gülser C, Öztürk E, Özdemir N. 2011. Changes in chemical compositions of substrates before and after *Ganoderma lucidum* cultivation. *World J Microbiol Biotechnol* 27, 637–642.
- Phillips CL, Meyer KM, Garcia-Jaramillo M, Weidman CS, Stewart CE, Wanzek T, Grusak MA, Watts DW, Novak J, Trippe KM. 2022. Towards predicting biochar impacts on plant-available soil nitrogen content. *Biochar*, 4(1).
- Reza MS, Afroze S, Bakar MSA, Saidur R, Aslfattahi N, Taweekun J, Azad AK. 2020. Biochar characterization of invasive *Pennisetum purpureum* grass: effect of pyrolysis temperature. *Biochar*, 2(2), 239–251.
- Roshan A, Ghosh D, Maiti SK. 2023. How temperature affects biochar properties for application in coal mine spoils? A meta-analysis. In *Carbon Research* (Vol. 2, Issue 1). Springer.
- Safaei Khorram M, Zhang G, Fatemi A, Kiefer R, Mahmood A, Jafarnia S, Zakaria MP, Li G. 2020. Effect of walnut shell biochars on soil quality, crop yields, and weed dynamics in a 4-year field experiment. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(15), 18510–18520.
- Saffari N, Hajabbasi MA, Shirani H, Mosaddeghi MR, Owens G. 2021. Influence of corn residue biochar on water retention and penetration resistance in a calcareous sandy loam soil. *Geoderma*, 383.
- Singh Karam D, Nagabovanalli P, Sundara Rajoo K, Fauziah Ishak C, Abdu A, Rosli Z, Melissa Muharam F, Zulperi D. 2022. An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties, and its agriculture application. In *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences* (Vol. 21, Issue 3, pp. 149–159). King Saud University.
- Singh B, Camps-Arbestain M, Lehmann J, CSIRO (Australia). 2017a. *Biochar : a guide to analytical methods*. CRC PRESS Taylor & Francis group .
- Singh B, Dolk MM, Shen Q, Camps-Arbestain M. 2017b. Biochar pH, electrical conductivity and liming potential (B. Singh, M. Camps-Arbestain, & J. Lehmann, Eds.; pp. 23–38). CRC PRESS.
- Somparn W, Panyoyai N, Khamdaeng T, Tippayawong N, Tantikul S, Wongsiriamnuay T. 2020. Effect of process conditions on properties of biochar from agricultural residues. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 463(1).
- Sun F, Lu S. 2014. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore-space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 177(1), 26–33.
- Tanure MMC, da Costa LM, Huiz HA, Fernandes RBA, Cecon PR, Junior JDP, da Luz JMR. 2019. Soil water retention, physiological characteristics, and growth of maize plants in response to biochar application to soil. *Soil and Tillage Research*, 192, pp.164-173.
- Tomczyk A, Sokołowska Z, Boguta P. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. In *Reviews in Environmental Science and Biotechnology* (Vol. 19, Issue 1, pp. 191–215). Springer.
- USDA-NRCS. 2017. *National Soil Survey Handbook*. <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/national-soil-survey-handbook>
- Venkatesh G, Gopinath KA, Reddy KS, Reddy BS, Prabhakar M, Srinivasarao C, Kumari VV, Singh VK. 2022. Characterization of Biochar Derived from Crop Residues for Soil Amendment, Carbon Sequestration and Energy Use. *Sustainability* (Switzerland), 14(4).
- Wang N, Li JY, Xu RK. 2009. Use of agricultural by-products to study the pH effects in an acid tea garden soil. *Soil Use and Management*, 25(2), 128–132.
- Whitney DA. 1998. *Recommended Chemical Soil Test Procedures for the North Central Region*. <https://p2infohouse.org/ref/17/16690.pdf#page=33>
- Windeatt JH, Ross AB, Williams PT, Forster PM, Nahil MA, Singh S. 2014. Characteristics of biochars from crop residues: Potential for carbon sequestration and soil amendment. *Journal of Environmental Management*, 146, 189–197.
- Xiao L, Yuan G, Feng L, Bi D, Wei J. 2020. Soil properties and the growth of wheat (*Triticum aestivum* L.) and maize (*Zea mays* L.) in response to reed (*Phragmites communis*) biochar use in a salt-affected soil in the Yellow River Delta. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 303.
- Yaashikaa PR, Kumar PS, Varjani S, Saravanan A. 2020. A critical review on the biochar production techniques, characterization, stability and applications for circular bioeconomy. In *Biotechnology Reports* (Vol. 28).
- Yuan JH, Xu RK. 2011. The amelioration effects of low temperature biochar generated from nine crop residues on an acidic Ultisol. *Soil Use and Management*, 27(1), 110–115.

- Yuan JH, Xu RK, Zhang H. 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresource Technology*, 102(3), 3488–3497.
- Zhang G, Guo X, Zhu Y, Han Z, He Q, Zhang F. 2017. Effect of biochar on the presence of nutrients and ryegrass growth in the soil from an abandoned indigenous coking site: The potential role of biochar in the revegetation of contaminated site. *Science of the Total Environment*, 601–602, 469–477.
- Zhang H, Chen C, Gray EM, Boyd SE. 2017. Effect of feedstock and pyrolysis temperature on properties of biochar governing end use efficacy. *Biomass and Bioenergy*, 105.
- Zhang J, You C. 2013. Water holding capacity and absorption properties of wood chars. *Energy and Fuels*, 27(5).
- Zhang Y, Idowu OJ, Brewer CE. 2016. Using agricultural residue biochar to improve soil quality of desert soils. *Agriculture (Switzerland)*, 6(1).
- Zhao L, Cao X, Mašek O, Zimmerman A. 2013. Heterogeneity of biochar properties as a function of feedstock sources and production temperatures. *Journal of Hazardous Materials*, 256–257, 1–9.



## Organik polimer ve bazı tarımsal artık uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve buğday bitkisinde verime etkileri

 Nutullah ÖZDEMİR,  Ömrüm Tebessüm KOP DURMUŞ\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

### Öz

Sera koşullarında yürütülen bu çalışmada, yapay ve organik kökenli toprak düzenleyicilerin bazı toprak özellikleri, toprak organik maddesi ve buğday bitkisinin verimine etkileri incelenmiştir. Çalışmada kullanılan toprak örnekleri yüzeyden (0-20 cm) alınmıştır. Faktöriyel düzende ve tesadüf parselleri deneme düzeninde yürütülen bu çalışmada buğday samanı, fındık zurufu, hümik asit, poliakrilamid ile poliakrilamid + düzenleyici kombinasyonları topraklara 3 farklı dozda, 3 tekrarlamalı olarak uygulanmıştır. Buğday samanı ve fındık zurufu dozları (%0, %2, %4), hümik asit dozları (0 ppm, 200 ppm, 1000 ppm), poliakrilamid dozları (0 ppm, 30 ppm, 60 ppm) olarak çalışılmıştır. Beş aylık inkübasyon periyodunun ardından saksılarda buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Bitki hasadından sonra yapılan değerlendirmelerde kumlu tın toprakta denette %1.14 olan organik madde içeriğinin düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak %2.43'e kadar, killi tın toprakta ise denette %2.37 olan organik madde içeriğinin ise %6.01'e kadar artış gösterdiği belirlenmiştir. Verim sonuçları incelendiğinde kumlu tın toprakta hümik asit, hümik asit+poliakrilamid, fındık zurufu+poliakrilamid uygulamaları sonrasında buğday bitkisinin veriminin arttığı, killi tın toprakta yalnızca fındık zurufu+poliakrilamid uygulamaları ile denete göre verim artışının olduğu diğer uygulamalarda verimin düştüğü gözlemlenmiştir. Organik madde içeriğinde en yüksek artış kumlu tın toprakta fındık zurufu 3.doz+poliakrilamid 2.doz uygulanan örneklerde, killi tın toprakta ise fındık zurufunun 3. dozunun uygulandığı örneklerde belirlenmiştir. Verim üzerinde en yüksek artış kumlu tın toprakta hümik asit 3. doz+poliakrilamid 3. doz uygulanan örneklerde, killi tın toprakta ise fındık zurufu 3. doz+poliakrilamid 2. doz uygulanan örneklerde belirlenmiştir. Düzenleyici uygulamalarının etkinlikleri uygulama dozu ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişim göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Organik madde, toprak düzenleyiciler, toprak özellikleri, buğday verim.

### Effects of organic polymer and some agricultural residue applications on some soil properties and yield in wheat plants

#### Abstract

In this study conducted under greenhouse conditions, the effects of artificial and organic soil conditioners on some soil properties, soil organic matter and wheat plant productivity were examined. The soil samples used in the study were taken from the surface (0-20cm). In this study, which was carried out in a factorial and random plot design, wheat straw, hazelnut husk, humic acid, polyacrylamide and polyacrylamide + regulator combinations were applied to the soils in 3 different doses and in 3 repetitions. Wheat straw and hazelnut husk doses (0%, 2%, 4%), humic acid doses (0 ppm, 200 ppm, 1000 ppm) and polyacrylamide doses (0 ppm, 30 ppm, 60 ppm) were studied. After a five-month incubation period, wheat plants were grown in pots. In the evaluations made after the plant harvest, it was determined that the organic matter content in the sandy loam soil, which was 1.14% in the control, increased up to 2.43%, depending on the regulatory practices, and in the clay loam soil, the organic matter content, which was 2.37% in the control, increased up to 6.01%. When the yield results were examined, it was observed that the productivity of the wheat plant increased after humic acid, humic acid + polyacrylamide, hazelnut husk + polyacrylamide applications in sandy loam soil, while the yield increased compared to the control only with hazelnut husk + polyacrylamide applications in clay loam soil, and the yield decreased in other applications. The highest increase in organic matter content was determined in the samples where hazelnut husk 3<sup>rd</sup> dose + polyacrylamide 2<sup>nd</sup> dose was applied in sandy loam soil, and in the samples where hazelnut husk 3<sup>rd</sup> dose was applied in clay loam soil. The highest increase in yield was determined in the samples where humic acid 3<sup>rd</sup> dose + polyacrylamide 3<sup>rd</sup> dose was applied in sandy loam soil, and in the samples where hazelnut husk 3<sup>rd</sup> dose + polyacrylamide 2<sup>nd</sup> dose was applied in clay loam soil. The effectiveness of regulatory applications varied depending on the application dose and soil properties.

**Keywords:** Organic matter, soil conditioners, soil properties, wheat yield.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0531 362 5984

E-posta : [koptebessum@gmail.com](mailto:koptebessum@gmail.com)

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 22 Mayıs 2023 e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 14 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1300362

## Giriş

Gelişen ekonomi ve artan nüfusun oluşturduğu ihtiyaçlar ile artan gıda talebi tarım toprakları üzerinde baskı oluşturmaktadır. Artan baskılar erozyonu hızlandırmakta ve bir takım çevresel problemlere neden olarak tarımsal sürdürülebilirliği olumsuz yönde etkilemektedir (Özdemir ve Atalay, 2019). Yoğun kimyasal gübrelerin kullanımı yeraltı ve yerüstü su kaynaklarının kirlenmesine, toprak kalitesinin ve doğal kaynakların bozulmasına neden olmaktadır (Doran, 2002). Bu durum, kimyasal gübre ve ilaç kullanılarak yapılan tarımın sürdürülebilir olmadığını ve günümüz tarımında yenilik yapılması gerektiğini ortaya koymaktadır (Sönmez ve ark., 2009). Toprağın yapısal stabilitesini koruyan ve ekosisteme olumsuz etkileri olmayan girdilerin kullanılarak, üretim faaliyetlerinin sürdürülmesi, problemin çözüm yolu olarak görülmektedir. Üreticiler verimin artırılmasında ve erozyonla mücadelede farklı seçeneklere sahiptirler. En genel yaklaşım bu topraklarda ilerideki potansiyel erozyon riskini azaltmak ve bitki gelişimini artırmak için ilave organik ve inorganik düzenleyicilerin kullanılmasıdır (Özdemir ve ark., 2014). Ancak fazla miktarda aşınımına uğramış topraklarda büyük miktarlardaki ticari düzenleyici kullanımı, aşınımına uğramamış alanlardaki kadar üretim artışı sağlayamamaktadır. (Olson, 1977; Mbagwu ve ark., 1984; Yakupoğlu ve Özdemir, 2006).

Toprağın işlevsel özelliklerinin korunarak geliştirilmesi ve degradasyonunun önlenmesi amacıyla son yıllarda alternatif olarak, geleneksel uygulamalar olan organik düzenleyiciler üzerinde durulmaktadır. Bu amaçla ahır gübresi (Haynes ve Naidu, 1998), biyokatı (Albiach ve ark., 2001; Özdemir ve ark., 2014), kentsel atıklar (Eriksen ve ark., 1999), kompost (Tejada ve Gonzalez, 2003), ürün artıkları (De Neve ve Hofman, 2000), yüksek organik madde içeriğine sahip yan ürünler (Madejon ve ark., 2001; Iqbal ve ark., 2019) ile organik ve inorganik gübre kombinasyonları üzerinde durulmaktadır. Söz konusu materyallerin araziye uygulanarak değerlendirilmesi toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinde iyileşmeler sağlamaktadır. Bu materyallerin özellikle bozulmuş ve erozyona duyarlı topraklara uygulanması gerek toprak koruma ve gerekse bitkisel üretim açısından da son derece yararlı olmaktadır (Pinamonti ve Zorzi, 1996).

Leaungvutivirog ve ark., (2002), değişik gübre çeşitlerinin (kompost, ahır gübresi, kimyasal gübreleme, yeşil gübreleme ve çeltik samanı) toprakların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile mısır verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar kompost, ahır gübresi ve çeltik samanı uygulamalarının kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında toprakların organik madde içeriğini daha fazla artırdığını, mısır veriminin kontrolle karşılaştırıldığında kimyasal gübre uygulamasında daha fazla olduğunu fakat organik gübrelerden elde edilen verimden daha düşük olduğunu belirlemişlerdir.

Tamer ve ark., (2016) ise organik materyal ilavesinin bazı toprak özellikleri ve ayçiçeği bitkisinde verim öğeleri üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada; 30 kg/ha hümik asit + kimyasal gübre uygulamasının organik madde içeriğini en fazla artıran uygulama olduğunu, pH, EC, kireç, K ve fosfor içeriklerinin uygulamalardan etkilendiğini vurgulamışlardır.

Strüktürel açıdan bozulmuş topraklarda agregasyonu sağlamak ve verimi artırmak için üst toprak içerisine organik atıkların karıştırılması yaygın yol olarak izlenmekle birlikte, bu toprakların ıslahında fazla miktarda organik girdiye ihtiyaç duyulması ve topraktaki inkübasyon sürecinin uzun olması bu alanda sentetik organik toprak düzenleyicilerinin alternatif kullanım olanaklarının araştırılmasına yön vermiş ve bu alanda poliakrilamid (PAM), polivinilalkol (PVA) ve hümik asit (HA)'in kullanımı yoğun olarak araştırılmaya başlanmıştır. Bu konuda yapılan çalışmalarda, sentetik polimerlerin toprak yüzeyine çok düşük dozlarda uygulanmasının bile agregat stabilitesi ve strüktürel yapıyı geliştirme bakımından önemli pozitif etkiler yapabileceği genel bir sonuç olarak vurgulanmaktadır (Fox ve Bryan, 1992; Lentz ve Sojka, 1994; Imbufe ve ark., 2005).

Türkiye topraklarının büyük bir kısmı organik madde bakımından fakir olarak kabul edilmektedir. Denemeye konu olan toprakların alındığı Bafra Ovası topraklarının organik madde içeriği ise büyük değişkenlik göstermekle beraber ortalama değer olarak düşük seviyede sınıflandırılmaktadır (Pacci ve ark., 2022). Bu çalışmada; hümik asit (HA), poliakrilamid (PAM), buğday samanı (BS) ve fındık zurufu (FZ) toprak düzenleyicilerinin ayrı ayrı ve poliakrilamid ile birlikte uygulanmalarının bazı toprak özellikleri ile toprağın organik madde kapsamı ve buğday bitkisinde verime olan etkileri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma sera koşullarında topraklı yetiştiricilik olarak yürütülmüştür. Kullanılan topraklar Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra Uygulama ve Araştırma Arazisi ile Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Uygulama İstasyonundan alınmıştır. Sera denemesinde kullanılan toprakların deneme öncesi analiz sonuçları Çizelge 1'de, bitkisel atıkların analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinde de anlaşılacağı üzere Üniversite arazisinden alınan toprak örneği; kumlu tın bünyeli (SL), hafif alkalın karakterli, tuzsuz, organik madde içeriği az, çok kireçli, toplam azot içeriği az, alınabilir fosfor kapsamı çok yüksek, kalsiyum ve magnezyum içeriği ise yeterli düzeydedir. Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Uygulama İstasyonu arazisinden alanından alınan toprak örneği ise; killi tın bünyeli (CL), hafif alkalın karakterli, tuzsuz, orta düzeyde organik madde, orta düzeyde kireç, fazla toplam azot, orta alınabilir fosfor, orta kalsiyum ve yüksek düzeyde magnezyum içeriğine sahiptir. Toprakların pH değerleri 8.5'in altında olup topraklarda alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Soil Survey Manuel, 2017).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprakların deneme öncesi analiz sonuçları

Toprak	pH (1:1)	EC (1:1) (dS m <sup>-1</sup> )	OM (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	N (%)	P (mg kg <sup>-1</sup> )
SL	8.11	0.68	1.12	17.82	0.05	48.07
CL	7.88	0.47	2.85	7.57	0.20	25.45
	Ca (mek 100g <sup>-1</sup> )	Mg (mek 100g <sup>-1</sup> )	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	
SL	14.92	6.92	64.12	27.91	7.97	
CL	13.00	23.25	27.19	41.51	31.30	

Çizelge 2. Denemede kullanılan bitkisel atıkların deneme öncesi analiz sonuçları

Bitkisel Atıklar	pH (1:1)	EC(1:1) (µmhos cm <sup>-1</sup> )	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 Zurufu	6,16	2058,00	46,93	1,86	25,28	19,09	6291,52

Buğday samanı 82.25 ve fındık zurufu ise 25.28 C/N oranı değerlerine sahiptirler. Çalışma faktöriyel düzende ve tesadüf parselleri deneme deseninde yürütülmüştür. Bitki materyali olarak buğday (*Triticum aestivum*, pandas çeşidi) yetiştirilmiştir. Çalışmada 5 kg'lık toprak örnekleri saksılara aktararak polimerler ve organik atıklar 3 farklı dozda (BS % 0, 2, 4; FZ % 0, 2, 4; HA 0, 200, 1000 ppm; PAM 0, 30, 60 ppm) ve PAM+düzenleyici kombinasyonları olarak ilave edilmiştir. Kullanılan düzenleyiciler farklı kurumlardan temin edilmiştir. Deneme süresince toprak nem içerikleri periyodik olarak kontrol edilerek elverişli nemin % 50'si tükenince tekrar sulama yapılmıştır. 5 aylık inkübasyon süresinin ardından saksılarda buğday tohumu ekilmiştir. Tohumların çıkışından sonra her bir saksıda eşit sayıda (15 adet) bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Seyreltme işleminden sonra saksılara 100 ppm azot içeren 50 ml'lik amonyum sülfat gübre çözeltisi ilave edilmiştir. Bitki hasadından sonra saksılardan alınan toprak örneklerinde ilgili analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Çalışmada [-CH<sub>2</sub>CHCONH<sub>2</sub>]<sub>n</sub> kimyasal formülüne sahip, 1.189 g/cm<sup>3</sup> yoğunluğunda, yaklaşık 10000 Mg.mol<sup>-1</sup> molekül ağırlığına sahip anyonik karakterli PAM kullanılmıştır. Hümik asit piyasada sıvı ve katı halde bulunmakta olup, denemede piyasada ticari olarak satılan, içerisinde %13.5 hümik asit, %1.5 fulvik asit ve %1.5 K<sub>2</sub>O içeren sıvı materyal kullanılmıştır.

Toprakların dane büyüklük dağılımı; Bouyoucos hidrometre yöntemi (Gee ve Bauder, 1986), agregat stabilitesi; ıslak eleme yöntemi (Kemper 1965), organik madde içeriği (OM); modifiye Walkley-Black yöntemi (Nelson ve Sommers, 1982), kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği; Scheibler kalsimetre yöntemi (Schlichting ve Blume, 1966), değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum; amonyum asetat ekstraksiyonu metodu (Thomas, 1987), Toplam azot; Kjeldahl yöntemi (Bremner, 1965), alınabilir fosfor; pH'ya göre Olsen (Olsen ve ark., 1954), pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri; saturasyon çamurunda pH metre (Hendershot ve ark., 1993) ve EC metre (Rhoades, 1986) kullanılarak belirlenmiştir. Verim hesaplamasında kuru değerleri

esas alınmıştır. Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 22 paket programı ile Duncan çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır (Yurtsever, 1984).

## Bulgular ve Tartışma

### Toprak özellikleri

312 gün süren deneme sonrasında temel toprak özelliklerinin endüstriyel düzenleyici ve organik atık uygulamalarından etkilendiği, SL toprakta agregat stabilitesi değerlerinin uygulamalara bağlı olarak %17,32' den; %44,14'e, CL toprakta ise %52,36'dan %90,57'ye kadar artış gösterdiği tespit edilmiştir. Toprak reaksiyonunun kumlu tın (SL) toprakta deneme öncesi 8.11 olan pH değerinin düzenleyici türlerine bağlı olarak değişim göstererek nötral noktaya doğru düşüş gösterdiği, söz konusu etkinin killi tın (CL) toprakta da gözlemlendiği, ancak etkinliğin daha düşük düzeyde kaldığı tespit edilmiştir.

### Toprak organik maddesi

Deneme sonrası topraklarda belirlenen organik madde içeriklerine ilişkin Varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3'de, söz konusu uygulamaların organik madde içeriklerinde oluşturdukları değişimler ise Şekil 1'de verilmiştir. Varyans analiz sonuçlarının irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere topraklar, düzenleyiciler, dozlar ve bu uygulamalara ilişkin interaksiyonların organik madde içeriği üzerindeki etkileri % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Bir başa ifade ile topraklar, düzenleyiciler ve uygulama dozları ile interaksiyonlarının toprak organik maddesi üzerindeki etkileri farklılık göstermiştir. Toprak organik maddesi üzerinde uygulamaların ayrı ayrı etkinlikleri irdelendiğinde düzenleyici etkinliklerinin kumlu tın toprakta FZ>BS>HA>PAM şeklinde, killi tın toprakta ise FZ>BS>HA>PAM şeklinde sıralandığı doz arttıkça etkinliğinde arttığı tespit edilmiştir.

Çizelge 3. Organik madde değerlerine (%) ait Duncan testi ve varyans analizi sonuçları

Uygulamalar**	Ort. ± standart sapma	
	Kumlu Tın Toprak	Killi Tın Toprak
BS (%0)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
BS (%2)	1.62 ± 0.18	3.17 ± 0.21
BS (%4)	1.67 ± 0.21	5.58 ± 0.30
FZ (%0)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
FZ (%2)	1.60 ± 0.17	4.21 ± 0.23
FZ (%4)	2.25 ± 0.12	6.24 ± 0.29
HA (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
HA (200 ppm)	1.17 ± 0.01	2.47 ± 0.07
HA (1000 ppm)	1.30 ± 0.04	2.47 ± 0.08
PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
PAM (30 ppm)	1.26 ± 0.04	2.42 ± 0.03
PAM (60 ppm)	1.35 ± 0.01	2.43 ± 0.01
BS (% 0)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
BS (% 2)+PAM (30 ppm)	1.27 ± 0.14	3.16 ± 0.10
BS (% 2)+PAM (60 ppm)	1.48 ± 0.12	3.23 ± 0.29
BS (% 0)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
BS (% 4)+PAM (30 ppm)	1.63 ± 0.08	4.62 ± 0.21
BS (% 4)+PAM (60 ppm)	1.65 ± 0.08	4.35 ± 0.32
FZ (% 0)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
FZ (% 2)+PAM (30 ppm)	1.54 ± 0.15	3.78 ± 0.16
FZ (% 2)+PAM (60 ppm)	1.56 ± 0.09	3.90 ± 0.08
FZ (% 0)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
FZ (% 4)+PAM (30 ppm)	2.43 ± 0.37	5.64 ± 0.24
FZ (% 4)+PAM (60 ppm)	2.01 ± 0.07	5.58 ± 0.13
HA (0 PPM)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
HA (200 PPM)+PAM (30 ppm)	1.40 ± 0.00	2.54 ± 0.24
HA (200 PPM)+PAM (60 ppm)	1.44 ± 0.02	2.44 ± 0.17
HA (0 PPM)+PAM (0 ppm)	1.14 ± 0.07	2.37 ± 0.12
HA (1000 PPM)+PAM (30 ppm)	1.40 ± 0.00	2.54 ± 0.10
HA (1000 PPM)+PAM (60 ppm)	1.44 ± 0.02	2.45 ± 0.13

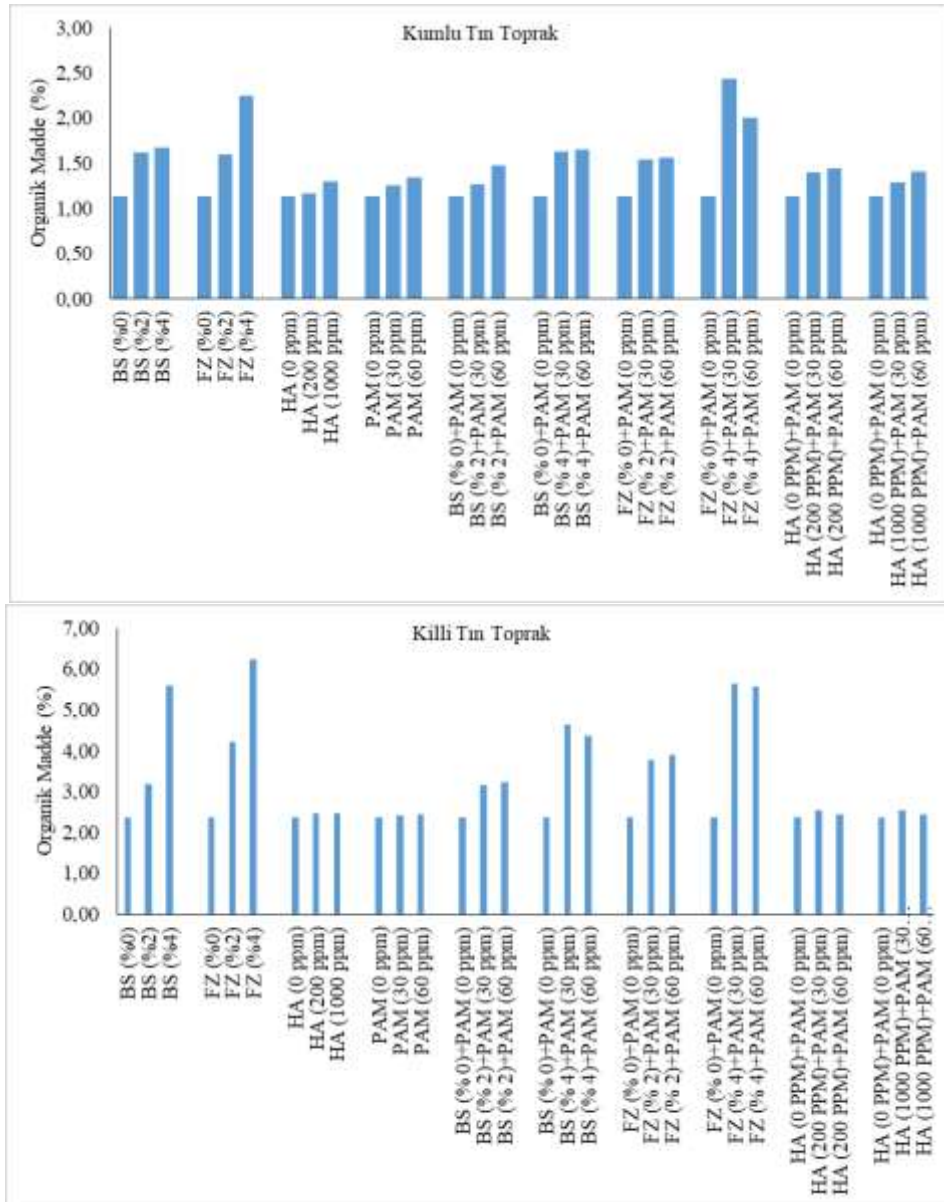
Çizelge 3'ün devamı

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler otalaması	Kareler ortalaması	F değeri	Önem dz.
Topraklar(A)	1	161.791	161.791	703.502	.000
Düzenleyiciler (B)	9	46.335	5.148	22.386	.000
Dozlar (C)	2	15.013	7.507	32.641	.000
AXB	9	12.778	1.420	6.174	.000
AXC	2	6.379	3.190	13.869	.000
BXC	14	26.160	1.869	8.125	.000
AXBXC	14	8.224	.587	2.554	.003
Hata	128	29.437	.230		
Genel	180	1250.562			

Duncan testi sonuçları

Topraklar	SL	CL								
Ortalamalar	1.34a*	3.23b								
Düzenleyici	BS	FZ	HA	PAM	BS2+PAM	BS3+PAM	FZ2+PAM	FZ3+PAM	HA2+PAM	HA3+PAM
Ortalamalar	2.5679c	2.9943d	1.706a	1.6868a	2.1282b	2.6075c	2.4000bc	3.2117d	1.7587a	1.7920a
Dozlar	1. doz	2. doz	3. doz							
Ortalamalar	2.0689a	2.1262a	2823b							

\*: ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark % 5 düzeyinde önemlidir, \*\*: BS, buğday samanı; FZ, fındık zürufu; HA, hümik asit; PAM poliakrilamid.

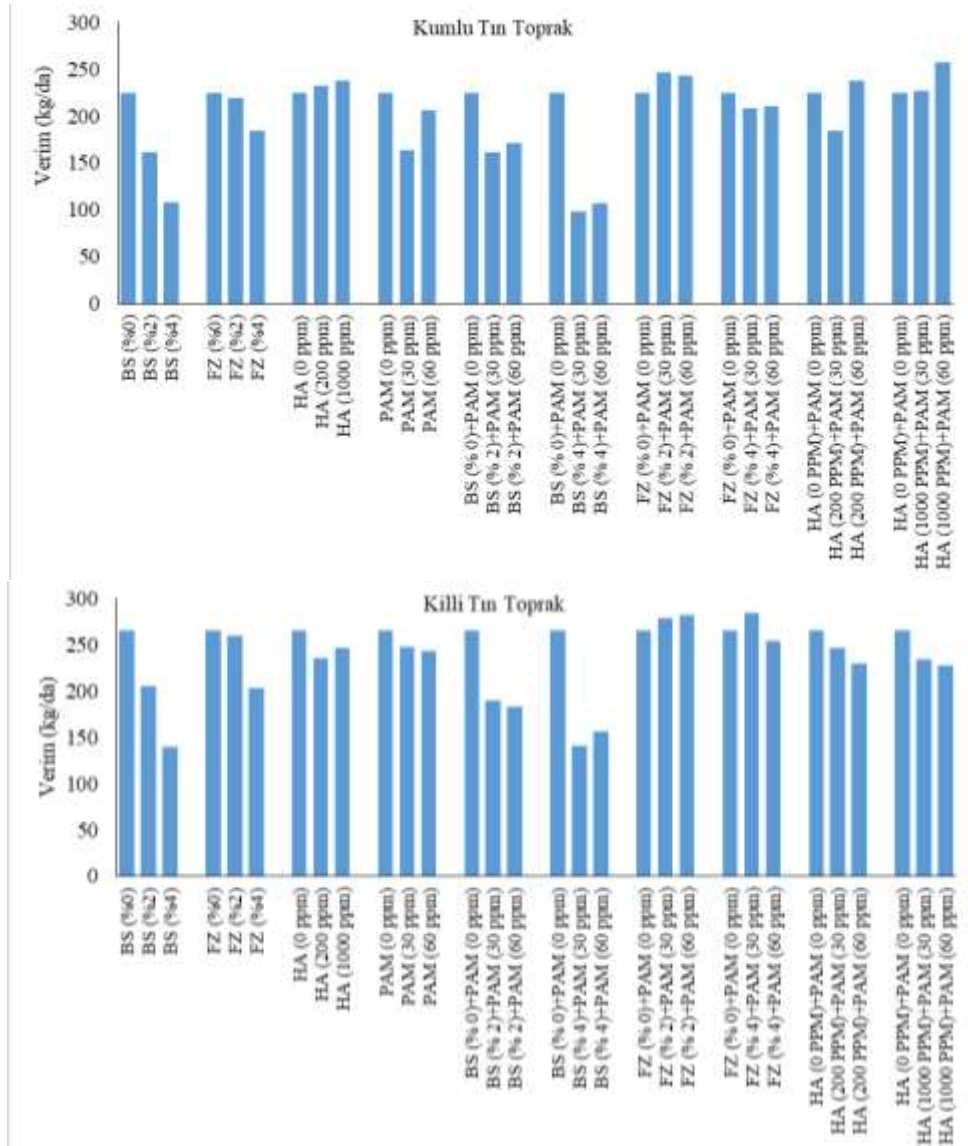


Şekil 1. Kumlu tın ve killi tın tekstürüne sahip topraklarda düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak organik madde içeriğindeki değişimler

Diğer taraftan PAM+düzenleyici uygulamalarının etkinlikleri dikkate alındığında söz konusu etki açısından uygulamaların; her iki toprak örneğinde de FZ+PAM>BS+PAM>HA+PAM şeklinde sıralandıkları görülmüştür (Şekil 1, Çizelge 3). Bu değerlendirmeler sonrasında kumlu tın toprakta FZ3+PAM2 (%4FZ+30ppmPAM)'nin, killi tın toprakta FZ3 (%4FZ) uygulamalarının toprak organik maddesi üzerinde en etkili uygulamalar olduğu ifade edilebilir (Şekil 1). Toprakların denet organik madde değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği değişimler oransal olarak irdelendiğinde düzenleyicilerin killi tın toprakta kumlu tın toprağa göre daha etkili oldukları belirlenmiştir. Kumlu tın toprakta uygulamalar sonucunda denete göre %113.15'lik bir artış gerçekleşirken, killi tın toprakta %163.29'luk bir artış gerçekleşmiştir. Toprak organik karbonu tarımsal uygulamalar (Nunes ve ark., 2020), iklimsel farklılıklar, kil içeriği (Nichols, 1984), ürün yoğunluğu ile kalıntı miktarından (Hendrix ve ark., 1998) önemli ölçüde etkilenmekte olup topraktaki kilin organik maddeyi kumlu topraklara oranla daha fazla koruyarak ayrışmaya karşı dirençli hale getirdiği saptanmıştır. Kullanılan düzenleyicilerden FZ ve FZ+PAM uygulamalarının daha etkili olmalarının FZ'nun azot (N) içeriği ve C:N oranına bağlı olarak gerçekleşen süreçlerin bitki gelişimine etkileri ile ilişkili olduğu öngörülmektedir (Şekil 1). Artan bitki gelişimi toprağa dönen bitkisel kalıntıların artışına neden olmuştur. Söz konusu uygulamaların killi tın tekstürüne sahip toprakta daha etkili olmaları ise kilin organik maddenin ayrışma süreçlerini yavaşlatması ile ilişkilendirilmektedir (Şekil 1).

## Verim değerleri

Deneme sonunda söz konusu topraklarda yetiştirilen buğday bitkisine ait verim değerleri Şekil 2'de, verim değerlerine ilişkin Varyans analiz sonuçları ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları ise Çizelge 4'te verilmiştir.



Şekil 2. Kumlu tın ve killi tın tekstürüne sahip topraklarda düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak buğday verimindeki değişimler



Çizelge 4. Buğday bitkisinde verim değerlerine (kg/da) ait Duncan testi ve varyans analizi sonuçları

Uygulamalar	Ort. ± standart sapma				
	Kumlu Tın Toprak	Killi Tın Toprak			
BS (%0)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
BS (%2)	161.17 ± 2.27	204.92 ± 9.64			
BS (%4)	107.67 ± 8.80	139.83 ± 10.03			
FZ (%0)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
FZ (%2)	218.75 ± 9.97	259.83 ± 11.50			
FZ (%4)	184.75 ± 32.45	203.33 ± 12.63			
HA (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
HA (200 ppm)	232.42 ± 15.35	235.92 ± 8.18			
HA (1000 ppm)	237.5 ± 12.42	246 ± 24.49			
PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
PAM (30 ppm)	163.33 ± 35.37	247.33 ± 15.26			
PAM (60 ppm)	206.33 ± 18.57	243.58 ± 11.67			
BS (% 0)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
BS (% 2)+PAM (30 ppm)	161.00 ± 22.00	190.08 ± 20.08			
BS (% 2)+PAM (60 ppm)	171.5 ± 14.51	182.83 ± 15.93			
BS (% 0)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
BS (% 4)+PAM (30 ppm)	98.25 ± 13.54	140.33 ± 9.68			
BS (% 4)+PAM (60 ppm)	107.42 ± 5.03	156.75 ± 10.18			
FZ (% 0)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
FZ (% 2)+PAM (30 ppm)	247 ± 33.00	278.25 ± 27.15			
FZ (% 2)+PAM (60 ppm)	243 ± 16.20	281.92 ± 0.80			
FZ (% 0)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
FZ (% 4)+PAM (30 ppm)	208.25 ± 20.81	284.17 ± 18.57			
FZ (% 4)+PAM (60 ppm)	210.08 ± 17.72	254.42 ± 26.25			
HA (0 PPM)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
HA (200 PPM)+PAM (30 ppm)	184.83 ± 27.19	246 ± 13.31			
HA (200 PPM)+PAM (60 ppm)	238.33 ± 36.17	229.42 ± 14.51			
HA (0 PPM)+PAM (0 ppm)	224.33 ± 23.82	265.17 ± 16.23			
HA (1000 PPM)+PAM (30 ppm)	226.5 ± 14.95	233.83 ± 22.04			
HA (1000 PPM)+PAM (60 ppm)	257 ± 11.69	227.42 ± 14.22			
Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	Kareler ortalaması	F değeri	Önem dz.
Topraklar(A)	1	60069.02	60069.0	97.85	.000
Düzenleyiciler (B)	9	137070.7	15230.1	24.81	.000
Dozlar (C)	2	10253.93	5126.97	8.352	.000
AXB	9	7519.31	835.48	1.361	.213
AXC	2	1114.26	557.13	.908	.406
BXC	14	41058.47	2932.75	4.777	.000
AXBXC	14	5271.16	376.51	.613	.850
Hata	128	78575.82	613.87		
Genel	180	8479789.0			

## Duncan testi sonuçları

Topraklar	SL	CL								
Ortalamalar	201.73a	232.940b								
Düzenleyici	BS**	FZ	HA	PAM	BS2+PAM	BS3+PAM	FZ2+PAM	FZ3+PAM	HA2+PAM	HA3+PAM
Ortalamalar	175.458b	216.917d	231.111d	215.903d	194.7083c	156.264a	252.167e	231.958d	222.2361d	229.931d
Dozlar	1. doz	2. doz	3. doz							
Ortalamalar	215.54a	219.46a	200.85b							

\*: ayrı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark % 5 düzeyinde önemlidir, \*\*: BS, buğday samanı; FZ, fındık zürufu; HA, hümitik asit; PAM poliakrilamid.

Bu verilerin incelenmesinden de görüleceği üzere her iki toprak gurubunda da ayrı ayrı ve birlikte uygulanan organik ve sentetik kökenli düzenleyiciler toprakların verim değerlerinde belirgin değişimlere neden olmuştur. Uygulanan düzenleyici, uygulama dozları ve düzenleyici x doz interaksiyonlarının etkinlikleri % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4). Bir başka ifade ile topraklar, düzenleyiciler ve uygulama dozları ile düzenleyici x doz interaksiyonlarının verim üzerine etkileri farklılık göstermiştir. Duncan testi sonuçlarından, düzenleyiciler ve uygulama dozlarına ait ortalamalarında önemli oldukları belirlenmiştir (Çizelge 4).

Uygulamaların buğday bitkisinin verimine etkileri irdelendiğinde; söz konusu etkinin önemli ölçüde toprak özelliklerinden kaynaklandığı, kumlu tın toprakta (SL) denette 224 kg/da olan verim değerinin uygulamalara bağlı olarak 247 kg/da'a kadar yükseldiği saptanmıştır. Killi tın (CL) toprakta ise denette 265 kg/da olan verim değerinin uygulamalara bağlı olarak 284,16 kg/da'a kadar arttığı belirlenmiştir. Denete göre oluşan değişimler irdelendiğinde kullanılan düzenleyicilerin kumlu tın tekstürlü toprakta daha etkili oldukları belirlenmiştir (Şekil 2). Dekardan alınan verim üzerine uygulamaların ayrı ayrı etkinlikleri irdelendiğinde; verim artışı üzerinde düzenleyicilerin HA>FZ>PAM>BS şeklinde sıralandıkları ve doz arttıkça etkinliğinde arttığı, ancak BS uygulamasının denete göre verim değerlerini düşürdüğü ve doz arttıkça verimin azaldığı görülmüştür. Maksimum verim değerleri SL toprakta (247 kg/da) FZ2+PAM2 uygulamasından, CL toprakta (284,16 kg/da) FZ3+PAM2 uygulamasından elde edilmiştir. Diğer taraftan PAM'in diğer düzenleyiciler ile birlikte uygulanmasının verim değerlerinde oluşturdukları etki açısından ise FZ+PAM>HA+PAM>BS+PAM şeklinde sıralandıkları görülmüştür (Şekil 2).

Bu bulgular doğrultusunda; organik atık ve sentetik kökenli düzenleyicilerin verim üzerinde etkili oldukları, kullanılan düzenleyicilerin etkinliklerinin toprak tekstüründen etkilendiği, denete göre meydana gelen değişimler dikkate alındığında uygulamaların SL toprakta daha etkili oldukları saptanmıştır.

**Kaya ve ark. (2005)**, yürüttükleri bir araştırma sonucunda, hümik asit uygulaması ile toprağın havalanması ve su tutması, toprak mikroorganizmalarının gelişim ve çoğalması, bitkilerin stres koşullarına, hastalık ve zararlılara dayanıklılığı gibi özelliklerinin olumlu yönde etkilendiğini vurgulamışlardır. Ayrıca ağır killi toprakların yapısının iyileştiğini, toprakta tuz birikiminin önlendiğini, buğday da dahil olmak üzere birçok bitkide verim ve verim öğelerinde artışların meydana geldiğini vurgulamışlardır.

**Leungvutivirog ve ark. (2002)**, değişik gübreleme çeşitlerinin (kompost, ahır gübresi, kimyasal gübreleme, yeşil gübreleme ve çeltik samanı) toprakların kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri ile mısır verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada kompost, ahır gübresi ve çeltik samanı uygulamalarının, kimyasal gübrelerle karşılaştırıldığında, toprakların organik madde içeriğini daha fazla artırdığı, mısır veriminin kontrolle karşılaştırıldığında kimyasal gübre uygulamasında daha fazla olduğu fakat organik gübrelerden elde edilen verimden daha az olduğunu belirlemişlerdir.

## Sonuç

Sera koşullarında, farklı bünyelere sahip topraklara organik kökenli sentetik düzenleyiciler (poliakrilamid, hümik asit) ve bitkisel kökenli organik artıklar (buğday samanı ve fındık zurufu) ayrı ayrı ve birlikte uygulanarak inkübasyona bırakılmış, 5 aylık inkübasyon süresi sonrasında uygulamalarda buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Toplam 312 gün süren denemenin sonunda, hasadın ardından yapılan analiz ve değerlendirmelerde, toprak özelliklerinin uygulamalardan etkilendiği ve pH' değerlerinin uygulamalara bağlı olarak orta derecede alkalın yapıdan hafif alkalın yapıya dönüştüğü, agregat stabilitesi değerlerinin arttığı belirlenmiştir.

Organik atık ve sentetik kökenli düzenleyici uygulamalarının toprak organik maddesi üzerinde etkili oldukları, fındık zurufu ve buğday samanının organik madde içeriğini artırırken hümik asit ve poliakrilamid uygulamalarının deneme sonu toprakta organik madde içeriğini denete göre düşürdüğü belirlenmiştir. Toprak organik maddesi üzerinde kumlu tın toprakta en etkili uygulama fındık zurufu %4+poliakrilamid 30pmm örneği olurken, killi tın toprakta en etkili uygulama fındık zurufu%4 dozunun uygulandığı saksılar olduğu belirlenmiştir. Denete göre değişimler dikkate alındığında kumlu tın toprakta %113.15'lik bir artış gerçekleşirken, killi tın toprakta %163.29'luk bir artış gerçekleştiği tespit edilmiştir. Bu durumun, topraktaki kilin organik maddenin ayrışma süreçlerini etkilemesi ve toprağa dönen kalıntı farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Organik atık ve sentetik kökenli düzenleyici uygulamalarının verim üzerinde etkili oldukları, kullanılan düzenleyicilerin kumlu tın tekstüre sahip toprakta daha etkili olduğu, etkinliğin toprak özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Fındık zurufu+poliakrilamid uygulaması her iki toprak grubunda da verim artışı üzerinde en etkili uygulama olarak belirlenmiştir. Diğer taraftan buğday samanı atığının her iki dozu ve poliakrilamid ile kombine uygulamalarının verimi düşürdüğü, olumsuz etkinin buğday samanının dozu arttıkça arttığı tespit edilmiştir. Bu durum buğday samanının yüksek C:N oranından kaynaklanmış olabilir.

Ülkemiz toprakları genel itibari ile organik madde bakımından fakir topraklara sahiptir. Bu sebeple tarım topraklarında organik madde ilavesi kaçınılmazdır. Sonuçlar bu doğrultuda değerlendirildiğinde kısa sürede

sonuç alınmak istenilen durumlarda, tarımda geri dönüşümü sağlanmayan ve genellikle yakılarak bertaraf edilmek istenen fındık zuruflu kullanılması uygun olacaktır. Verim açısından sonuçlar değerlendirildiğinde ise bitkisel üretimde en iyi sonucu alabilmek için organik atıklar ile polimerlerin beraber uygulanması gerektiği anlaşılmaktadır. Organik atık ile poliakrilamid birlikte uygulanacak ise poliakrilamidin yüksek dozda tercih edilmesi verimin artmasını sağlayacaktır. Bunun nedeninin de poliakrilamidin de tıpkı organik atıklar gibi organik karakterli bir yapıya sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca poliakrilamidin toprağın havalanma kapasitesini iyileştirerek bitki kök gelişimi için uygun bir ortama katkı sağladığı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Albiach R, Canet R, Pomares F, Ingelmo F, 2001. Organic matter components, aggregate stability and biological activity in a horticultural soil fertilized with different rates of two sewage sludges during ten years. *Bioresource Technology*, 77, 109-114.
- Bremner JM, 1965. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. Ed. C. A. Black. Amer. Soc. Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9. Madison, Wisconsin, USA.
- De Neve S, Hofman G, 2000. Influence of soil compaction on carbon and nitrogen mineralization of soil organic matter and crop residues, *Biology and Fertility of Soils*, 30, 544-549.
- Doran JW, 2002. Soil health and global sustainability: translating science into practice, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 88, 119-127.
- Eriksen GN, Coale FJ, Bollero GA, 1999. Soil nitrogen and maize production in municipal solid waste amended soil, *Agronomy Journal*, 91, 1009-1016.
- Fox D, Bryan RB, 1992. Influence of polyacrylamide soil conditioner on runoff generation and soil erosion: field test in Baringo District, Kenya. *Soil Technology*, 5, 101-119.
- Gee GW, Bauder JW, 1986. *Methods of soil analysis, part I: physical and mineralogical analysis*. In: A. Klute (Ed.), *Particle-Size Analysis*, 1st Edn., Soil Science Society of America, Madison, pp. 388-409.
- Haynes RJ, Naidu R, 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review, *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 51, 123-137.
- Hendershot WH, Lalande H, Duquette, M, 1993. Soil sampling and method of analysis for Canadian Society of Soil Science In: M.R. Carter (Ed.), *Soil Reaction And Exchangeable Acidity*, 1st Edn., Lewis, Florida, pp. 141-85.
- Hendrix PF, Franzluebbers AJ, McCracken DV, 1998. Management effects on C accumulation and loss in soils of the southern Appalachian Piedmont of Georgia. *Soil and Tillage Research*, 47(3-4), 245-251.
- Imbufe AU, Patti AF, Burrow D, Surapaneni A, Jackson WR, Milner AD, 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125, 321-330.
- Iqbal A, He L, Khan A, Wei S, Akhtar K, Ali I, Jiang L, 2019. Organic manure coupled with inorganic fertilizer: An approach for the sustainable production of rice by improving soil properties and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 9(10), 651.
- Kaya M, Atak M, Çiftçi CY, Ünver S, 2005. Çinko ve hümik asit uygulamalarının ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.)'da verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 9(3).
- Kemper WD, 1965. *Aggregat Stability*. In C.A. Black (ed). *Methods of soil analysis*. Amer. Soc. Of Argon. Inc., Part 1. Agronomy 9.
- Leaungvutivirog C, Sunantapongsuk V, Limtong P, Nakapraves P, Piriyaaprin S, 2002. Effect of organic fertilizers on soil Improvement in Mab Bon, Tha Yang, Satuk, and Renu Series for Corn Cultivation in Thailand, 17th World Congress of Soil Science, 14-21 August 2002, Thailand, Symposium No: 57, Paper No. 1899.
- Lentz RD, Sojka RE, 1994. Field results polyacrylamide to manage furrow erosion and infiltration. *Soil Science*, 158, 274-282.
- Madejon E, Lopez R, Murillo JM, Cabrera F, 2001. Agricultural use of three (sugar-beet) vinasse composts: effect on crops and chemical properties of a cambisol soil in the Guadalquivir river valley (SW Spain), *Agriculture Ecosystems and Environment*, 84 81), 55-65.
- Mbagwu JSC, Lal R, Scott TW, 1984. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in Southern Nigeria: I.crop performance, *Soil Science Society of America Journal*, 48, 828-833.
- Nelson DW, Sommers LE, 1982. *Methods of soil analysis, part II: Chemical and microbiological methods*. In: L.A. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Eds.), *Total Carbon, Organic Carbon, and Organic Matter*, 2nd Edn., Soil Science Society of America, Madison, pp. 539-579.
- Nichols JD, 1984. Relation of organic carbon to soil properties and climate in the southern Great Plains. *Soil Science Society of America Journal*, 48(6), 1382-1384.
- Nunes MR, Van Es HM, Veum KS, Joseph P, Amsili JP, Karlen DL, 2020. Anthropogenic and inherent effects on soil organic carbon across the U.S. *Sustainability*, 12:5695; doi:10.3390/su12145695
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA, 1954. *Estimation of Available Phosphorous in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate*. Government Printing Office, Washington.

- Olson TC, 1977. Restoring the productivity of a glacial till soil after topsoil removal, *Journal of Soil Water Conservation*, 32, 130-132.
- Özdemir N, Atalay T, 2019. Effects of inorganic and organic tea farming practices on some soil quality parameters and erodibility. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34(3), 397-405.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Kop Ö T, 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1), 27-32.
- Pacci S, Dengiz O, Saygın F, Alaboz P, 2022. SMAF Modeline Göre Çeltik Tarımı Yapılan Bafra Ovası Arazilerinin Toprak Kalite Özelliklerinin Değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(2), 164-174.
- Pinamonti F, Zorzi G, 1996. Experiences of compost use in agriculture and in land reclamation projects, Editors: de-Bertoldi, M., Sequi, P., Lammers, B., Papi, T., *The science of composting*, Blackie Academic and Professional, Glasgow, 517-527.
- Rhoades JD, 1986. Methods of soil analysis, part II: chemical and microbiological properties, In: A. Klute (Ed.), *Soluble Salts*, 1st Edn., Soil Science Society of America, Madison, pp. 79- 167.
- Schlichting E, Blume HP, 1966. *Bodenkundliches praktikum*. Verlag Paul Paney, Hamburg und Berlin, 121-125.
- Soil Survey Manual, 2017. Handbook 18. Government Printing Office, Washington, D.C.
- Sonmez O, Pierzynski GM, Frees L, Davis B, Leikam D, Sweeney DW, Janssen KA, 2009. A field-based assessment tool for phosphorus losses in runoff in Kansas. *Journal of soil and water conservation*, 64(3), 212-222.
- Tamer N, Başalma D, Türkmen C, Namlı A, 2016. Organik toprak düzenleyicilerin toprak parametreleri ve ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) bitkisinin verim ve verim öğeleri üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 11-20.
- Tejada M, Gonzalez JL, 2003. Effects of the application of a compost originating from crushed cotton gin residues on wheat yield under dryland conditions, *European Journal of Agronomy*, 19, 357- 368.
- Thomas GW, 1987. Method of soil analysis, part II: agronomy. In: C.A Clark (Ed.), *Exchangeable Cations*, Soil Science Society of America, Madison, pp. 59-161.
- Yakupoğlu T, Özdemir N, 2006. Erozyona Uğramış Topraklarda Organik Atık Uygulamalarının Bazı Mekaniksel Özelliklere Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21(2), 173-17.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel istatistik metodlar. *Tarım ve Köyişleri Bak. Köy Hizmetleri Gen. Müd. Toprak ve Düzenleyici Araş. Enst. Yayınları*, Teknik yayın no:56,169-181.



## Model bitki *Nicotiana benthamiana*'da Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının semptom tipleri ve bazı viral proteinlerin araştırılması

✉ Murat GÜNGÖR, ✉ Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kurupelit, Samsun

### Öz

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), dünyada şeker pancarı alanlarında 'rhizomania' olarak adlandırılan hastalığa neden olmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı coğrafik bölgelerinde şeker pancarı üretim alanlarından elde edilmiş BNYVV ile bulaşık olduğu bilinen 15 toprak örneği kullanılmıştır. Öncelikle, tuzak bitki testi yöntemine göre BNYVV izolatlarının yeniden çoğaltımı sağlanmıştır. Daha sonra, 15 BNYVV izolatu virüsün sistemik konukçusu *Nicotiana benthamiana*'ya mekanik olarak inoküle edilmiştir. Şiddetli (cücelik ve mozayik) ya da zayıf (mozayik) semptom oluşumu gösteren bitkilerin sistemik yapraklarından RNA izolasyonunu takiben, gen spesifik primerler kullanılarak RT-PCR çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalar sonucunda; 15 BNYVV izolatu ile enfekteli *N. benthamiana*'da P31 ile ilgili gen bölgesi saptanmasına rağmen, kılıf protein bölgesi 10 izolatta, P25 bölgesi bir izolatta, P26 bölgesi ise dört izolatta belirlenmiştir. Bu sonuç, *N. benthamiana*'da BNYVV'nin semptom oluşumunda P31 geninin rol oynadığını desteklemiş, P25 ve P26 gen bölgelerinin ise bazı izolatlarda virüsün replikasyonu esnasında tespit edilemediğini göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** CP, ELISA, Rhizomania, P25, P26, P31, RT-PCR, sekans analizi.

### Investigation of symptom types and viral proteins produced by Beet necrotic yellow vein virus isolates on the model plant *Nicotiana benthamiana*

#### Abstract

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) causes a disease 'rhizomania' in sugar beet areas in the world. In this study, 15 BNYVV-infested soil samples were selected according to geographic locations. Firstly, BNYVV was propagated as bait plant technique. Then, systemic host *Nicotiana benthamiana* was mechanically inoculated by 15 BNYVV isolates. Some BNYVV isolates induced very strong symptom (dwarfing and mosaic) the others induced mild symptom (mosaic) on *N. benthamiana*. After RNA isolation, RT-PCR studies were conducted by using gene specific primers. This study showed that the P31 gene could be detected in *N. benthamiana* plants infected with 15 BNYVV isolates, the CP gene with only 10 isolates, the P25 gene with one isolate and the P26 gene with four isolates. This result supported that the P31 gene is involved symptom expression on *N. benthamiana* of BNYVV, the P25 and P26 genes were not possible to be detected with some BNYVV isolates during virus replication.

**Keywords:** CP, ELISA, P25, P26, P31, Rhizomania, RT-PCR, Sequencing.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Rhizomania, Türkiye'de ve dünyada şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) üretim alanlarında sıklıkla rastlanan en tahripkar toprak kökenli virüs hastalığıdır (Scholten ve Lange, 2000). Bu hastalığa Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) neden olmakta ve virüs toprak kaynaklı protozoa vektör *Polymyxa betae* Keskin tarafından taşınmaktadır (Keskin, 1964; Tamada ve Kondo, 2013). BNYVV, *P. betae*'nin dinlenme spor yapılarının içerisinde en az 15 yıl enfeksiyon oluşturma yeteneğini korumaktadır. Rhizomania'nın şeker pancarında oluşturduğu en karakteristik belirtisi ise, lateral köklerin aşırı çoğalması sonucu yumruda oluşan kök sakallaması şeklindedir (Liebe ve Varrelmann, 2022).

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : nazlik@omu.edu.tr

Makale Türü : ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 19 Temmuz 2023 e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 15 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1329616

BNYVV, *Benyviridae* familyasının, *Benyvirus* cinsinin bir üyesi olup (Gilmer ve ark., 2017), genomu dört ya da beş adet rijit çubuk şeklinde, pozitif sens tek sarmal RNA partiküllerinden oluşmaktadır (Tamada ve ark., 1989). Bu segmentlerden; RNA-1, RNA'ya bağımlı RNA polimeraz'ı kodlayan bir açık okuma çerçevesi (ORF) içermektedir (Bouzoubaa ve ark., 1987). RNA-2'den sentezlenen ilk gen kılıf protein (CP) geni olup bu gen bir amber UAG durdurma kodonu ile sonlanmakta ve böylelikle virüsün vektör ile taşınması için önemli olan CP-readthrough (CP-RT) proteininin translasyonu gerçekleşmektedir (Haeberle ve ark., 1994; Tamada ve ark., 1996). CT-RT'yi, hücreden hücreye hareketten sorumlu olan üçlü gen blok proteinlerini kodlayan ORF takip etmektedir (Gilmer ve ark., 1992). Bu RNA segmenti üzerindeki 3' terminal ORF'den ise antiviral RNA susturmanın (RNA silencing) baskılanması ile ilgili gen bölgesi sentezlenmektedir (Chiba ve ark., 2013). RNA-3'den şeker pancarındaki şiddetli rizomania hastalığı semptomlarından sorumlu patojenite faktörü olan P25 proteini (Tamada ve ark., 1999); RNA-4'den ise BNYVV'nin vektör *P. betae* ile etkili bir şekilde taşınmasında görev alan P31 proteini kodlanmaktadır (Tamada ve Abe, 1989; Rahim ve ark., 2007). Ayrıca, RNA-4'ün *Nicotiana benthamiana* L. bitkilerinde şiddetli semptom oluşumu (Rahim ve ark., 2007) ve bu segmentten sentezlenen P31 proteininin ise şeker pancarı bitkilerinin köklerinde post transcriptional gene silencing (PTGS)'in baskılanması ile BNYVV'nin virülensinden de sorumlu olduğu bildirilmiştir (Tamada ve Abe, 1989; Tamada ve ark., 1990; Rahim ve ark., 2007). Bazı BNYVV izolatları ise ek olarak, 26 kDa'lık bir proteini (P26) kodlayan RNA-5 partikülünü içermektedir (Koenig ve ark., 1997; Miyanishi ve ark., 1999). RNA-5 ise şeker pancarı köklerinde oluşan semptomların daha şiddetli hale gelmesi ile ilişkilendirilmektedir (Tamada ve ark., 2020).

BNYVV izolatlarının büyük bir kısmı, CP dizilerine göre göre A- ve B-tip olmak üzere iki ana grupta sınıflandırılmaktadır. Her iki BNYVV tipi de dünya çapında yaygındır (Schirmer ve ark., 2005). Sınırlı yayılım alanına sahip bir diğer tip olan P-tip ise A-tipi ile yakından ilişkili olup bu P-tipi izolatlar, Asya'da yaygın olarak görülen A- ve B-tipi BNYVV izolatlarında bulunan RNA-5'ten (J-tip) filogenetik olarak farklı olan bir RNA-5 taşımaktadır (Koenig ve ark., 1997; Miyanishi ve ark., 1999).

Doğada BNYVV, şeker pancarı, hayvan pancarı, pazı (*B. vulgaris* var. *cicla*), ıspanak (Tamada, 2016) ve *Brassicaceae* familyasının bir üyesi olan yabani turp (*Raphanus raphanistrum* L.)'u (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016a) enfekte edebilmektedir. Diğer taraftan; virüs sınırlı konukçu listesine sahip olmakla birlikte, *Chenopodiaceae* familyasına ait birçok bitki türü, *Aizoaceae*, *Solanaceae*, *Caryophyllaceae* ve *Amaranthaceae* familyasında yer alan birkaç bitki türüne bitki özsuynunun mekanik inokulasyonu yöntemi ile taşınabilmektedir (Tamada ve Baba, 1973; Kuszala ve Putz, 1977; Horvath, 1994; Hugo ve ark., 1996). Bu konukçulardan; *Chenopodium quinoa* Willd. ve *Tetragonia expansa* Murr. gibi bitkilerde BNYVV lokal lezyon oluşumuna neden olurken (Gilmer, 2016); *N. benthamiana*, *Spinacia oleracea* L., *B. macrocarpa*, *B. vulgaris* subsp. *maritima* M8 (Tamada, 1975, 2002, 2007) ve *C. murale* (Gilmer, 2016) gibi bazı konukçularında ise virüsün sistemik enfeksiyona neden olduğu bildirilmiştir. Ayrıca, BNYVV'nin uzun mesafelere yayılımında konukçu bitki türü ve viral genom kompozisyonunun etkili olduğu belirtilmiştir (Gilmer, 2016).

Ülkemizde BNYVV'nin varlığı ilk olarak 1987 yılında rapor edilmiş (Koch, 1987) olup, daha sonra yürütülen çalışmalarla Türkiye şeker pancarı üretim alanlarının büyük bir kısmının bu virüs ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir (Özer ve Ertunç, 2005; Kutluk Yılmaz ve ark., 2010, 2016b, 2019; Kaya, 2009; Yardımcı ve Çulal Kılıç, 2011). Şu ana kadar yürütülen moleküler çalışmalar ile, ülkemizde A- ve J-tip BNYVV izolatlarının bulunduğu belirlenmiştir (Kruse ve ark., 1994; Kutluk Yılmaz ve ark., 2007, 2010, 2016b). Yakın zamanda ülkemizde yürütülen bir çalışma ile de, farklı virüs tipleri arasında genetik reassortment (parça değişimi) oluşumuna dair bulgular elde edilmiştir (Özmen ve ark., 2020).

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı coğrafik bölgelerinden elde edilen BNYVV izolatlarının, virüsün sistemik konukçusu olan *N. benthamiana* bitkilerine mekanik yolla aktarımı yapılarak, farklı BNYVV izolatlarının bu bitkide oluşturdukları reaksiyonların incelenmesinin yanısıra, bu model bitkide enfeksiyon anında oluşan BNYVV'nin patojenitesinde rol oynayan bazı önemli proteinlerine (CP, P25, P31 ve P26) ait genlerin detaylı olarak irdelenmesi hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Toprak örnekleri

Daha önce yürütülen bir çalışma ile, Türkiye'de BNYVV ile bulaşık olarak belirlenen pancar üretim alanlarına ait örnekler içerisinde (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016b), coğrafik orjinlerine göre seçilen 15 toprak örneği bu çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tuzak bitki testi çalışmalarında kullanılan toprak örneklerinin temin edildiği lokasyonlar ile bu topraklarda yetiştirilen şeker pancarlarında Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV)'un DAS-ELISA testi ile bulunma durumu

Örnek no	İzolot adı	Orjin (köy, ilçe, il)	Ortalama ELISA absorbans değeri*
6	IGR-6	Ortaköy, Aralık, Iğdır	0.241 (+)
27	GZP-27	Örtülü, İslahiye, Gaziantep	0.361 (+)
44	ELZ-44	Yedigöze, Merkez, Elazığ	2.926 (+)
61	SMS-61	Yukarı Narlı, Vezirköprü, Samsun	2.743 (+)
106	TKT-106	Köseoğlu, Pazar, Tokat	0.544 (+)
125	EDR-125	Bosna, Merkez, Edirne	3.507 (+)
134	KRL-134	Büyük Mandıra, Babaeski, Kırklareli	3.326 (+)
148	BRS-148	Çardak, Yenişehir, Bursa	3.363 (+)
150	CNK-150	Sarıkaya, Biga, Çanakkale	2.669 (+)
225	ESK-225	Merkez, Çifteler, Eskişehir	2.360 (+)
281	KAS-281	Aşağı Çayırıcık, Taşköprü, Kastamonu	2.757 (+)
291	ADP-291	Merkez, Erenler, Adapazarı	0.361 (+)
524	KYS-524	Mahzemin, Merkez, Kayseri	3.193 (+)
602	KTY-602	Gümel, Simav, Kütahya	3.354 (+)
617	ANK-617	Mucar, Ayaş, Ankara	3.508 (+)
Sağlıklı Kontrol			0.102 (-)

\*: Tuzak bitki testi sonrasında uygulanan ELISA testinde 2 saatlik substrat inkubasyonu sonucu elde edilen ELISA değeri ortalamaları; + = sağlıklı kontrolün 2 katından fazla olan ELISA absorbans değerlerini, -: sağlıklı kontrolün 2 katından daha az olan ELISA absorbans değerini ifade etmektedir.

### Şeker pancarı tohumları

Bu çalışmada, rhizomania'ya hassas cv. Ansa şeker pancarı tohumu kullanılmıştır. Bu çeşidin tohumları Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

### Tuzak bitki testi yöntemi

Çalışmada coğrafik orjinlerine göre seçilen 15 adet BNYVV ile bulaşık toprak örneği tuzak bitki testi çalışmalarında kullanılmıştır (Çizelge 1). Ayrıca, vektör *P. betae* ile taşınan toprak kökenli virüsler (BNYVV, BSBV ve BVQ) ile bulaşık olmadığı bilinen, bir toprak örneği ise negatif kontrol olarak denemeye dahil edilmiştir (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016b). Bu topraklar 1: 1 oranında steril kum ile karıştırıldıktan sonra, hazırlanan bu karışımlar plastik saksılara konularak, 10'ar adet BNYVV'e hassas şeker pancarı tohumları ekilmiştir. Herbir toprak örneği için 3'er tekerrür uygulanmıştır. Takiben, saksılar 14 saat fotoperiyotta, 20°C (gece) ve 25°C (gündüz) sıcaklıklarda iklim odasında tutularak, haftada bir kez Hoagland besin solüsyonu ile sulanmıştır. Altı haftalık yetiştirme periyodu sonrası, tuzak bitkiler hasat edilerek kök bölgeleri alınmış (Meunier ve ark., 2003) ve ayrı ayrı etiketlenerek, biyolojik çalışmalarda kullanılmak üzere -80°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

### Biyolojik çalışmalar

Biyolojik çalışmalarda, BNYVV'nin sistemik konukçusu olan *N. benthamiana* bitkileri kullanılmıştır (Gilmer, 2017). Nitekim, *N. benthamiana*, farklı bitki-patojen interaksiyon çalışmalarında gen ekspresyonunun kıyaslanması ve bitki-patojen interaksiyonlarının irdelenmesi amacıyla model bitki olarak kullanılmaktadır (Goodin ve ark., 2008; Satoh ve ark., 2010). Böylelikle; farklı lokasyonlardan seçilen 15 BNYVV izolatının *N. benthamiana* bitkisinde meydana getirdiği reaksiyonlara göre izolatlar arasında biyolojik olarak herhangi bir farklılığın olup olmadığının incelenmesinin yanısıra, bu bitkide enfeksiyon anında oluşan ve BNYVV'nin patojenitesinde rol oynayan diğer bazı önemli proteinlerine (CP, P25, P31 ve P26) ait genlerin de detaylı olarak irdelenmesi hedeflenmiştir.

Bu amaçla, öncelikle test bitkilerinin tohumları torf içeren plastik kaplara ekilmiştir. Bitkiler uygun inokulasyon dönemine geldiğinde, torf dolu plastik bardaklara şaşırtılarak, 25°C'de iklim odasında inkübe edilmiştir. Fungal hastalık ve böcek zararlarından korumak için bitkiler rutin olarak kontrol edilmiş, zaman zaman yaprak biti ve beyaz sineklere karşı ilaçlama yapılmıştır.

Tuzak bitki testi sonucu 15 farklı BNYVV izolatlarından elde edilen, -80°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilen şeker pancarı kök örnekleri biyolojik çalışmalarda kullanılmıştır. Bu amaçla, 1g kök /1g yaprak: 5 ml tampon çözelti olacak şekilde steril havanda homojenize edilmiştir. Tampon çözelti olarak ise %1 oranında

2-mercapto ethanol içeren 0.1 M fosfat tampon çözeltisi kullanılmıştır (Tamada ve Baba, 1973; Liu ve ark., 2005). Elde edilen bitki özsuvarı, üç tekerrürlü olarak 400 mesh'lik karbarandum tozu kullanılarak *N. benthamiana* bitkilerinin yapraklarına inokule edilmiştir. Ayrıca, bir adet bitki ise kontrol olarak bırakılmış ve bu bitkinin yapraklarına sadece tampon çözelti uygulaması yapılmıştır. Virüs inokule edilen bitkilerin yaprakları, karbarandum tozu ve bitki artıklarının arındırılması için musluk suyu altında dikkatlice yıkandıktan sonra, bu bitkiler 20°C/25°C (gece/gündüz) sıcaklık ve 16 saat fotoperiyoda sahip iklim odasında dört hafta süre ile inkübe edilmiştir. Bu süreç içerisinde bitkiler periyodik olarak izlenip, belirtiler kayıt edilmiş ve fotoğrafları çekilmiştir. Takiben, test bitkisinin virüs ile inokule edilen ve inokule edilmeyen yapraklarının bir kısmı alınarak DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Örneklerin kalan kısımları ise, total RNA ekstraksiyonu çalışmalarında kullanılmak üzere etiketlenerek -80°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

### Serolojik çalışmalar

Tuzak bitki testi sonucu elde edilen şeker pancarı kök örneklerinin bir kısmı ile mekanik inokulasyon çalışmaları sonrasında *N. benthamiana* bitkilerinden elde edilen yaprak örnekleri Double Antibody Sandwich Enzyme-Linked Immuno Sorbent Assay (DAS-ELISA) testi çalışmalarında kullanılmıştır. DAS-ELISA yöntemi antiserumun temin edildiği firmanın (Bioreba, İsviçre) açıklamaları göz önüne alınarak gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar ELISA mikroyoklet okuyucusunda (Tecan Spectra II, Avusturya) 405 nm dalga boyunda absorpsiyon değerlerinin alınmasıyla elde edilmiştir. Negatif kontrollerin absorpsiyon değerlerinden iki katı ve daha fazla değer veren örnekler pozitif olarak değerlendirilmiştir (Meunier ve ark., 2003).

### Reverse-Transkripsiyon-Polimeraz Zincir Reaksiyonu (RT-PCR)

Onbeş BNYVV izolatu ile inokule edilen *N. benthamiana* bitkilerinin, virüs inokulasyonu yapılmayan üst yapraklarından örnekleme yapılmıştır. Moleküler çalışmaların maliyetinin oldukça yüksek olması nedeniyle, 15 BNYVV izolatu'nun mekanik olarak aktarıldığı *N. benthamiana* bitkilerine ait üç tekerrürün tamamında, RNA izolasyonu yapılamamış, ancak her bir izolata ait birer tekerrür seçilerek çalışmalar yürütülmüştür. Bu tekerrürlerin seçiminde, ELISA absorpsiyon değeri (en yüksek absorpsiyon değeri) ile bitkide oluşan belirtiler göz önüne alınmıştır (Çizelge 1). Sağlıklı ve BNYVV izolatları ile inokuleli *N. benthamiana* bitkilerinin yapraklarından, toplam 16 örnekte toplam RNA'lar RNeasy RNA İzolasyon Kiti (Qiagen, Almanya) kullanılarak firmanın önerilerine göre izole edilmiştir. Böylelikle, test bitkilerinde gözlenen sistemik belirtilerin BNYVV enfeksiyonundan kaynaklanıp kaynaklanmadığının net olarak ortaya konulması ve *N. benthamiana*'nın üst yapraklarında farklı BNYVV izolatlarının enfeksiyon esnasında oluşturdukları; virüsün patojenitesi ve belirtiler oluşumunda rol oynayan bazı önemli proteinlerine (CP, P25, P31 ve P26) ait gen bölgelerinin RT-PCR yöntemi ile araştırılması amaçlanmıştır.

BNYVV izolatlarının RNA-2 tarafından kodlanan kılıf protein (CP) bölgesinin çoğaltılmasında uygulanan RT-PCR çalışmalarında Lennefors ve ark. (2005)'in belirttikleri BNYVV/F ve BNYVV/R primerler kullanılmıştır (Çizelge 2). Öncelikle, 17 örnekte Omniscript Reverse Transcription kit (Qiagen, Almanya) ile cDNA sentezi, kit protokolü takip edilerek gerçekleştirilmiştir. PCR reaksiyonu; 10 µl 5xGC Buffer, 1 µl 10 mM dNTP mix, her bir primerden (10 µM) 2.5 µl, 1.5 µl DMSO, 2.5 µl cDNA ve 0.5 µl enzimden (Phusion High-Fidelity DNA Polymerase; ThermoFisher Scientific, ABD) oluşturulmuştur. Toplam reaksiyon hacmi 19.5 µl RNase içermeyen su ile 40 µl'ye tamamlanmıştır. Amplifikasyonlar Bio-Rad MJ Mini PCR Thermocycler'da, 25 döngü olacak şekilde 98°C'de 30" başlangıç denatürasyon basamağından sonra, 98°C'de 10", 54.2°C'de 30", 72°C'de 30" ve 1 döngü 72°C'de 5' şeklinde uygulanmıştır.

Çizelge 2. Moleküler çalışmalarda kullanılan primerler, baz dizileri ve beklenen bant büyüklükleri

Primer	Nükleotit dizilimi	Hedef RNA ve bölgesi	Beklenen bant büyüklüğü (bp)	Literatür
BNYVV/F	CCATTGAATAGAATTTACCC	RNA-2, CP	567	Lennefors ve ark., 2005
BNYVV/R	CCCATAGTAATTTAACTC			
F29	TTAATCCAAGTACCTCGTCT	RNA-3, P25	1.015	Acosta-Leal ve ark., 2008
R30	TTGAAATTGTGATAACTCTAA			
RT-4F	CAGTCTATCAGTAAGGGGTAG	RNA-4, P31	997	Chiba ve ark., 2011
RT-4R	GAGCCGTTAATACAATTATAC			
Rhizo5F	GTTTTCCGCTCGCACAAAGCG	RNA-5, P26	885	Schirmer ve ark., 2005
Rhizo5R	CGAGCCGTAACACCGCATA			



BNYVV'nin RNA-3 segmenti tarafından kodlanan P25 proteinine ait bölgenin çoğaltılmasında [Acosta-Leal ve ark. \(2008\)](#)'ın belirttikleri F29 ve R30 primerleri; RNA-4 tarafından kodlanan P31 proteinine ait bölgenin çoğaltılmasında ise [Chiba ve ark. \(2011\)](#)'ın belirttikleri RT-4F ve RT-4R primerleri kullanılmıştır (Çizelge 2). Tek aşamalı olarak yürütülen RT-PCR çalışmaları, Superscript I One-Step RT-PCR System with Platinum Taq DNA Polymerase kiti (Invitrogen, ABD) protokolleri takip edilerek uygulanmıştır. Bu kit ile yapılan optimizasyonlar sonucunda; PCR tampon çözeltisindeki MgSO<sub>4</sub> konsantrasyonuna (2.4 mM)'a, 0.5 mM daha MgSO<sub>4</sub> ilavesi ile daha iyi ürün elde edilebilmiştir. RT-PCR reaksiyonu; 3 µ total RNA (10 pg-1 µg), 25 µl 2x reaction mix, her bir primerden (10 µM) 1 µl, 0.5 µl MgSO<sub>4</sub> (50 mM) ve 1 µl enzimden (RT/Platinum Taq mix) oluşturulmuş ve toplam reaksiyon hacmi 18.5 µl RNase içermeyen su ile 50 µl'ye tamamlanmıştır. Bu kit ile gerçekleştirilen amplifikasyonlar 50°C'de 30', 94°C'de 2', 35 döngü olacak şekilde 94°C'de 15'', 50°C'de 30'' ve 72°C'de 60'' ve 1 döngü 72°C'de 7' ile tamamlanmıştır.

BNYVV'nin RNA-5'i tarafından sentezlenen P26 protein genine ait bölgenin araştırılmasında kullanılan primerler Rhizo5F ve Rhizo5R ([Schirmer ve ark., 2005](#))'dir (Çizelge 2). Yedi örnekte gerçekleştirilen tek aşamalı RT-PCR, Superscript III One-Step RT-PCR System with Platinum Taq DNA Polymerase kiti (Invitrogen, ABD) protokolleri takip edilerek uygulanmıştır. Reaksiyon 12.5 µl 2x reaksiyon karışımı, her bir primerden 0.5 µl (son konsantrasyon: 10 µM), 1 µl Superscript III RT/Platinum Taq Mix ve 1 µl RNA'dan oluşturulmuştur. Toplam reaksiyon hacmi RNase içermeyen su ile 25 µl'ye tamamlanmıştır. Amplifikasyonlar thermocycler'da, 55°C'de 30', 94°C'de 2', 40 döngü olacak şekilde 94°C'de 15'', 59°C'de 30'' ve 68°C'de 1' ve 1 döngü 68°C'de 5' ile tamamlanmıştır.

PCR ürünleri TBE tampon çözeltisinde hazırlanan %1'lik agaroz jelde (0.5 µg/ml etidium bromür içeren) 90 mA sürekli akımda elektroforez yöntemi ile analiz edilmiştir. Jeldeki PCR fragmentlerinin analizi ise GelDoc 2000 (Biorad, ABD) görüntüleme sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiş ve jelde oluşan bantların fotoğrafları çekilmiştir.

## Nükleotit dizi analizi

Bu çalışmada, *N. benthamiana*'da gözlenen simptom tipleri dikkate alınarak; zayıf simptom gelişimine sebep olan iki BNYVV izolatı (ELZ-44-1 ve BRS-148-2) ve şiddetli simptom oluşumuna neden olan ise üç izolat (CNK-150-3, KYS-524-1 ve ANK-617-3) seçilmiş ve P31 proteinine ait PCR ürünlerinden 40'ar µl, önerilen konsantrasyonda hazırlanan (5 pmol) primerler ile birlikte Genoks firmasına (Ankara) gönderilerek, Sanger Dizileme Yöntemi ile sekans analizleri gerçekleştirilmiştir. Sekans analizi sonrasında, MEGA 7 programında ([Kumar ve ark., 2016](#)) Clustal W ([Thompson ve ark., 1994](#)) yöntemi kullanılarak BNYVV izolatlarına ait her iki yönde (ileri ve geri) elde edilen ham sekans verileri hizalanmış, düzgün okunan kısımlar alınarak konsensus diziler oluşturulmuştur. Daha sonra, BNYVV izolatlarına ait bu konsensus diziler kendi aralarındaki genetik benzerliklerin incelenmesi amacıyla NCBI'daki BLASTn ve BLASTp algoritmaları kullanılarak analiz edilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Biyolojik çalışmalar

Bu çalışmada, öncelikle Türkiye şeker pancarı üretim alanlarından coğrafik orjinlerine göre seçilen 15 toprak örneğinde, BNYVV'e hassas şeker pancarları (cv. Ansa) tuzak bitki testi yöntemine göre altı hafta süre ile yetiştirilerek, BNYVV izolatlarının çoğaltımı sağlanmış ve örneklerde virüsün varlığı ELISA testi ile de teyit edilmiştir (Çizelge 1). Daha sonra, 15 BNYVV izolatının BNYVV'nin sistemik konukçusu olan *N. benthamiana*'ya üç tekerrürlü, mekaniksel olarak aktarımı gerçekleştirilmiştir. Nitekim, *N. benthamiana*, Solanaceae familyasına ait bir tür olup, çok sayıda virüs tarafından enfekte edildiğinden, bitki virolojisinde en çok kullanılan deneysel konukçudur ([Bally ve ark., 2018](#)). Ayrıca, çok çeşitli bitki patojeni organizmalara (bakteri, oomycetes, fungus gibi) da hassas olduğu bilinmektedir ([Goodin ve ark., 2007](#)). Bu çalışmada, *N. benthamiana* bitkilerinde oluşan virüs benzeri belirtiler bir ay boyunca gözlenmiş ve kayıt edilmiştir. Bu bitkilerin virüs inokulasyonu yapılmayan üst yapraklarında gözlenen en yaygın belirtiler; yapraklarda kıvrılma, mozayik, nekrotik leke ve bitkide ise cüceleşme şeklinde olmuştur (Çizelge 3, 4). [Andika ve ark. \(2005\)](#), BNYVV'nin *N. benthamiana*'ya mekanik olarak aktarımını takiben 10-12 gün içerisinde, enfekteli bitkilerde cüceleşmenin oluştuğunu, bitkinin üst yapraklarının aşağı doğru kıvrıldığını ve hatta kıvrılan yaprakların zamanla solduğunu bildirmişlerdir. [Rahim ve ark. \(2007\)](#) ise, inokulasyondan üç hafta sonra, yapraklarda şiddetli mozayik ile birlikte; şekil bozukluklarının da oluştuğunu belirtmiş ve bu tip belirtiler 'şiddetli simptom' olarak adlandırılmıştır. Ayrıca, bazen belirtilerin hafif seyrettiği ve bitkilerde cüceleşme

oluşmadığı belirtilmiş ve bitkilerdeki bu görünüm ise 'hafif simptom' olarak ifade edilmiştir (Rahim ve ark., 2007). Bu çalışmada, 15 farklı BNYVV izolatının inokule edildiği *N. benthamiana*'ya ait incelenen 45 bitkinin neredeyse tamamının bitkinin üst yapraklarında mozayik tarzı belirti oluşumu gözlenmiştir. Bitkilerde cüceleşme tarzı simptom; sadece KYS-524 izolatı inokule edilen *N. benthamiana* bitkilerine ait tekerrürlerin tamamında ve bazı izolatlar (GZP-27, KRL-134, BRS-148, CNK-150, ESK-225 ve ANK-617) ile inokuleli bitkilerin ise yalnızca bir ya da birkaç tekerrüründe makroskobik olarak tespit edilmiştir. Ancak, IGR-6, ELZ-44, SMS-61, TKT-106, EDR-125, KAS-281, ADP-291 ve KTY-602 izolatları ile inokuleli bitkilerde ise tekerrürlerin hiçbirisinde cüceleşme belirtisi kayıt edilmemiştir (Çizelge 3, 4).

Çizelge 3. BNYVV izolatlarının *Nicotiana benthamiana* bitkilerinin tekerrürlerinde oluşturduğu simptomlar ve ELISA testi sonuçları

İzolat adı	P31 grubu	1. Tekerrür		2. Tekerrür		3. Tekerrür	
		Simptom*	ELISA absorbans değeri**	Simptom*	ELISA absorbans değeri**	Simptom*	ELISA absorbans değeri**
IGR-6	II	M, YK	0.106 (-)	M, YK	0.123 (-)	M, NL, YK	0.166 (-)
GZP-27	III	M, YK	0.098 (-)	M, YK	0.129 (-)	M, YK, C	0.386 (+)
ELZ-44	III	M, NL, YK	0.111 (-)	M, NL, YK	0.100 (-)	M, NL, YK	0.090 (-)
SMS-61	III	M, NL, YK	0.112 (-)	M, NL, YK	0.097 (-)	M, YK	0.091 (-)
TKT-106	TE	M, NL, YK	0.096 (-)	M, NL, YK	0.104 (-)	M, YK	0.102 (-)
EDR-125	III	M, YK	0.097 (-)	M, NL, YK	0.105 (-)	M, NL, YK	0.101 (-)
KRL-134	TE	M, YK, C	0.150 (-)	M, YK	0.109 (-)	M, NL, YK	0.101 (-)
BRS-148	III	M, NL, YK	0.104 (-)	M, NL, YK, HC	0.099 (-)	M, YK	0.103 (-)
CNK-150	III	M, YK, C	0.127 (-)	M, NL, YK	0.100 (-)	KL, NL, YK, C	0.137 (-)
ESK-225	TE	M, NL, YK, C	0.119 (-)	KL, YK, C	0.106 (-)	M, NL, YK	0.106 (-)
KAS-281	III	M, NL, YK	0.107 (-)	M, NL, YK	0.103 (-)	M, NL, YK	0.102 (-)
ADP-291	TE	M, NL, YK	0.102 (-)	M, NL, YK	0.121 (-)	M, NL, YK	0.114 (-)
KYS-524	III	M, NL, YK, C	0.105 (-)	M, NL, YK, C	0.101 (-)	M, NL, YK, C	0.093 (-)
KTY-602	TE	M, NL, YK, HC	0.101 (-)	M, NL, YK	0.099 (-)	M, NL, YK	0.107 (-)
ANK-617	III	M, YK, C	0.111 (-)	M, NL, YK	0.113 (-)	M, YK, C	0.124 (-)
-C (Bioreba)			0.098		0.098		0.098

Öte yandan, Chiba ve ark. (2011), çoğunluğunu Asya izolatlarının oluşturduğu 73 BNYVV izolatının CP, P25, P26 ve P31 genlerini detaylı olarak incelemişler ve bu izolatların P31 genine göre dört gruba (P31-I, P31-II, P31-III ve P31-IV) ayrıldıklarını bildirmişlerdir. Güngör ve ark. (2022) ise, Türkiye'nin farklı bölgelerine ait pancar üretim alanlarından elde edilen 12 BNYVV izolatının (bu çalışmadaki 10 BNYVV izolatını içeren) P31 gen bölgesinin nükleotid dizilerini elde etmiş ve oluşturulan filogenetik ağaçta, ülkemiz BNYVV izolatlarının P31 genine göre iki farklı gruba ayrıldıklarını saptamış olup, buna göre; Iğdır (IGR-6 ve IGR-9) ve Erzincan (ERC-52) illerinden elde edilen izolatların Grup II; diğer illere ait izolatların (GZP-27, ELZ-44, SMS-61, EDR-125, BRS-148, CNK-150, KAS-281, KYS-524 ve ANK-617) ise Grup III içerisinde yer aldıklarını bildirmişlerdir (Çizelge 3). Bu çalışmada, daha önce yürütülen çalışma ile (Güngör ve ark., 2022) P31 genine göre grup düzeyinde ayırımı yapılan 10 BNYVV izolatının (Grup-II ve Grup-III) *N. benthamiana*'da oluşturdukları simptom tipleri de irdelenmiştir. Buna göre, *N. benthamiana* bitkilerinde Grup-II'de yeralan dört BNYVV izolatı (GZP-27, ELZ-44, SMS-61 ve KAS-281) zayıf simptom (sadece mozayik); aynı grupta bulunan diğer beş izolat (EDR-125, BRS-148, CNK-150, KYS-524 ve ANK-617) ise şiddetli simptom (mozayik+ cüceleşme) oluşumuna neden olmuştur. Grup-III'de bulunan tek izolat olan IGR-6'nın ise bu bitkide hafif simptom oluşumuna neden olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3, 4).

*Nicotiana benthamiana*'da oluşan BNYVV tarzı simptomların virüs enfeksiyonundan kaynaklandığının teyit edilmesi amacıyla, bu bitkilerinin üst yapraklarından alınan örneklerle uygulanan DAS-ELISA testi sonucunda, GZP-27 izolatı ile inokule edilen *N. benthamiana* bitkilerinin sadece 3. tekerrüründe BNYVV enfeksiyonunun varlığı tespit edilmiştir (Çizelge 3). Serolojik yöntemlerden biri olan ELISA testinde tanılama, virüslerin nükleik asitlerini çevreleyen kılıf ya da membran proteinlerine ve onların özelliklerine dayalı olarak yapılmaktadır (Erkan ve ark., 2011). Bu çalışmada, *N. benthamiana* bitkilerinde ELISA yöntemi ile virüsün tespit edilememesi nedeninin (GZP-27-2 hariç), bu bitkilerde viral CP konsantrasyonunun düşük olmasından kaynaklanmış olabileceği düşünülmüştür.

## Moleküler çalışmalar

Çalışmanın bu aşamasında; 15 BNYVV izolatının *N. benthamiana* bitkilerine üç tekerrürlü olarak mekanik yolla aktarımdan yaklaşık bir ay sonra, herbir izolata ait birer tekerrür seçilerek, bu bitkilerin virüs inokulasyonu yapılmayan üst yapraklarından örnekleme yapılmış ve RNA izolasyonu çalışmalarında kullanılmıştır. Böylelikle, hem bu bitkide virüsün RT-PCR yöntemi ile varlığının araştırılması, hem de *N. benthamiana*'da enfeksiyon esnasında oluşan ve BNYVV'nin patojenitesinde rol oynayan bazı önemli proteinlerin (CP, P25, P26 ve P31) genlerinin bulunma durumlarının ortaya konulması hedeflenmiştir. *N. benthamiana*, virüs kaynaklı gen susturma ve geçici protein ekspresyonu çalışmaları için uygun bir konukçu olup, özellikle protein lokalizasyonu, interaksiyonu ve protein ifadesi (expression) gibi bitki bazlı sistemler gerektiren çalışmalarda yoğun olarak kullanılmaktadır (Goodin ve ark., 2007). Son yıllarda, bu türün taslak genom dizisinin ortaya konulması, bitki patojen etkileşimlerini araştırmak ve farklı bitki-patojen çiftleri arasındaki gen ekspresyonunu karşılaştırmak için model bitki olarak rolünü daha da güçlendirmiştir (Goodin ve ark., 2008; Satoh ve ark., 2010).

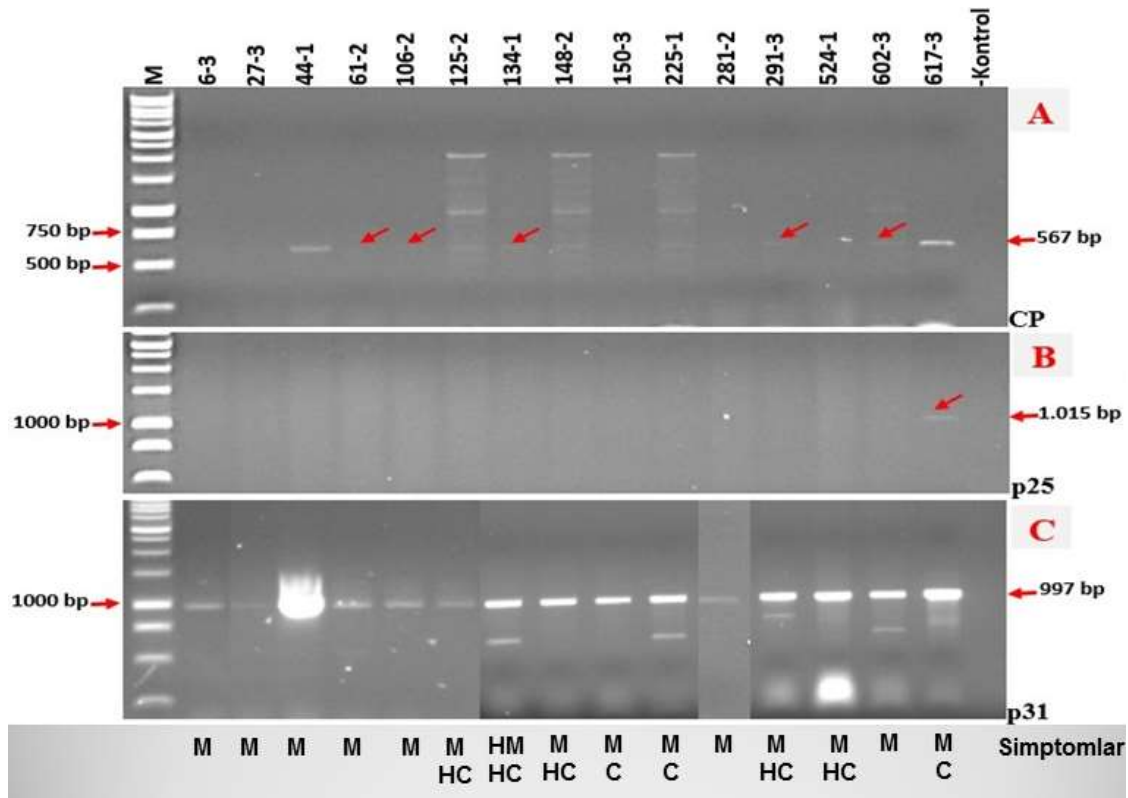
*Nicotiana benthamiana*'da oluşan yapraklarda şiddetli mozayik, kıvrılma ve bitkide cüceleşme şeklindeki şiddetli semptomların BNYVV RNA-4'ü tarafından kodlanan P31 proteini ilişkili olduğu rapor edilmiştir (Rahim ve ark., 2007; Wang ve ark., 2011). Bu çalışmada, 15 BNYVV izolatının seçilen birer tekerrüründe P31 geninin çoğaltılması amacıyla uygulanan RT-PCR çalışmaları sonucunda, önceki çalışmalarla uyumlu olarak (Rahim ve ark., 2007; Wang ve ark., 2011) incelenen örneklerin tamamında P31 genine spesifik beklenen büyüklükte (977 bp) ürün elde edilmiştir (Şekil 1-C). Böylelikle, *N. benthamiana* bitkilerinin tamamının BNYVV ile enfekteli olduğu ve bu bitkide görülen semptomların (Çizelge 3) BNYVV enfeksiyonundan kaynaklandığı RT-PCR çalışmaları ile doğrulanmıştır. Elde edilen bu sonuç, *N. benthamiana*'da BNYVV enfeksiyonunun araştırılmasında, ELISA testi çalışmalarının yeterli ve güvenilir olmadığını göstermiştir. Bu bitkide BNYVV'nin varlığının kesin olarak saptanabilmesi için, RT-PCR çalışmalarının uygulanmasının gerekliliği ortaya konulmuştur. Yürütülen bu çalışmada; yedi BNYVV izolatu (IGR-6-3, GZP-27-3, ELZ-44-1, SMS-61-2, TKT-106-2, KAS-281-2 ve KTY-602-3) ile inokule edilen *N. benthamiana* bitkilerinde zayıf semptom oluşumu (sadece mozayik); diğer sekiz BNYVV izolatu (EDR-125-2, KRL-134-1, BRS-148-2, CNK-150-3, ESK-225-1, ADP-291-3, KYS-524-1 ve ANK-617-3) ile inokuleli bitkilerde ise şiddetli semptom (mozayik+cüceleşme) oluşumu gözlenmiştir (Çizelge 3, 4). Bu araştırmada, ayrıca, *N. benthamiana*'da gözlenen semptom tipleri dikkate alınarak; zayıf semptom gelişimine sebep olan iki BNYVV izolatu (ELZ-44-1 ve BRS-148-2) ve şiddetli semptom oluşumuna neden olan ise üç izolat (CNK-150-3, KYS-524-1 ve ANK-617-3) seçilmiş (Çizelge 4) ve P31 proteinine ait PCR ürünlerinin sekans analizi gerçekleştirilmiştir. Bu analiz sonrasında, MEGA 7 programı kullanılarak BNYVV izolatlarına ait ileri ve geri yönde elde edilen ham sekans verileri hizalanmış ve konsensus diziler elde edilmiştir. İzolatlarda sekans analizi yapılan bölgenin uzunluğu yaklaşık 849 baz kadar olup P31 geninin tamamını içermektedir. Takiben, BNYVV izolatlarının kendi aralarındaki genetik benzerliklerinin incelenmesi amacıyla BLASTn ve BLASTp analizleri uygulanmış ve buna göre, *N. benthamiana*'dan izole edilen beş BNYVV izolatının hem nükleotit, hem de amino asit düzeyinde %100 benzer oldukları belirlenmiştir (veri gösterilmedi). Bu çalışma sonucunda; incelenen örneklerin tamamında P31 proteininin varlığı tespit edilmiş olup, semptom tipleri (zayıf veya şiddetli) ile P31'in bulunma durumu arasında doğrudan bir ilişkinin olmadığı sonucuna varılmıştır.

Diğer taraftan konu ile ilgili yürütülen bir araştırmada, BNYVV O11 izolatu (RNA-1, RNA-2, RNA-3 ve RNA-4 segmentlerini içeren) ile inokuleli 18 *N. benthamiana* bitkisinin, şiddetli semptom sergileyen 14'ünde wild tip RNA-4'ün bulunduğu; zayıf semptom sergileyen dördünde ise wild tip RNA-4'ün tespit edilemediği bildirilmiştir. Bununla birlikte, zayıf semptom gözlenen dört örneğin birinde ise, wild tip RNA-4'e spesifik beklenen 846 bp'de bant oluşumu yerine, 846 bp'den biraz daha küçük bir bant oluşumu gözlenmesinden dolayı RNA-4'ün delesyonlu bir formunun bulunduğu belirtilmiştir (Rahim ve ark., 2007). Diğer taraftan, *N. benthamiana*'da şiddetli semptom oluşumuna neden olan (yapraklarda kıvrılma+cüceleşme) Çin izolatu BN345 (RNA-1, RNA-2, RNA-3, RNA-4 ve RNA-5 segmentlerini içeren) ile yürütülen bir diğer araştırmada ise, mekanik inokulasyon yapılan 25 bitkide RNA-4'ün bulunduğu, bu örneklerin bir tanesinde ise jelde oluşan bant profiline göre RNA-4'ün delesyonlu formunun olduğu bildirilmiştir (Wang ve ark., 2011). Önceki çalışmalara benzer şekilde (Rahim ve ark., 2007; Wang ve ark., 2011), bu çalışmada da, beş farklı BNYVV izolatu (KRL-134-1, ESK-225-1, KTY-602-3, ADP-291-3 ve ANK-617-3) ile inokuleli *N. benthamiana* örneklerinde, 997 bp'de P31 genine spesifik oluşan bant ile birlikte daha küçük ekstra bir bant oluşumu da dikkat çekmiştir (Şekil 1-C).

Çizelge 4. Farklı Beet necrotic yellow vein virus izolatları ile inokule edilen *Nicotiana benthamiana* bitkilerinde oluşan belirtilerin görünümü, tipleri ve bu izolatların dahil oldukları P31 grupları

BNYVV ile inokule edilen <i>N. benthamiana</i> bitkileri							
İzolat adı /tekerrür	IGR-6-1	ELZ-44-1	BRS-148-2	CNK-150-3	KYS-524-1	ANK-617-3	Sağlıklı Kontrol
P31 grubu	II	III	III	III	III	III	
Semptom tipi	zayıf	zayıf	zayıf	şiddetli	şiddetli	şiddetli	

Jelde oluşan bant profilleri incelendiğinde ise; KRL-134-1, ESK-225-1 ve KTY-602-3 izolatları ile inokuleli örneklerde oluşan ekstra bant büyüklüğünün birbirleri ile benzer olduğu görülmüştür. ADP-291-3 ve ANK-617-3 izolatları ile inokuleli örneklerde ise tespit edilen ekstra bantın diğer üç örnekten farklı büyüklükte olmakla birlikte, bu iki örnekte birbirine yakın büyüklükte olduğu saptanmıştır (Şekil 1-C). Bu sonuç, *N. benthamiana* bitkisine BNYVV'nin mekanik olarak ilk aktarımı sonucunda, yukarıda belirtilen beş örnekte P31 gen bölgesinde delesyon olabileceğini düşündürmüştür. Bu durumun net olarak ortaya konulabilmesi için, ileride bu ekstra bantlara ait PCR ürünlerinin elde edilerek, sekans analizlerinin gerçekleştirilmesi gerekmektedir.



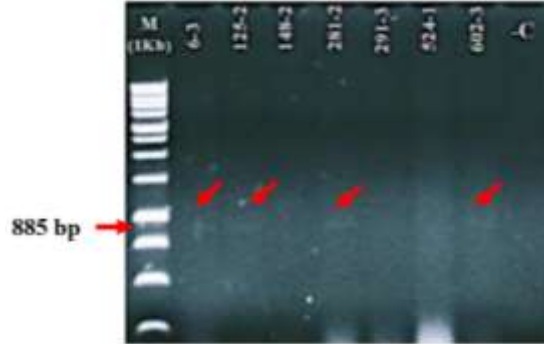
Şekil 1. *Nicotiana benthamiana* bitkilerinden elde edilen BNYVV izolatlarında kılıf protein (CP) (A), P25 (B) ve P31 proteinlerinin (C) RT-PCR yöntemi ile araştırılması [M: 1Kb DNA Ladder (Promega), 6-3: Aralık-İğdir, 27-3: İslahiye-Gaziantep, 44-1: Merkez-Elazığ, 61-2: Vezirköprü-Samsun, 106-2: Niksar-Tokat, 125-2: Merkez-Edirne, 134-1: Babaeski-Kırklareli, 148-2: Yenişehir-Bursa, 150-3: Biga-Çanakale, 225-1: Çifteler-Eskişehir, 281-2: Taşköprü-Kastamonu, 291-3: Erenler-Adapazarı, 524-1: Merkez-Kayseri, 602-3: Simav-Kütahya, 617-3: Ayaş-Ankara illerine ait BNYVV izolatları ile inokuleli *N. benthamiana*'nın sistemik yaprak örneklerinden elde edilen RNA'lar], *N. benthamiana* bitkilerinde kayıt edilen belirtiler (D); M: Mozayik, HM: Hafif mozayik, C: Cüceleşme, HC:Hafif cüceleşme

*Nicotiana benthamiana* bitkilerinde BNYVV izolatlarının RNA-2 tarafından sentezlenen CP'lerinin varlığı, ELISA testine ilaveten, RT-PCR yöntemi ile de araştırılmıştır. Bu amaçla, cDNA sentezini takiben, CP gen bölgesine spesifik primer kullanılarak yürütülen PCR çalışmaları sonucunda; incelenen örneklerin 10'unda (ELZ-44-1, SMS-61-2, TKT-106-2, ESK-125-2, KRL-134-1, BRS-148-2, ESK-225-1, ADP-291-3, KTY-602-3 ve ANK-617-3) bu bölgeye spesifik 567 bp büyüklüğünde zayıf bant oluşumu gözlenmiştir (Şekil 1-A). Çeşitli araştırmacılar tarafından, *N. benthamiana* ve *S. oleracea* gibi sistemik konukçularında vasküler taşınma ve lokal lezyon konukçularında virüsün replikasyonu için BNYVV'nin genom segmentlerinden sadece RNA-1 ve RNA-2'sinin gerekli ve yeterli olduğu belirtilmektedir (Lauber ve ark., 1998a, 1998b; Andika ve ark., 2005). Bununla birlikte, Plasmodiophorid vektörler tarafından taşınan bitki virüsleri, laboratuvarında tekrarlanan mekanik inokulasyonlarda; genomlarının bazı parçalarını kaybedebilmektedirler. Özellikle; *Benyvirus*, *Furovirus* ve *Pomovirus* cinslerinde yer alan virüs türlerinde RNA-2 tarafından kodlanan CP+Readthrough (RT) bölgesinin silinmelere meyilli olduğu bildirilmektedir. Bu silinmelerin Potato mop top virus (PMTV) ve BNYVV'nin vektörle taşınmasını etkilediği deneysel olarak gösterilmiştir (Adams ve ark., 2001). Bu çalışmada, incelenen beş örnekte (IGR-6-3, GZP-27-3, CNK-150-3, KAS-281-2 ve KYS-524-1), BNYVV CP'nin RT-PCR çalışmaları ile de belirlenememesi, *N. benthamiana* örneklerinin tamamında BNYVV CP'nin tespit edildiğini bildiren Rahim ve ark. (2007) ve Wang ve ark. (2011)'in bulguları ile uyumsuzdur. Bununla birlikte, RNA-2 tarafından kodlanan P75 proteininin (CP+RT) vektörle taşınma için mutlaka gerekli olduğu bildirilmektedir (Tamada ve ark., 1996). Bu çalışmada virüs izolatları mekanik olarak *N. benthamiana* bitkilerine taşındığından, bu durum virüsün ilk aktarımını takiben bir aylık periyot süresince viral CP'nin sentezine ihtiyaç duymaması nedeni ile, CP bölgesinin silinmesinden kaynaklanmış olabilir. Bu durumun net olarak ortaya konulabilmesi için, BNYVV CP'nin tespit edilemediği beş izolata ait diğer tekerrürlerde de RT-PCR çalışmalarının yürütülerek, elde edilen sonuçların teyit edilmesi yerinde olacaktır.

Ayrıca, *N. benthamiana*'dan izole edilen 15 örnekte BNYVV RNA-3'ü tarafından kodlanan P25 proteininin bulunma durumu da araştırılmıştır. P25 bölgesine spesifik primerler ile yürütülen RT-PCR çalışmaları sonrasında, incelenen örneklerden sadece birinde (ANK-617-3) bu bölgeye spesifik 1.015 bp büyüklüğünde bant elde edilmiştir. Bu bitkide rapor edilen semptom; mozayik+cüceleşme şeklinde olup bu tarz belirtiler 'şiddetli semptom' olarak ifade edilmektedir. Benzer belirtilere sahip diğer izolatlar ile enfekteli *N. benthamiana* örneklerinde (EDR-125-2, KRL-134-1, BRS-148-2, CNK-150-3, ESK-225-1, ADP-291-3 ve KYS-524-1) ise P25 geni tespit edilememiştir (Şekil 1-B). Bu sonuç, *N. benthamiana*'da gözlenen farklı semptom tipleri (zayıf veya şiddetli) ile P25'in bulunma durumu arasında bir ilişkinin bulunmadığını ve P25 bölgesinin *N. benthamiana*'da virüs çoğalması esnasında kendiliğinden elemine olabileceğini göstermiştir. Virüsler genellikle farklı koşullara uyum sağlayabilmek için, replikasyonda rol oynayan bazı gerekli RNA'ları tercih ederken, gerek duymadıkları diğer RNA'ların tamamını veya bir kısmını elemine edebilmektedirler. Nitekim, Japon O11 BNYVV izolatının RNA-3 segmentinin *N. benthamiana* bitkilerinde genellikle spanton olarak elemine olduğu (silindiği) belirlenmiştir. Ayrıca, RNA-3'ün *N. benthamiana* bitkilerinde şiddetli semptom oluşumu ile bir ilgisinin olmadığı da bildirilmiştir. P31 ve P25 proteinlerinden her ikisi de semptom oluşumunda görev almakla birlikte; bu proteinlerin etkilerinin konukçuya spesifik ve farklı şekilde olduğu bildirilmiştir (Rahim ve ark., 2007). Nitekim, RNA-3 tarafından kodlanan P25 proteini doğal konukçularda klasik rhizomania semptomlarının oluşumu için gerekli olmaktadır (Chiba ve ark., 2011)

İlave olarak, *N. benthamiana* bitkilerinden elde edilen örneklerden yedisinde (IGR-6-3, EDR-125-2, BRS-148-2, KAS-281-2, ADP-291-3, KYS-524-1 ve KTY-602-3), BNYVV'nin patojenitesinde rol oynayan, bir diğer ifade ile virüsün şeker pancarında semptom şiddetini arttıran (Tamada ve ark., 1996) ve RNA-5 üzerinde yer alan P26 proteini de, gen spesifik primerler kullanılarak RT-PCR yöntemi ile araştırılmıştır. Diğer sekizi ise, daha önce yürütülen çalışmalarda şeker pancarlarından izole edilen bu örneklerde RNA-5'in bulunmadığı bilindiğinden (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016b), çalışmalara dahil edilmemiştir. Analiz edilen yedi örneğin, dördünde (IGR-6-3, EDR-125-2, KAS-281-2 ve KTY-602-3) bu bölgeye spesifik (885 bp) zayıf bant oluşumu saptanmıştır (Şekil 2). Wang ve ark. (2011), *N. benthamiana*'da şiddetli semptom oluşumuna (yapraklarda kıvrılma+cüceleşme) neden olan BN345 izolatı (RNA-1, RNA-2, RNA-3, RNA-4 ve RNA-5 segmentlerini içeren) ile yürüttükleri çalışmada, virüsün mekanik inokulasyonunu takiben BNYVV ile enfekteli 25 bitkiden, sadece ikisinde RNA-5'in bulunduğunu bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar, BNYVV ile enfekteli *N. benthamiana*'da RNA-5'in hareket ve replikasyonun çok düşük seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, RNA-3 ve RNA-4'ün birlikte enfeksiyonunda RNA-5'in sistemik hareketini engelleme olasılığını ortadan kaldırmak için, sadece RNA-1, RNA-2 ve RNA-5 segmentlerini içeren mutant BNYVV izolatını *N. benthamiana* bitkilerine inokule etmişler ve sonrasında gerçekleştirdikleri RT-PCR çalışmaları ile RNA-5'in sadece virüs inokuleli yapraklarda mevcut olduğunu bildirmişlerdir. Öte yandan, aynı araştırmacılar aynı çalışmada; RNA-

1+RNA-2+RNA-3+RNA-4 ya da RNA1+RNA2 segmentlerini içeren BNYVV örneklerinde RNA-5'in sistemik yapraklarda saptandığını rapor etmişlerdir (Wang ve ark, 2011). Yürütülen bu araştırma sonucunda; semptom tiplerine göre bir ayırım olmaksızın, zayıf (IGR-6-3, KAS-281-2 ve KTY-602-3) ya da şiddetli semptom (EDR-125-2) sergileyen *N. benthamiana* bitkilerinin sistemik yapraklarına ait örneklerde RNA-5'in bulunduğu tespit edilmiştir (Şekil 2). Diğer bazı konukçularında BNYVV'nin patojenitesini arttırdığı bildirilen RNA-5'in (Liu ve ark., 2003; Link ve ark., 2005; Tamada ve ark., 2020), *N. benthamiana*'da bu yönde ilave bir etkisinin olmadığı anlaşılmıştır.



Şekil 2. *Nicotiana benthamiana* bitkilerinden elde edilen BNYVV izolatlarında P26 geninin RT-PCR yöntemi ile araştırılması [M: 1Kb DNA Ladder (Promega), 6: Aralık-Iğdır, 125: Merkez-Edirne, 148: Yenişehir-Bursa, 281: Taşköprü-Kastamonu, 291: Erenler-Adapazarı, 524: Merkez-Kayseri, 602: Simav-Kütahya illerine ait *N. benthamiana* sistemik yaprak örneklerinden elde edilen RNA'lar]

## Sonuç

Bu çalışmada, BNYVV'nin sistemik konukçusu olan *N. benthamiana* bitkisinde 15 BNYVV izolatının oluşturdukları semptom tipleri ve farklı gen bölgeleri (CP, P25, P26 ve P31) araştırılmıştır. Dünya izolatları ile bu çalışmadaki izolatlar kıyaslandığında, *N. benthamiana* bitkilerinde belirlenen semptom tipleri (zayıf veya şiddetli) ile P31, P25 ve P26 proteinlerinin bulunma durumları arasında doğrudan bir ilişkinin olmadığı sonucuna varılmıştır. İlave olarak; bu çalışmada elde edilen bulgular; *N. benthamiana* bitkilerine virüsün ilk aktarımını takiben, bazı izolatlarda özellikle P31 genom bölgelerinde silinmenin olabileceğine işaret etmiştir. Bu sebeple; bu silinmenin net olarak ortaya konulabilmesi için, ileride P31 bölgesine spesifik bant ile birlikte gözlenen bu ekstra bantlara ait PCR ürünlerinin elde edilerek, sekans analizlerinin yapılması gerekmektedir.

## Teşekkür

Bu çalışmada kullanılan toprak örnekleri TÜBİTAK (TOVAG: 1100188) projesi kapsamında toplanmıştır.

## Kaynaklar

- Acosta-Leal R, Fawley MW, Rush CM, 2008. Changes in the intra isolate genetic structure of Beet necrotic yellow vein virus populations associated with plant resistance breakdown. *Virology* 376: 60-68.
- Adams MJ, Antoniv JF, Mullins JGL, 2001. Plant virus transmission by plasmodiophorid fungi is associated with distinctive transmembrane regions of virus-encoded proteins. *Arch. Virol.* 146: 1139-1153.
- Andika IB, Kondo H, Tamada T, 2005. Evidence that RNA-silencing-mediated resistance to Beet necrotic yellow vein virus is less effective in roots than in leaves. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 18: 194-204.
- Bally J, Jung H, Mortimer C, Naim F, Philips JG, Hellens R, Bombarely A, Goodin MM, Waterhouse PM, 2018. The rise and rise of *Nicotiana benthamiana*: A plant for all reasons. *Annu. Rev. Phytopathol.* 56: 405-426.
- Bouzoubaa S, Quillet L, Guilley H, Jonard GT, Richards K, 1987. Nucleotide sequence of beet necrotic yellow vein virus RNA-1. *J. Gen. Virol.* 68: 615-626.
- Chiba S, Kondo H, Miyanishi M, Andika IB, Han C, Tamada T, 2011. The evolutionary history of Beet necrotic yellow vein virus deduced from genetic variation, geographic origin and spread, and the breaking of host resistance. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 24 (2): 207-218.
- Chiba S, Hleibieh K, Delbianco A, Klein E, Ratti C, Ziegler-Graff V, Bouzoubaa S, Gilmer D, 2013. The benyvirus RNA silencing suppressor is essential for long-distance movement, requires both zinc-finger and NoLS basic residues but not a nucleolar localization for its silencing-suppression activity. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 26: 168-181.
- Erkan S, Gümüş M, Paylan İC, Sipahioğlu HM, 2011. Bitki virüslerinin tanımlanmasında kullanılan serolojik yöntemler. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 9 (2): 35-49.

- Gilmer D, Bouzoubaa S, Hehn A, Guilley H, Richards K, Jonard G, 1992. Efficient cell-to-cell movement of Beet necrotic yellow vein virus requires 3' proximal genes located on RNA 2. *Virology*, 189: 40-47.
- Gilmer D, 2016. Molecular biology and replication of Beet necrotic yellow vein virus. In: *Rhizomania*. (eds. Biancardi E, Tamada T). Springer International Publishing Switzerland, pp. 85-107.
- Gilmer D, Ratti C, ICTV Report Consortium, 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Benyviridae. *J. Gen. Virol.* 98 (7): 1571-1572.
- Goodin MM, Chakrabarty R, Banerjee R, Yelton S, De Bolt S, 2007. New Gateways to discovery. *Plant Physiol.* 145 (4): 1100-1109.
- Goodin MM, Zaitlin D, Naidu R A, Lommel SA, 2008. *Nicotiana benthamiana*: its history and future as a model for plant-pathogen interactions. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 21: 1015-1026.
- Güngör M, Erkan E, Kutluk Yılmaz ND, 2022. Türkiye'de şeker pancarı üretim alanlarında enfeksiyon oluşturan Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının p31 geninin moleküler karakterizasyonu. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 37 (3): 505-524.
- Haeberle AM, Sutissi-Garaud C, Schmitt C, Garaud JC, Richards KE, Guilley H, Jonard G, 1994. Detection by immunogold labelling of P75 readthrough protein near an extremity of beet necrotic yellow vein virus particles. *Arch. Virol.* 134: 195-203.
- Horváth J, 1994. Beet necrotic yellow vein furovirus 1. New hosts. *Acta Phytopathologica Et Entomologica Hungarica*, 29:109-118.
- Hugo SA, Henry CM, Harju V, 1996. The role of alternative hosts of *Polymyxa betae* in transmission of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in England. *Plant Pathol.* 45: 662-666.
- Kaya R, 2009. Distribution of rhizomania disease in sugar beet growing areas of Turkey. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 15 (4): 332-340.
- Keskin B, 1964. *Polymyxa betae* n.sp. ein parasit in den wurzein von *Beta vulgaris* Tournefort, besonders während den jugendentwicklung den zuckerrübe. *Archives of Microbiology*, 49: 348-374.
- Koch F, 1987. Bericht über eine in verschiedene zuckerrübenanbaugebiete der Turkseker in Anatolien und Thrazien zum stadium von wurzelerkrankungen. KWS Kleinwanzlebener Saatzzucht, AG, Einbeck, Germany.
- Koenig R, Haeberle AM, Commandeur U, 1997. Detection and characterization of a distinct type of Beet necrotic yellow vein virus RNA-5 in sugar beet growing area in Europe. *Arch. Virol.* 142:1499-1504.
- Kruse M, Koenig R, Hoffman A, Kaufmann A, Commandeur U, Solevjev AG, Savenkov I, Burgermeister W, 1994. Restriction fragment length polymorphism analysis of reverse transcription-PCR products reveals the existence of two major strain groups of beet necrotic yellow vein virus. *J. Gen. Virol.* 75: 1835-1842.
- Kuszala M, Putz C, 1977. Rhizomania of sugar beet in Alsace. Host range and biological properties of Beet necrotic yellow vein virus. *Annales de Phytopathologie*, 9 (4): 435-446.
- Kutluk Yılmaz ND, Meunier A, Schmit JF, Stas A, Bragard C, 2007. Partial nucleotide sequence analysis of Turkish isolates of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) RNA-3. *Plant Pathol.* 56: 311-316.
- Kutluk Yılmaz ND, Arlı Sokmen M, 2010. Occurrence of soilborne sugar beet viruses transmitted by *Polymyxa betae* northern and central parts of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 92 (2): 497-500.
- Kutluk Yılmaz ND, 2016a. New natural weed host *Raphanus raphanistrum* L. (Brassicaceae) for Beet necrotic yellow vein virus and its vector *Polymyxa betae* Keskin. *Turk J Agric For.* 40: 120-126.
- Kutluk Yılmaz ND, Arlı-Sokmen M, Kaya R, Sevik MA, Tunali B, Demirtas S, 2016b. The widespread occurrences of Beet soil borne virus and RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus isolates in sugar beet production areas in Turkey. *Eur. J. Plant Pathol.* 144 (2): 443-455.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K, 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis Version 7.0 for bigger datasets. *Mol. Biol. Evol.* 33: 1870-1874.
- Lauber E, Bleykasten-Grosshans C, Erhardt M, Bouzoubaa S, Jonard G, Richards KE, Guilley H, 1998a. Cell-to-cell movement of Beet necrotic yellow vein virus: I. Heterologous complementation experiments provide evidence for specific interactions among the triple gene block proteins. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 11: 618-625.
- Lauber E, Guilley H, Tamada T, Richards KE, Jonard G, 1998b. Vascular movement of Beet necrotic yellow vein virus in *Beta macrocarpa* is probably dependent on an RNA-3 sequence domain rather than a gene product. *J. Gen. Virol.* 79: 385-393.
- Lennefors BL, Savenkoc EI, Mukasa SB, Valkonen JPT, 2005. Sequence diversity of four soilborne sugarbeet-infecting viruses. *Virus Genes*, 31: 57-64.
- Link D, Schmidlin L, Schirmer A, Klein E, Erhardt M, Geldreich A, Lemaire O, Gilmer D, 2005. Functional characterization of the Beet necrotic yellow vein virus RNA-5 encoded p26 protein: evidence for structural pathogenicity determinants. *J. Gen. Virol.* 86: 2115-2125.
- Liu T, Han C, Li D, Cai Z, Yu J, Liu Y, 2003. Effect of the RNA5 component on pathogenicity of beet necrotic yellow vein virus. *Chinese Science Bulletin*, 48: 796-799.
- Liu HY, Sears JL, Lewellen RT, 2005. Occurrence of resistance-breaking beet necrotic yellow vein virus of sugar beet. *Plant Dis.* 89: 464-468.
- Liebe S, Varrelmann M, 2022. Ongoing evolution of Beet necrotic yellow vein virus towards Rz1-resistance breaking in Europe. *Plant Pathol.* 71:1647-1659.

- Link D, Schmidlin L, Schirmer A, Klein E, Erhardt M, Geldreich A, Lemaire O, Gilmer D, 2005. Functional characterization of the Beet necrotic yellow vein virus RNA-5 encoded p26 protein: evidence for structural pathogenicity determinants. *J. Gen. Virol.* 86: 2115-2125.
- Meunier A, Schmit JF, Stas A, Kutluk N, Bragard C, 2003. Multiplex reverse transcription for simultaneous detection of beet necrotic yellow vein virus, beet soilborne virus, and beet virus Q and their vector *Polymyxa betae* KESKIN on sugar beet. *Appl. Environ. Microbiol.* 2356-2360.
- Miyaniishi M, Kusume T, Saito M, Tamada T, 1999. Evidence for three groups of sequence variants of beet necrotic yellow vein virus RNA 5. *Arch. Virol.* 144: 879-892.
- Özer G, Ertunç F, 2005. Detection of rhizomania disease in sugar beet plantations of Amasya sugar refinery. *Journal of Agricultural Sciences*, 11 (3): 339-343.
- Özmen CY, Khabbazi SD, Khabbazi AD, Gürel S, Kaya R, Oğuz MÇ, Turan F, Rezaei F, Kibar U, Ergül A, 2020. Genome composition analysis of multipartite BNYVV reveals the occurrence of genetic re-assortment in the isolates of Asia Minor and Thrace. *Nature Scientific Reports*, 10, 4129.
- Rahim MD, Andika IB, Han C, Kondo H, Tamada T, 2007. RNA4-encoded P31 of Beet necrotic yellow vein virus is involved in efficient vector transmission, symptom severity and silencing suppression in roots. *J. Gen. Virol.* 88: 1611-1619.
- Satoh K, Kondoh H, Sasaya T, Shimizu T, Choi IR, 2010. Selective modification of rice (*Oryza sativa*) gene expression by Rice stripe virus infection. *J. Gen. Virol.* 91: 294-305.
- Schirmer A, Link D, Cognat V, Moury B, Beuve M, Meunier A, Bragard C, Gilmer D, Lemaire O, 2005. Phylogenetic analysis of isolates of Beet necrotic yellow vein virus collected worldwide. *J. Gen. Virol.* 86: 2897-2911.
- Scholten OE, Lange W, 2000. Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: a review. *Euphytica*, 112: 219-231.
- Tamada T, Baba T, 1973. Beet necrotic yellow vein virus from rhizomania affected sugar beet in Japan. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.*, 39: 325-332.
- Tamada T, 1975. Beet necrotic yellow vein virus. CMI/ABB. Description of Plant Viruses, Association of Applied Biologists, Wellesbourne, UK, 144: 4.
- Tamada T, Abe H, 1989. Evidence that beet necrotic yellow vein virus RNA-4 is essential for efficient transmission by the fungus *Polymyxa betae*. *J. Gen. Virol.* 70: 3391-3398.
- Tamada T, Abe H, Saito M, Kiguchi T, Harada T, 1989. Production and pathogenicity of isolates of Beet necrotic yellow vein virus with different numbers of RNA components. *J. Gen. Virol.* 70: 3399-3409.
- Tamada T, Saito M, Kiguchi T, Kusume T, 1990. Effect of isolates of Beet necrotic yellow vein virus with different of RNA components on the development of rhizomania symptoms. *Proc. Ist Symp. Int. Work. Group. Plant Viruses Fungal Vectors*, 41-44, 21-24 Ağustos, Braunschweig, Germany.
- Tamada T, Kusume T, Uchino H, Kiguchi T, Saito M, 1996. Evidence that Beet necrotic yellow vein virus RNA 5 is involved in symptom development of sugar beet roots. *Proc. 3rd Symp. Int. Work. Group Plant Viruses Fungal Vectors*, 49-52, 6-7 Ağustos, Dundee, Scotland.
- Tamada T, 2002. Beet necrotic yellow vein virus. CMA/ABB descriptions of plant viruses. Association of Applied Biologists. Wellesbourne UK.
- Tamada T, 2007. Susceptibility and resistance of *Beta vulgaris* subsp. *maritima* to foliar rub-inoculation with beet necrotic yellow vein virus. *J. Gen. Plant Pathol.* 73 (1): 76-80.
- Tamada T, Kondo H, 2013. Biological and genetic diversity of plasmodiophorid-transmitted viruses and their vectors. *J. Gen. Plant Pathol.* 79: 307-320.
- Tamada T, 2016. General features of Beet necrotic yellow vein virus. In: *Rhizomania*. (eds. Biancardi E, Tamada T), Springer International Publishing, Switzerland, pp. 55-83.
- Tamada T, Uchino H, Kusume T, Iketani-Saito M, Chiba S, Andika IB, Kondo H, 2020. Pathogenic roles of beet necrotic yellow vein virus RNA5 in the exacerbation of symptoms and yield reduction, development of scab-like symptoms, and Rz1-resistance breaking in sugar beet. *Plant Pathol.* 70: 219-232.
- Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ, 1994. Clustal W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22: 4673-4680.
- Yardımcı N, Çulal Kılıç H, 2011. Identification of Beet necrotic yellow vein virus in lakes district: A major beet growing area in Turkey. *Indian Journal of Virology*, 22 (2): 127-130.
- Wang Y, Fan H, Wang X-B, Li M, Li D, Yu J, 2011. Detection and characterization of spontaneous internal deletion mutants of Beet necrotic yellow vein virus RNA3 from systemic host *Nicotiana benthamiana*. *Virology Journal*, 8: 335-344.





## Edirne ili tarım topraklarının mikrobesein element içerikleri<sup>†</sup>

✉ Mehmet Ali GÜRBÜZ<sup>1\*</sup>, ✉ Emel KAYALI<sup>1</sup>, ✉ Erdem BAHAR<sup>2</sup>, ✉ Tuğçe Ayşe ÖZ<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Kırklareli

<sup>2</sup>Çanakkale Tarım ve Orman İl Müdürlüğü, Çanakkale

<sup>3</sup>Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara

### Öz

Konvansiyonel tarımsal üretimde optimum verim alabilmek için toprakta mikrobesein elementlerini de belirlemek ve eksikliklerini gidermek gerekmektedir. Edirne ilimizde münavebede çeşitliliğin olmaması (çeltik-çeltik, ayçiçeği-buğday münavebesi) ve yoğun tarım nedeniyle aşırı besin elementi sömürüsü yüzünden mikrobesein elementlerinin önemi daha da artmaktadır. Bu çalışmada, Edirne ili tarım arazilerinin toprak reaksiyonu ve mikrobesein elementlerinin belirlenmesi amacıyla, 2014-2015-2016 yıllarında, 0-20 cm yüzeyden 2.5 km x 2.5 km grid sistemine göre toprak örnekleme yapılmış ve 712 adet örnek alınmıştır. Alınan toprak örnekleri toprak reaksiyonu (pH) bakımından değerlendirildiğinde, 1/3'ten fazlasının asit reaksiyonlu, 2/3'ünün ise nötr ve alkaline reaksiyona sahip olduğu söylenebilir. Bu örneklerde mikrobesein elementlerinden demir, bakır, çinko, mangan DTPA ekstraksiyonu ile bor ise sıcak su yöntemi ile belirlenmiştir. Elde edilen analiz sonuçlarının göre; Edirne ili tarım topraklarının %39'u asit, %61'i nötr ve alkaline reaksiyonludur. Mikrobesein elementlerinden topraklarda, demir (Fe) %13 (<2,5 mg kg<sup>-1</sup>), çinko (Zn) % 64 (<0,7 mg kg<sup>-1</sup>), bor (B) %50 (<0,5 mg kg<sup>-1</sup>) oranında az bulunurken, bakır (Cu) ve mangan (Mn) miktarı yeterli seviyede belirlenmiş olup, bazı noktalarda yüksek miktarda Cu tespit edilmiştir. Yörede çeltik tarımında yapılan gübreleme çalışmaları sonucu çinkolu gübre kullanımı rutin hale gelmiş olsa da, eksikliği belirlenen diğer mikrobesein elementlerinin belirlenerek, gübreleme programlarına dahil edilmesi gerekmektedir. Bu durum, özellikle münavebede yer alan bitkilerin hassas olduğu mikrobesein elementleri (örneğin ayçiçeği-B, buğday-Zn) bakımından daha da önem arz etmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Edirne, toprak, mikrobesein elementi, haritalama.

### Micronutrient element contents of agricultural soils in Edirne

#### Abstract

In conventional agricultural production, it is necessary to determine the micronutrient elements in the soil and eliminate their deficiencies in order to obtain optimum yield. The absence of diversity in rotation in Edirne province (paddy-paddy, sunflower-wheat rotation) and excessive nutrient exploitation due to intensive agriculture, the importance of micronutrient elements increases even more. In this study, in order to determine the soil reaction and micronutrient elements of agricultural lands in Edirne province, soil sampling was carried out according to 2.5 km x 2.5 km grid system from 0-20 cm surface in 2014-2015-2016 and 712 samples were taken. When the soil samples taken were evaluated in terms of soil reaction (pH), it can be said that more than 1/3 of them have acid reaction and 2/3 of them have neutral and alkaline reaction. In these samples, iron, copper, zinc, manganese and boron were determined by DTPA extraction and hot water method, respectively. According to the results of the analysis; 39% of the agricultural soils of Edirne province are acid, 61% are neutral and alkaline reaction. Among the micronutrients, iron (Fe) was found to be 13% (<2.5 mg kg<sup>-1</sup>), zinc (Zn) 64% (<0.7 mg kg<sup>-1</sup>), boron (B) 50% (<0.5 mg kg<sup>-1</sup>), copper (Cu) and manganese (Mn) were found to be sufficient, and high amounts of Cu were detected in some points. Although the use of zinc fertilizer has become routine as a result of fertilization studies in paddy agriculture in the region, other micronutrients that are deficient should be determined and included in fertilization programs. This is especially important in terms of micronutrients to which crops in rotation are sensitive (e.g. sunflower-B, wheat-Zn).

**Keywords:** Edirne, soil, micronutrient element, mapping.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar: Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ** <sup>†</sup>(özetli V. Balkan Tarım Kongresi (AGRIBALKAN 2023)'nde sunulmuştur)  
Tel. : 0 533 574 2100 Geliş Tarihi : 31 Ağustos 2023 e-ISSN: 2146-8141  
E-posta : [gurbuzmehmetali@tarimorman.gov.tr](mailto:gurbuzmehmetali@tarimorman.gov.tr) Kabul Tarihi : 16 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1352992

## Giriş

Kültür bitkilerinin gübrenmesinde arzulanan sonucun elde edilebilmesi için öncelikle toprakların gübrelemede uygulanacak besin elementi yönünden yeterlilik durumlarının saptanmasının büyük önemi vardır. Geniş etüt çalışmalarıyla alınan toprak örneklerinde bir yörenin besin elementleri açısından verimlilik durumunun belirlenmesi o yörede uygulanacak gübreleme programlarının düzenlenmesinde olduğu kadar, gübreleme denemelerinin planlanmasında da faydalı olacaktır. Bu şekilde söz konusu bölge topraklarının incelenen besin elementleri açısından yeterlilik durumları saptanarak, noksan ve problemli sahalara ile yeterli ve uygun alanlar belirlenebilmesi ve gerekli müdahalelerin planlanması mümkün olacaktır.

Mikro elementler, Liebig tarafından ortaya konan ve kabul edilen "minimum yasası"na göre, bitkide az miktarda da bulunsalar, üretim üzerindeki etkileri önemlidir. Bitkisel üretim, besin elementlerinin en düşük düzeyde bulunması tarafından sınırlandırılacağı için, gözardı edilemezler. Yeterlilik düzeylerinin belirlenerek sınırlandırıcı etkilerinin giderilmesi gerekmektedir. Hele günümüzde, diğer bütün üretim girdilerinin maksimum düzeyde kullanılması, maksimum ürün ve kar elde etme isteği, mono kültür tarımsal üretim (çeltik-çeltik, mısır-mısır, ayçiçeği hububat münavebesi) bu durumu daha önemli hale getirmektedir.

Edirne il merkezinin deniz seviyesinden yüksekliği 41 m'dir. Kuzey ve kuzey-doğusunda Istranca Dağları, doğusundan Uzunköprü Dağları, güney ve güney-doğusunda Kuru ve Çandır Dağları bulunmasına rağmen il sınırları içerisinde bu dağlardan hiçbiri 500 m'nin üzerinde bir yüksekliğe ulaşmamaktadır. Edirne, Marmara Bölgesi'nin Trakya kesiminde yer almakta, güneyinde Ege Denizi ve Gelibolu Yarımadası, doğusunda Kırklareli ve Tekirdağ kuzeyinde Bulgaristan ve batısında ise Meriç Nehri ve Yunanistan yer almaktadır. Yıllık yağış miktarı, 580,6 mm, ortalama sıcaklığı 13,70C 'dir (MGM, 2022). İlin kapladığı toplam yüzölçümü alanı 6 279 km<sup>2</sup> (göl dahil), 2022 yılı toplam tarımsal alanı 341,108 ha'dır. İlin yarısını tarım alanları oluşturmaktadır. Edirne'de tarım arazilerinde nadas uygulanmamakta olup, çeltik tarımı ekilen arazilerin yaklaşık % 13'ünde yapılmakta olup, dışında kalan bölümde tarım, büyük oranda kuru hububat (buğday, arpa-ayçiçeği) münavebesi şeklinde sürdürülmektedir. Sulanan alanlarda ise, çeltik, silaj mısır, yonca ve sebze-meyve yetiştirilmektedir (TUİK, 2022).

Ülkemizde, Mülga Toprak-Su genel müdürlüğü tarafından yürütülen ayrıntılı verimlilik envanter ve gübre ihtiyaç raporu çalışmasında, her ilin topraklarının genel özellikleri ortaya konmuştur. Bu raporda, Edirne topraklarının %33,7'si asit (%7 orta asit (4,5-5,5) %26,7 hafif asit (5,6-6,5)), %55,5'ü nötr (pH; 6,5-7,5) ve %10,8'i ise alkaline reaksiyonlu (pH; >7,5) reaksiyona sahiptir (Anonim, 1984).

Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumunu belirlemek amacıyla ülke topraklarını temsilen alınan 1511 adet toprak örneğinin analizi sonucunda, Türkiye topraklarının % 49,83'ünde Zn, % 26,87'sinde Fe, % 0,70'inde Mn eksikliğinin söz konusu olduğu, topraklarda bakırla (Cu) ilgili olarak bir eksiklik sorununun olmadığı belirlenmiştir. Aynı çalışmada, Edirne'den alınan 7 toprak örneğinin, Fe bakımından örneklerin tamamı 4,5 ppm' den fazla (7,18-23,56) yeterli, Cu; tamamı 0,2 ppm'den fazla (1,32-2,49) yeterli, Zn'da %14,29'u 0,5 ppm'den az yetersiz, Mn bakımından ise, tamamı 1,0 ve 5,0 ppm'den fazla ve yeterli bulunmuştur (Eyüpoğlu ve ark., 1998).

Diğer bir çalışmada Meriç havzası Vertisol ve Kireçsiz Kahverengi topraklarında, 0-20, 20-40, 40-60 ve 60-80 cm derinliklerden alınan toprak örneklerinde bünye, organik madde, kireç, ve DTPA+NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> ve HCl+H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn miktarını belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, derinlikle beraber kil miktarı artmış, organik madde miktarı azalmış, pH'da belirgin bir değişiklik olmamış, bazı topraklarda ise kireç içeriği artmıştır (Elinç, 1997).

Marmara Bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamının belirlenmesi ve veri tabanının oluşturulması hedeflenen diğer bir çalışmada, DTPA yöntemine göre mikrobeyin elementlerinden Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları belirlenmiştir. Marmara Bölgesi topraklarının, Fe içeriği %86,7 yeterli, Cu içeriği % 99,4 yeterli, Zn içeriği %54,4'ü az ve çok az ve Mn bakımından ise, % 60,1'i az ve çok az, % 39,9'u ise yeterli bulunmuştur (Taşova ve Akın, 2013).

Türkiye topraklarının bor statüsünün belirlenmesi ve haritalanması konusunda, 81 ilden 0-30 ve 30-60 cm derinlikten, 7758 adet toprak örneği alınmış ve alınabilir bor düzeyi belirlenmiştir. "Türkiye Bor Dağılım Haritası"nın oluşturulduğu çalışmada, bor düzeyi, ülke topraklarının alan olarak %46,2'si çok az ve yetersiz, %31,1'inde yeterli, %19,4'ünde fazla ve %3,3'ünde toksik seviyede olduğu tespit edilmiştir. Bor kapsamı,

0-0,5 ppm arasında değişen ve çok az olan bölgelerde Trakya Bölgesi olmak üzere Tekirdağ ve Kırklareli'nde bulunduğunu belirtilmektedir (Güçdemir ve ark. 2013).

Trakya Topraklarının bitkiye yarayışlı bor durumu ve bu bölgede yetiştirilen buğday ve ayçiçeğinin bor beslenme durumunun değerlendirildiği bir çalışmada, Yörede yaygın olarak bulunan büyük toprak gruplarından 41 noktadan alınan toprak, buğday ve ayçiçeği bitkilerinin bor içeriği belirlenmiştir. Bitişik buğday ve ayçiçeği tarlalarından alınan örneklerin analiz sonuçlarına göre; toprak örneklerinin %60'ı, buğday örneklerinin % 100'ü ve ayçiçeği örneklerinin % 82'si bor bakımından noksan bulunmuştur. (Gürbüz, 2009). Trakya Yöresinden ayçiçeği ekilen alanlarından alınan 409 adet toprak örneğinin alınabilir bor durumunun değerlendirildiği diğer bir çalışmada, Edirne'nin %23'ü, Kırklarelinin %22'si, Tekirdağın %7'si İstanbul'un Trakya kesiminde kalan kısmının %5 ve Çanakkale'nin Trakya'da kalan kısmının %8'inde toprakların alınabilir bor miktarı 0,5 ppm'in altında bulunmuştur. Trakya yöresinin ayçiçeği ekim alanlarının %16'sı bor bakımından oldukça fakir olarak belirlenmiştir (Kurşun ve ark. 2016).

Trakya Yöresinde buğday bitkisinin beslenme durumunun toprak ve bitkide bulunan besin elementleri bakımından değerlendirilmesi amacıyla yapılan bir çalışmada, büyük toprak grupları bazında 41 noktadan alınan toprak ve buğday yaprak örneklerinde makro ve mikro besin elementlerinin (Fe, Cu, Zn, Mn, B) düzeyi belirlenmiştir. Toprak örneklerinde, mikro besin elementlerinde genel yeterlilik oranı Fe, Mn ve Cu % 100, Zn %12.19 ve B %56.09 bulunmuştur. Buğday bitkisinde ise; yeterlilik oranı Fe ve Cu %100, Mn, %34,14 Zn ve B ise %0,00 olarak belirlenmiştir (Gürbüz ve Kardeş, 2014).

Yörede yoğun olarak tarımı yapılan çeltik bitkisinin çinko ihtiyacının karşılanması için DTPA ile ekstrakte edilebiri çinko miktarının 0,56 mg kg-1' dan az olan topraklarda yapılan çeltik yetiştiriciliğinde 1,5 kg da-1 Zn uygulamasının her yıl yapılmasını önermiştir. Bu uygulamanın olgunlaşma gün sayısı, başakçık sterilitesi, salkımda dolu tane sayısı, bitki ve salkım boyunda azalma; m2 de salkım sayısı, kırksız pirinç randımanı, bitki ve danedeki Zn kapsamında artışlar elde edilmiştir. Zn uygulamasının özellikle ürünün olgunlaşma döneminde, homojen bir olgunlaşma sağladığını tespit edilmiştir (Yakan ve ark., 2000).

Bu çalışma, Edirne ili tarım topraklarından grid sistemine göre alınan toprakların tarımsal açıdan pH, mikrobeyin elementi içeriklerinin belirlenmesi, GBS teknikleri ile haritalanması, eksik ve aşırı miktarlarının oluşturabileceği problemlerin giderilmesi için ilgili kişilerin dikkatine sunulması amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Toprak Bu çalışmada, Edirne ili tarım arazilerinin toprak reaksiyonu ve mikro besin elementi (demir, bakır, çinko, mangan ve bor) durumu belirlenmiştir. Toprak analizleri 3 tekrarlamalı olarak yapılmış ve ortalamalar alınmıştır. Bu amaçla, 2014-2015-2016 yıllarında, tarım alanlarından, 0-20 cm yüzeyden 2.5 km x 2.5 km grid sistemine göre toprak örnekleme ilkbahar ve sonbahar aylarında yapılmış ve 712 adet örnek alınmıştır.

### Analiz yöntemleri

Toprak reaksiyonu (pH) suyla doygun toprakta pH metre ile (Richards, 1954) ölçülmüştür. Yarayışlı demir (Fe), bakır (Cu) çinko (Zn) ve mangan (Mn), DTPA ile ekstrakte edilerek radyal plazma İCP-OES (Spectro Arcos SOP) cihazında belirlenmiştir (Lindsay ve Norvel, 1978). Yarayışlı bor, sıcak suda çözünebilir bor ekstrakte edildikten sonra radyal plazma ICP-OES'de cihazında tayin edilmiştir (Wolf,1971). Elde edilen mikro besin elementi analiz sonuçları göre, Edirne ilinin tarım topraklarının mikro besin elementi maksimum, minimum ve ortalama değerleri verilmiş, referans kaynaklarında verilen yeterlilik sınırlarına göre % olarak sınıflandırılmıştır.

T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) bünyesinde yürütülmüş olan bu çalışma da, Edirne ilinin koordinatlı olarak alınan toprak örneklerine ait toprak analiz sonuçlarını içeren veriler ayrı ayrı ele alınarak, CBS' nin analiz fonksiyonlarından yararlanılarak değerlendirilmiştir (Gürbüz ve ark., 2018).

Noktasal özellikte olan toprak analiz sonuçları, ölçülmüş değerlerden yola çıkarak ölçülmemiş noktaların tahmin edilmesi için kullanılan "Invers Distance Weighting" (IDV) doğrusal olmayan enterpolasyon teknikleri kullanılarak haritalandırılmıştır. Enterpolasyon işlemi sonrasında çalışmada ele alınan her bir toprak özelliğine ait, il bazında ayrı ayrı veri katmanları üretilmiştir. Üretilen bu veri katmanları, ikinci aşamada belirtilmiş olan ve her bir toprak özelliğine ait sınıf değerleri kullanılarak sınıflandırılmıştır.

Koordinatlı olarak alınan toprak örneklerine ilişkin parametrele ait haritaların çiziminde ArcMap10.4 coğrafi bilgi sistemleri paket programı kullanılmıştır.

Bu projede haritalanması hedeflenen alanlar tarım arazileri olduğu için, haritalardaki lejant bölümünde orman arazileri ve tarım dışı, (yerleşim yeri, akarsu ve gölet, baraj yüzeyleri, sanayi bölgeleri) alanlar ayrı birimler halinde gösterilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Topraklara artan Edirne'nin tarım arazilerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen pH ve mikrobesein elementlerinden Fe, Cu, Zn, Mn ve B'a ait tanımlayıcı istatistik veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde pH; 4,16-8,06 arasındadır. Fe içeriğinin 0,21-234,45 mg kg<sup>-1</sup>, Cu içeriğinin 0,20-15,39 mg kg<sup>-1</sup>, Zn içeriğinin 0,07-10,67 mg kg<sup>-1</sup>, Mn içeriğinin 0,73-303,44 mg kg<sup>-1</sup> ve B içeriğinin 0,05-26,32 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği görülmektedir. Yöre topraklarının 1/3'den fazlasının asit reaksiyonlu olması nedeniyle, Fe ve Mn'da yüksek değerlere rastlanmaktadır. Toprak asitliği ve bazı kısımlarda kireç nedeniyle Edirne topraklarının B ve Zn bakımından oldukça fakir olduğu söylenebilir (Moreno-Lora ve Delgado, 2020; Moraghan ve Mascangi, 1991).

Çizelge 1 Edirne ili tarım topraklarının pH ve mikroelementlere ait tanımlayıcı istatistik verileri.

Parametre	pH	Fe, mg kg <sup>-1</sup>	Cu, mg kg <sup>-1</sup>	Zn, mg kg <sup>-1</sup>	Mn, mg kg <sup>-1</sup>	B, mg kg <sup>-1</sup>
Adet	7,12	712	712	712	712	712
Maksimum	8,06	234,45	15,39	10,67	303,44	26,32
Minimum	4,16	0,21	0,20	0,07	0,73	0,05
Ortalama	6,62	28,38	1,64	0,87	32,93	0,67

Edirne tarım arazilerinden alınan örneklerin toprak reaksiyonu Çizelge 2, Fe dağılımı Çizelge 3, Cu dağılımı Çizelge 4, Zn dağılımı Çizelge 5, Mn dağılımı Çizelge 6 ve B dağılımı Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge 2'deki Edirne topraklarının, toprak reaksiyonu verilerini değerlendirdiğimizde, %14'unun kuvvetli asit, % 16'sının orta asit ve % 9 kadarının hafif asit reaksiyonda eklendiğinde asit toprakların oranı, toplam %39'a ulaşmaktadır (Şekil 1). Önceki yıllarda yapılan çalışmalarda, asit reaksiyonlu toprakların Edirne tarım arazilerindeki oranı % 33,7'iken, yaklaşık 30 yıl sonra %39'a çıkmasının en baştaki nedeninin asit reaksiyonlu azotlu gübre kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir (Anonim, 1984). Çünkü özellikle üre ve amonyumlu gübreler nitrifiye olduklarında, hidrojen açığa çıkmaktadır. Şayet toprak reaksiyonu nötr ve hafif asit reaksiyonlu ise, her yıl özellikle bol miktarda üre ve amonyum sülfat kullanımı ve kireçleme yapılmadığı zaman toprak asitleşecektir.

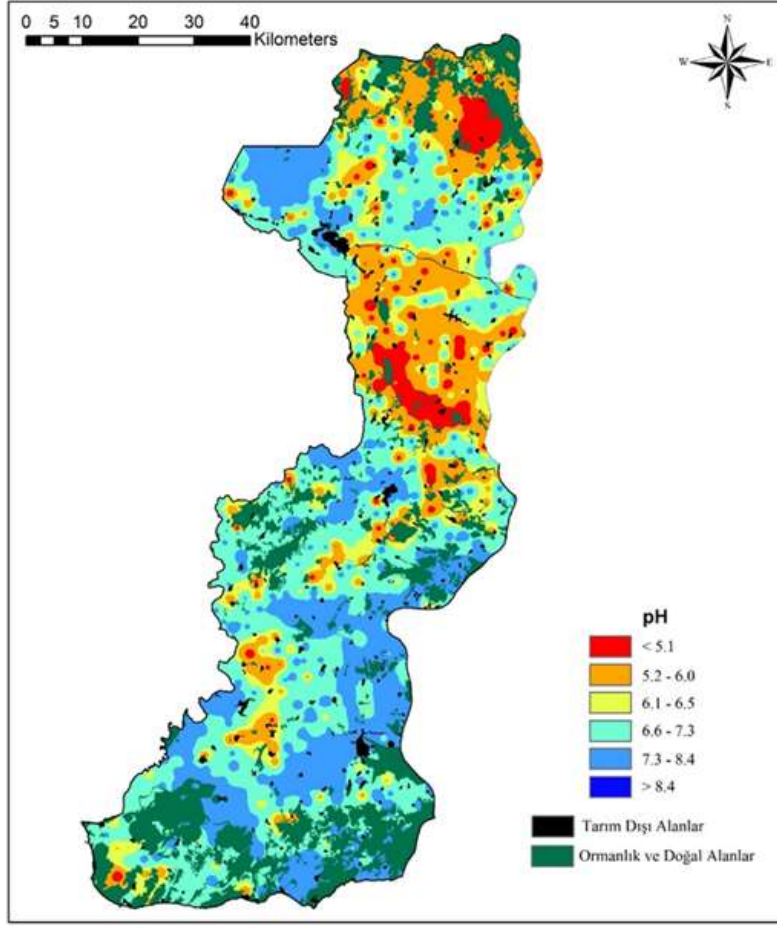
Çizelge 2 Edirne İli Topraklarının Reaksiyon Sınıflarına Göre Dağılımı

pH Değeri	Sınıfı	Toprak Sayısı	Dağılımı (%)
<5,1	Kuvvetli asit	101	14
5,2-6,0	Orta asit	116	16
6,1-6,5	Hafif asit	63	9
6,6-7,3	Nötr	129	18
7,4-8,4	Orta alkali	303	43
>8,4	Kuvvetli alkali	0	0

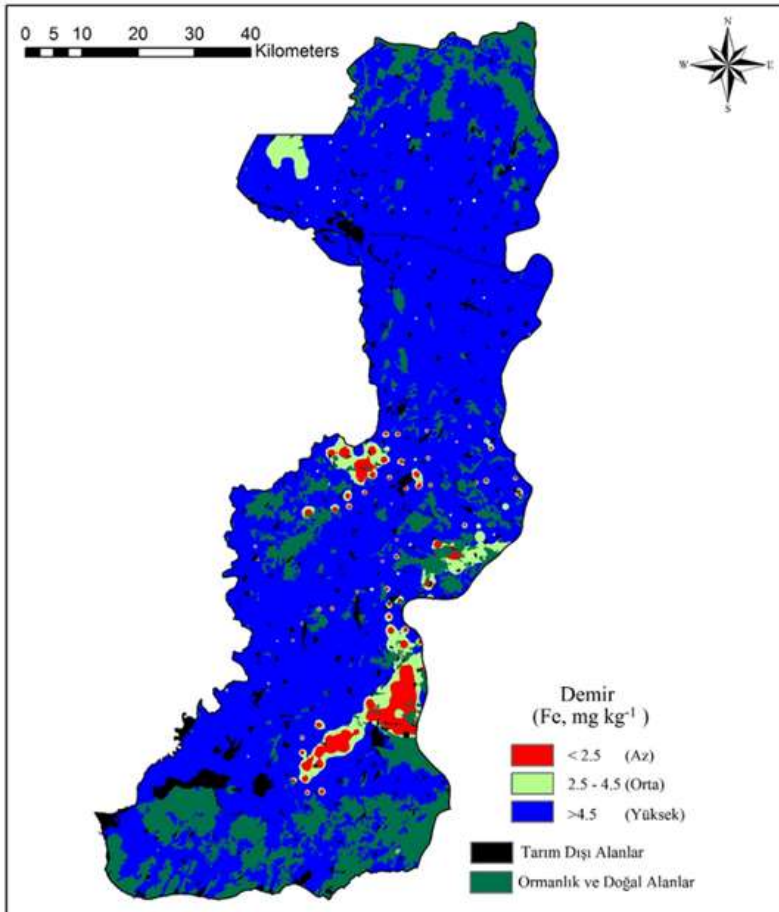
Çizelge 3'deki Edirne ilinin topraktaki bitkiye yararlı demir miktarı incelendiğinde, % 13 kadarının az, % 9 orta ve %78'inin ise yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 2). Bu sonuçlar, Eyüboğlu (1998), Taşova ve Akın (2013), Kurşun ve Kardeş (2014) tarafından elde edilen sonuçlarla uyumlu görülmektedir. Edirne topraklarında bazı bölgelerde alınabilir demirin az olmasının nedeni, erozyonla alttaki kireçli ana materyalin yüzeye çıkması ve toprakların bir kısmının bu kireçli ana materyal (marn=kil+kireç)'den oluşmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 3 Edirne ili topraklarının ekstrakte edilebilir demir dağılımı, (mg kg<sup>-1</sup>)

Fe miktarı	Sınıfı	Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
<2,5	Az	89	13
2,5 -4,5	Orta	65	9
>4,5	Yüksek	558	78



Şekil 1. Edirne topraklarının toprak reaksiyonu (pH) haritası

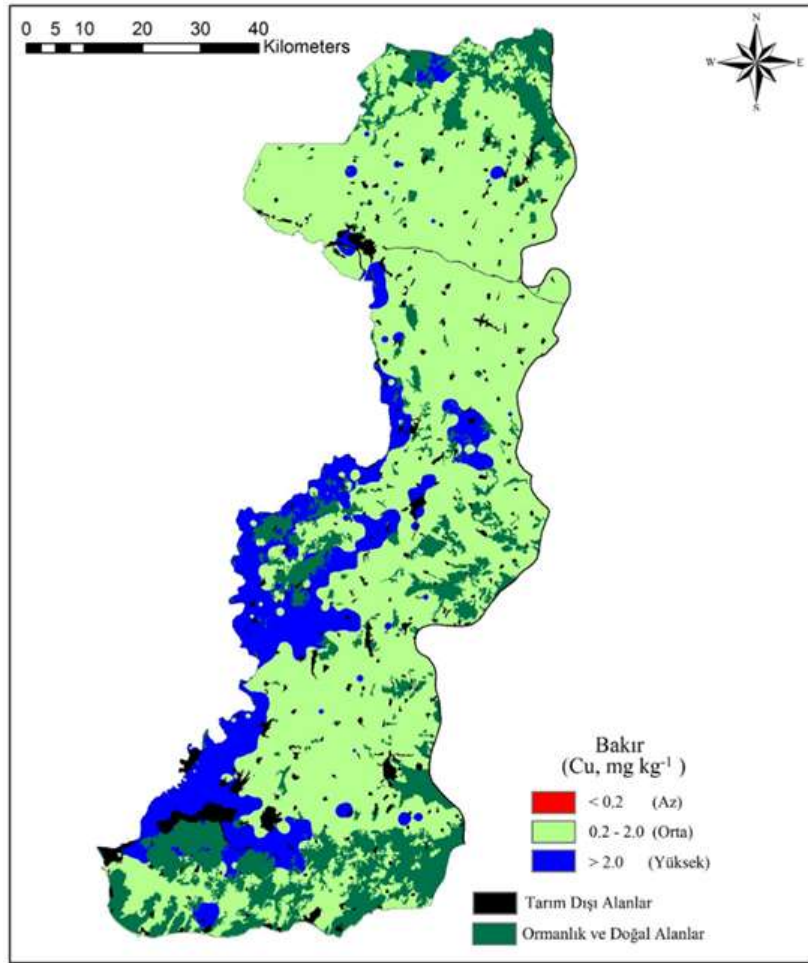


Şekil 2. Edirne topraklarının ekstrakte edilebilir demir haritası

Çizelge 4'deki Edirne ilinin topraktaki bitkiye yararışlı bakır miktarı incelendiğinde % 82 orta ve %18'inin ise yüksek olduğu görülmektedir. Bitkilerin bakır ihtiyacının çok az olduğu bilindiğine göre, bakır beslemesi açısından bir eksiklik beklenmemektedir. Ancak özellikle çeltik tarımının yapıldığı Edirne de, çeltik alanlarında bakır içeriği bakımından yüksek değerler elde edilmiştir. Bunun nedeninin yapılan araştırmalarda çeltik tarımında tavalarda yosunlaşmayı engellemek hemen hemen her yıl kullanı kullanılan bordo bulamacının yapısında önemli miktarda Cu bulunmasıdır. Şekil 3'deki Edirne ili bakır dağılımını gösterir harit da 2 ppm'den fazla bakır içeren alanların büyük bir bölümünün çeltik tarımının yapıldığı Meriç ve Ergene Nehri Boyunca dağıldığı görülmektedir. Bakır kullanımının sınırlandırılması için üreticiyi alternatif ve mümkünse kültürel uygulamalara yönlendirmek faydalı olacaktır.

Çizelge 4 Edirne ili topraklarının ekstrakte edilebilir bakır dağılımı, ( $\text{mg kg}^{-1}$ )

Cu miktarı	Sınıfı	Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
<0,2	Az	1	0
0,2-2	Orta	581	82
>2	Yüksek	130	18

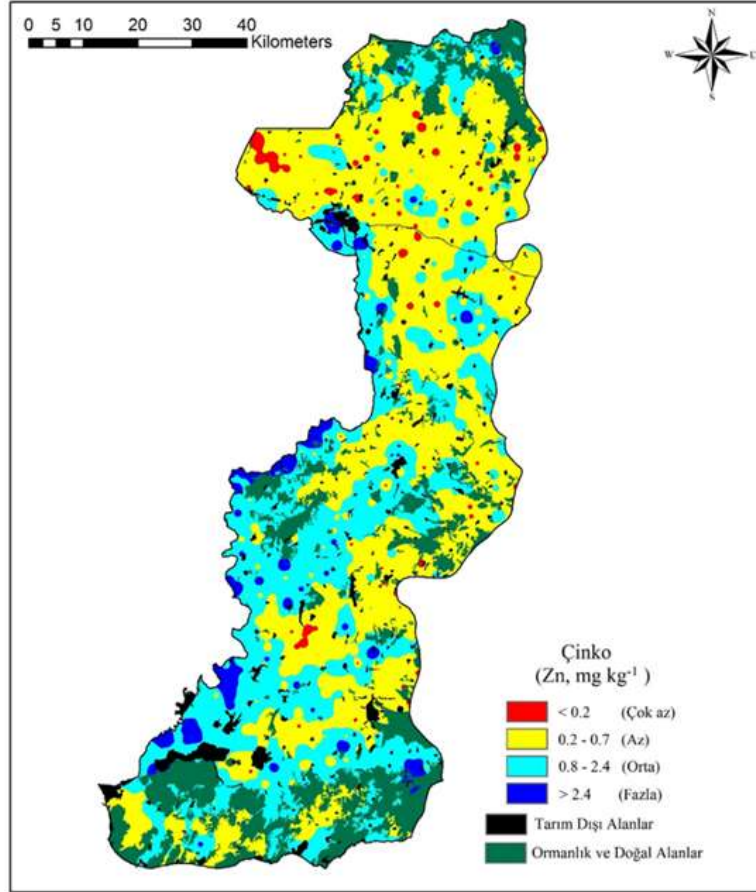


Şekil 3. Edirne topraklarının ekstrakte edilebilir bakır haritası

Çizelge 5'deki Edirne ilinin topraktaki bitkiye yararışlı çinko miktarı incelendiğinde, % 13 kadarının çok az, % 51 az, % 30 orta ve %6'sının ise fazla olduğu görülmektedir (Şekil 4). Az ve çok az Zn oranlarını birleştirildiğinde, %64 gibi önemli bir orana ulaşılmaktadır. Edirne topraklarının Zn bakımından düşük olmasının nedenleri olarak; kadimden beri monokültür tarımla sömürme, erozyon, organik gübrelerin çok az kullanımı, asit reaksiyon, kireçli toprak, çinkolu gübrelerin yetersiz kullanımı sayılabilir. Bu yüzden kompoze gübrelere son yıllarda çinko ilavesi ve bu gübrelerin kullanımı yörede yaygın hale gelmektedir. Çinkonun çeltik tarımında eksikliği yaklaşık 25 yıl önce belirlenmiş ve çeltik bitkisinde çinko gübrelemesinin etkileri araştırılmıştır (Yakan ve ark., 2000). Edirne topraklarının %6 kadar bir alanda Zn fazlalığının görülmesi, çeltik üreticisinin kullandığı çinko sülfat kaynaklı gübreleri bir miktar fazla kullanmasından kaynaklanmaktadır. Bu konuda Zn fazlasının ekosistem bakımından toksik olabileceği üreticilere hatırlatılmalı ve toprak analizi yapılarak çinko eksikliği belirlenen yerlerde çinkolu gübreler kullanılmalıdır.

Çizelge 5 Edirne ili topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir çinko dağılımı, (mg kg<sup>-1</sup>)

Zn miktarı	Sınıfı	Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
<0,2	Çok Az	92	13
0,2-0,7	Az	360	51
0,7- 2,4	Orta	215	30
>2,4	Fazla	45	6



Şekil 4. Edirne topraklarının ekstrakte edilebilir çinko haritası

Çizelge 6'deki Edirne ilinin topraktaki bitkiye yararlı mangan miktarı incelendiğinde, çok az ve az sınıfında Mn'a rastlanmazken % 24 yeterli ve % 86 ise yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 5). Yararlı Mn, Fe gibi asit reaksiyonlu ortamlarda çözünürlüğü artan, kireçli ortamlarda azalan bir besin elementidir. Çeltik tarımı gibi redüksiyon koşulları da Mn elverişliliğini artıran koşullardır.

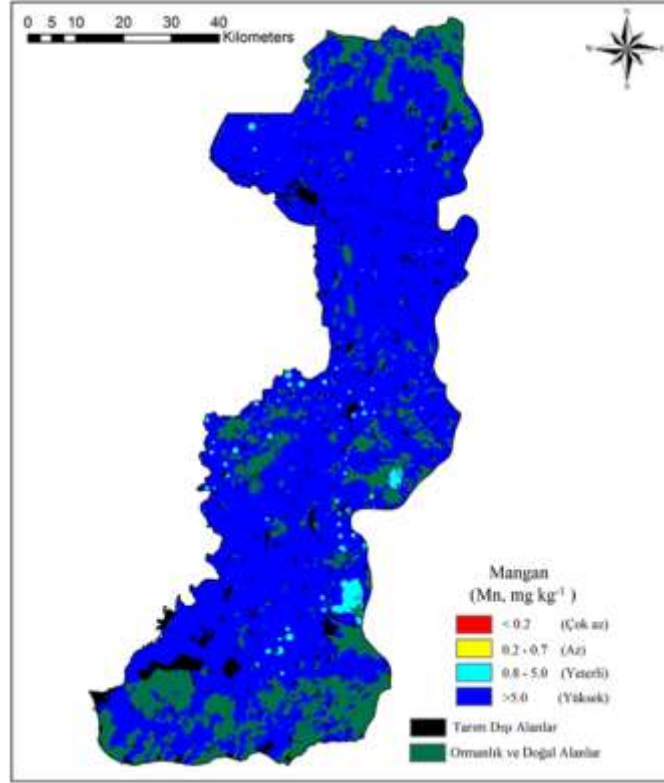
Çizelge 6 Edirne ili topraklarının DTPA ile ekstrakte edilebilir mangan dağılımı, (mg kg<sup>-1</sup>)

Mn miktarı	Sınıfı	Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
<0,2	Çok Az	0	0
0,2-0,7	Az	0	0
0,7- 5,0	Yeterli	97	14
>5,0	Yüksek	615	86

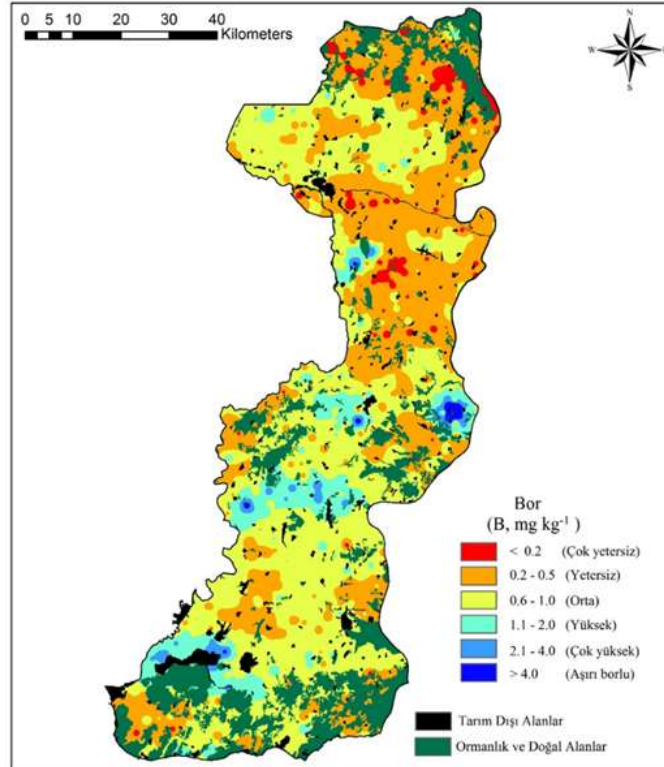
Çizelge 7'deki Edirne ilinin topraktaki bitkiye yararlı bor miktarı incelendiğinde, % 10 kadarının çok yetersiz, % 40'ı yetersiz, %37'si orta ve %13 kadarı ise yüksek ve çok yüksek olduğu görülmektedir (Şekil 6). Edirne'da aşırı borlu topraklara çok az (%1) rastlanmıştır. Bor'un Edirne topraklarının yaklaşık yarısında (%50) yetersiz ve çok yetersiz oluşuna, asit ve kireçli topraklar ve tek yönlü uzun süreli sömürme ve çeltik tarım alanlarında buna ilave yıkanma neden olabilir. Yörede ayçiçeğinin bor gübrelemesi çalışmalarından olumlu sonuçlar alınmıştır (Kurşun ve ark. 2016). Bor mikrobeyin elementinin de çinko gibi kompozit gübrelere eklenmesine yönelik çalışmalar bu eksikliğin giderilmesi bakımından yararlı olabilir. Bu konuda gübre firmalarının ürün bazlı gübre üretimi (ayçiçeği gübresi, şeker pancarı gübresi, v.b.) bir çıkış yolu olarak görülmektedir.

Çizelge 7 Edirne ili topraklarının sıcak su ile ekstrakte edilebilir bor dağılımı, (mg kg<sup>-1</sup>)

B miktarı	Sınıfı	Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
<0,2	Çok yetersiz	71	10
0,2-0,5	Yetersiz	282	40
0,5-1	Orta	265	37
1-2	Yüksek	75	11
2-4	Çok yüksek	13	2
4-8	Aşırı Borlu	6	1



Şekil 5 Edirne topraklarının ekstrakte edilebilir mangan haritası



Şekil 6 Edirne topraklarının ekstrakte edilebilir bor haritası



## Sonuç

Edirne ilimizin tarım topraklarının toprak reaksiyonu ve mikro besin elementi içerikleri incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara varılabilir.

1. İlimiz topraklarının 1/3'den fazlasının asit reaksiyona sahip olduğu, topraktaki asitlik oranının önceki verilere göre giderek arttığı, bunun nedeninin toprakta asidik etki bırakan azotlu gübre kullanımından kaynaklandığı düşünülmektedir. Tarım ürünlerinin çoğu için olumsuz toprak koşullarına neden olan toprak asitliğinin giderilmesi için gerekli tarımsal uygulamaların (kireçleme) yapılması ve asit koşullara uygun ürünlerin münavebeye (yulaf, patates, yaban mersini, çilek v.b) alınması üretimi artırmak bakımından yararlı olacaktır.

2. Edirne tarım alanlarından alınan toprak örneklerinde toprak asitliğine bağlı olarak alınabilir Fe ve Mn konsantrasyonlarında yüksek değerlere rastlanabilmektedir. Şayet toprak asitliği artmaya devam ederse, bu elementlerin ve alüminyumun bitki beslenmesi ve çeşitliliğine olumsuz etkiler yapabileceği beklenmektedir.

3. Edirne ilimizde DTPA ile ekstrakte edilebilir bakır konsantrasyonu özellikle çeltik tarımı yapılan alanlarda yüksek bulunmuştur. Bu fazla Cu'nun ekosistem üzerinde oluşturabileceği olumsuz etkiler nedeniyle, azaltılması ve alternatif ürünlerin kullanımının araştırılması gerekmektedir. Yüksek miktardaki Cu, yaprak dokularındaki bazı enzimlerin (peroksidaz, katalaz gibi) fonksiyonunu arttırarak bitkide oksidatif strese neden olduğu belirlenmiştir (Kabata-Pendias, 2011). Artan düzeylerde yapılan Cu uygulamasının toprak pH'sını, değişebilir Mg ve bitkiye yarayışlı Fe içeriklerini düşürdüğü; toprak örneklerinin toplam N, alınabilir P, değişebilir K, bitkiye yarayışlı Zn ve Cu içeriklerini artırdığı belirlenmiştir. Topraklara artan bakır uygulaması, değişebilir Ca ve bitkiye yarayışlı Mn içerikleri üzerinede bir etkisi olmamış, fazla bakırın, özellikle yüksek Fe içeren topraktaki bitkiye yarayışlı demir miktarını çok belirgin bir şekilde azaltması en dikkat çekici sonuç olarak göze çarpmıştır. Bu durum düşük demir içeriğine sahip topraklarda demir noksanlıklarına yolaçabilir (Sönmez ve ark., 2006).

4. Bitki tarafından alınabilir bakır ve mangan bakımından önemli bir eksiklik görülmemektedir. Ancak, demir bakımından il topraklarının % 13'ünün yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, toprak analizi ile demir noksanlığı belirlenen alanlara bu noksanlığı giderecek topraktan ve yapraktan gerekli gübreleme uygulamaları yapılmalıdır. Hatta bu alanda, toprak veya yaprak uygulamalarının Yörenin ana münavebe ürünleri olan buğday-ayçiçeği gelişmesine ve verimine etkileri üzerinde araştırmalar yapılabilir.

5. Edirne topraklarında, bor durumu pek çok çalışmada incelenmiş ve ayçiçeği ürün verimi üzerine araştırma yürütülmüştür. Bu çalışmanın verilerine göre, il topraklarının %50'si alınabilir B bakımından yetersiz çıkmıştır. Bu durumda, yöredeki toprak analiz setlerinde bor elementine mutlaka yer verilmesi, ayçiçeğinde yapılan araştırma çalışmalarının yörede yaygın olarak tarımı yapılan diğer bitkilerde (çeltik, buğday, mısır, bağ, ceviz) de yapılmasında yarar vardır. Az da olsa toksiklik düzeyinde rastlanan bor içeren alanlarda bora dayanıklı (şeker pancarı) ve bor elementini seven (yonca) ürünlerin yetiştirilmesi yapılabilir.

6. Edirne ili tarım topraklarının, çinko miktarının yaklaşık 2/3 oranının az ve çok az sınıfında (%64) yer almıştır. Bunun, şüphesiz pek çok nedeni vardır. Ancak tarımsal üretim üzerine olabilecek etkilerini en aza indirmek için, gerekli araştırma, analiz ve gübreleme çalışmalarının yapılması şarttır. Yaygın olarak kullanılan makro besin elementi gübrelere çinko katılarak bir alternatif piyasada oluşmuştur. Ancak, toprakların büyük bir kısmında çinkonun yetersiz olarak tespiti, bu uygulamanın da topraktaki fiksasyonu ve bitkinin ihtiyacının karşılayıp karşılamadığının değerlendirilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bilindiği gibi, yörenin ana münavebe bitkilerinden buğday ve mısır çinko besin elementine karşı hassas bitkilerdir. Bu durum da göz önünde bulundurularak, çinkonun yöredeki toprak analiz setlerinde mutlaka yer alması sağlanmalı, en azından bu bitkilerde topraktan ve yapraktan yapılan Zn gübreleme uygulamalarının etkinliğini değerlendirecek araştırmalar yürütülmelidir.

Sonuç olarak, Trakya Yöresinin toprak analiz laboratuvar altyapısının gelişmiş olması nedeniyle makro ve mikro besin elementi eksiklikleri büyük oranda tespit edilebilmekte ve gübreleme önerilerinde bulunulabilmektedir. Ancak özellikle toprakta alınabilir B analizleri, Bakanlık tarafından yöre için toprak analiz setine eklenerek bu analizin zorunlu hale getirmesi ile bor gübrelemesi daha da yaygınlaştırılabilir.

## Teşekkür

Bu çalışma, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) tarafından desteklenen Ülkesel Toprak Veritabanı Projesinin alt projesi olarak yürütülen “Trakya Yöresi Tarım Topraklarının Bitki Besin Maddesi ve Potansiyel Toksik Element Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması” projesinden elde edilen verilerle hazırlanmıştır.

## Kaynaklar

- Anonim 1984. Edirne ili verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu. Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları. TOVEP Yayın No:14, Genel Yayın No:742, Ankara.
- Elinç F, 1997. Meriç havzası vertisol ve kireçsiz kahverengi topraklarda yayışlı Zn, Fe, Mn, Cu ve B düzeyleri. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu Bildiriler Kitabı s, 119-126, 20-22 Ekim 1997. Tekirdağ.
- Eyüboğlu F, Kurucu N, Talaz S, 1998. Türkiye topraklarının bitkiye yayışlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu, KHGM. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları.
- Güçdemir İH, Arcak Ç, Sönmez B, Akgül S, Usul M, Karabulut A, Keçeci M, 2013. Türkiye topraklarının bor statüsünün belirlenmesi ve haritalanması. 6. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongre kitabı S, 198-202.
- Gürbüz MA, 2009. Trakya topraklarının bitkiye yayışlı bor durumu ve bu bölgede yetiştirilen buğday ve ayçiçeğinin bor beslenme durumunun incelenmesi. 4. Uluslararası Bor Sempozyumu, 15-17 Ekim 2009.Eskişehir.
- Gürbüz MA, Kardeş TA, 2014. Determination of the nutritional status of wheat plant by plant and soil analysis in thrace region. Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences. Special Issue: 1, 2014. ISSN: 2148-3647.
- Gürbüz MA, Kayalı E, Bahar E, Öz TA, 2018. Trakya yöresi tarım topraklarının bitki besin maddesi ve potansiyel toksik element kapsamlarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. Proje Sonuç Raporu, Proje No: TAGEM/TSKAD/13/A/A13/P07/01-06, Yayın No: TAGEM 2018-1, Kırklareli.
- Hosseini, SM, Maftoun, M, Karimian, N, Ronaghi, A, & Emam, Y, 2007. Effect of zinc× boron interaction on plant growth and tissue nutrient concentration of corn. Journal of plant nutrition, 30(5), 773-781.
- Kabata-Pendias A, 2011. Trace elements in soils and plants, 4th ed. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Kacar B, 2009. Toprak Analizleri (2. Baskı), Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kurşun İ, Gürbüz MA, Günay E, Kaya Y, Evci G, Süzer S, Pekcan V, 2016. Bor gübrelemesinin trakya yöresinde ayçiçeği verimi üzerine etkisi. Bor Dergisi Cilt 1,Sayı 2, S:74-85.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil. Sci. Soc. Am. J. 42, 421-428.
- MGM, 2022. Available from URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=EDIRNE>
- Moraghan, JT, and HJ. Mascangi, 1991. Environmental and soil factors affecting micronutrient deficiency and toxicities. In Micronutrients in agriculture 2nd ed., eds. J. J. Mortvedt, F. R. Cox, L. M. Shuman, and R. M. Welch, 371-411. Madison, WI: SSSA.
- Moreno-Lora, A, & Delgado, A, 2020. Factors determining Zn availability and uptake by plants in soils developed under Mediterranean climate. Geoderma, 376, 114509.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook, 60, 94.
- Sönmez, S, Kaplan, M, Sönmez, NK, & Kaya, H, 2006. Topraktan yapılan bakır uygulamalarının toprak ph'sı ve bitki besin maddesi içerikleri üzerine etkisi. Akdeniz University Journal Of The Faculty Of Agriculture, 19(1), 151-158.
- Taşova H, Akın A, 2013. Marmara bölgesi topraklarının bitki besin maddesi kapsamlarının belirlenmesi, veri tabanının oluşturulması ve haritalanması. Toprak Su Dergisi, 2(2), 83-95..
- TUİK, 2022. Available from URL: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?locale=tr>
- Wolf B, 1971. The determination of boron soil extracts, plant materials, composts, manuresi water and nutrient solutions. Soil Sci. and Plant Anal. 2 (5): 363-374.
- Yakan H, Gurbuz, MA, Avar F, Rurek H, Beer N, 2000. The effect of zinc application on rice yield and some agronomic characters. Cahiers Options Mediterraneennes, 58, 1-5.



## Farklı materyallerden elde edilen odun sirkesinin mısır bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi

Fadime SARITAŞ\*<sup>1</sup>, Ayten NAMLI<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Tarım ve Orman Bakanlığı, Ankara İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Ankara

<sup>2</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

### Öz

Bu çalışmada, fındık kabuğu ve tavuk altlığından elde edilen odun sirkelerinin farklı uygulamalar ile mısır bitkisi verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini saptamak amaçlanmıştır. Uygulama, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 60 parsel 10 uygulama konulu, 3 tekerrürlü olarak Ankara ili Sincan İlçesi Yenikent mevkiinde bir yıllık tarla denemesi olarak yürütülmüştür. Odun sirkesi ile kaplanmış tohum, yapraktan odun sirkesi uygulama, toprağa %1 ve toprağa %0.5 dozlarında uygulama ve kontrol grubu olarak uygulamalar her iki odun sirkesi için yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yapılan istatistik analizlerde, odun sirkesi uygulamaları bitki boyu ve bitki koçan uzunluğu üzerine önemli etkide bulunmamış, ancak bitki yaş ağırlığı, parselde yeşil bitki biyokütlesi, dekara yeşil bitki biyokütlesi, etüvde kuru madde oranı, dekara kuru madde biyokütlesi, koçan ağırlığı ve koça çapını önemli derecede artırmıştır. Odun sirkesinin verim ve verim parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi için farklı dozlarda ve farklı bitkilerde çalışmalar yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Odun sirkesi, fındık kabuğu, tavuk altlığı, verim, mısır.

### The effect of wood vinegar obtained from different materials on corn plant yield and yield components

#### Abstract

In this study, the effects of wood vinegar obtained from hazelnut shells and poultry litter on corn plant yield and yield components with different applications. The application was carried out as a one year field trial in Ankara Sincan Yenikent District, with 60 plots, 10 treatment subjects, and 3 replications, according to the Split Plots in Randomized Blocks Trial Design. Seeds coated with wood vinegar, foliar application of wood vinegar, application to the soil at doses of %1 and %0,5 to the soil, and applications as a control group were made for both wood vinegars. In the statistical analysis conducted according to the research results, wood vinegar applications did not have a significant effect on plant height and plant cob length, but plant fresh weight, green plant biomass in the plot, green plant biomass per decare, dry matter ratio in the incubator, dry matter biomass per decare, cob weight and cob weight. has increased its diameter significantly. Studies should be conducted at different doses and on different plants to determine the effects of wood vinegar on yield and yield parameters.

**Keywords:** Wood vinegar, poultry litter, hazelnut shells, corn, yield.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Odun sirkesinin geçmişi Asya ülkelerinde 1930'lu yıllara dayanıp, doğal ve ucuz bir tarım ürünü, büyümeyi teşvik eden gübre olarak kabul edilmektedir. Tarımdan, sağlığa, kozmetikten çeşitli endüstri dalları ile birçok alanda kullanımı olan odun sirkesine ulaşmak için odun kömürü üretimine gerek duyulmadığı, birçok bitkisel ya da hayvansal atığın değerlendirilebileceği belirtilmektedir (Burnette,2010).

Odun sirkesinin tarımda kullanılmasına yönelik ülkemizde yapılan ilk çalışma; Namli ve ark. (2014), tarafından Odun sirkesinin tarımda kullanım potansiyelinin araştırılması üzerine sera koşullarında

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 535 581 8828

E-posta : [fadimeozogul@gmail.com.tr](mailto:fadimeozogul@gmail.com.tr)

Makale Türü : ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 16 Ekim 2023 e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 18 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbdd.1376479

yapılmıştır. Bu çalışmada buğday bitkisi saksı denemesi kurularak odun sirkesinin farklı uygulama şekilleri ile toprak düzenleyici ve hastalık önleyici özellikleri ile tarımsal amaçlı kullanımı üzerine durulmuştur. Sera denemesinde yetiştirilen buğday bitkisinin yaş ve kuru ağırlıkları ile azot ve fosfor kapsamları, toprağın toplam azot,  $\text{NH}_4\text{-N}$  ve  $\text{NO}_3\text{-N}$  değerleri en düşük kontrolde, en yüksek ise odun sirkesi ile kaplanmış tohum+yapraktan uygulanan odun sirkesinde belirlenmiştir ( $p < 0.05$ ). Sera denemesinde tüm odun sirkesi uygulamaları toprakların pH, EC, OM, kireç, P ve K değerlerini kontrole göre değiştirmiş olmasına rağmen sadece fosfor kapsamı önemli derecede ( $p < 0.05$ ) artmıştır.

[Lei ve ark. \(2018\)](#), bitki büyümesi üzerine hızlandırıcı etkileri ile bilinen odun sirkesinin salatalık tohumları üzerinde tohum çimlenmesi ve fide büyümesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Sonuç olarak farklı oranlarda seyreltilmiş odun sirkesinin çimlenme üzerine etkisinin önemli olmadığını, ancak optimal seviyede eklenen odun sirkesinin kök uzunluğu ve kuru biyokütlede artışa sebep olduğunu belirtmişlerdir.

[Koç \(2017\)](#), Buğday agro ekosistemlerinde bazı pestisitler ve odun sirkesinin (broyler tavuk gübresinden elde edilen) karşılaştırmalı olarak etkilerini tespit etmek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Odun sirkesinin biyogübre yönüyle toprak iyileştirici olarak, faydalı olacağı düşünülmekte olup bu konularda çalışmaların yapılması önerilmektedir. [Mungkumchao ve ark. \(2013\)](#), domates bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine bitkisel ve hayvansal odun sirkesinin etkilerini tarla ve saksı denemesi olarak çalışmışlar. Her iki odun sirkesinin tek tek yada kombinasyon halinde kullanıldığında, toplam bitki kuru ağırlığı, meyve sayısı, meyve taze ağırlığında küçük artışlar olduğu, yapraktan uygulama yada toprağa uygulama halinde önemli bir değişiklik olmadığını saptamışlardır.

[Idowu ve ark. \(2023\)](#), bambu ağacı ve tavuk altlığından elde edilen iki farklı odun sirkesi ve biyokömür arasındaki etkileşimin domates bitkisi üzerindeki etkisini araştırmışlar. Bitkisel kaynaklı odun sirkesi ve biyokömürün birlikte kullanımı verim parametreleri üzerine olumlu olarak etkili olmuş ancak tavuk altlığından elde edilen odun sirkesi ve biyokömürün muhtemelen pH kaynaklı olarak, hayvansal biyokömür ile birlikte kullanımı domates bitkisi verim ve meyve şekerini sınırladığını vurgulamışlardır.

Mısır bitkisi birim alanda fazla kuru madde oluşturmakta ve topraktan fazla miktarda besin maddesi kaldırmaktadır. Bitkinin besin maddesi alımı, bitki besin maddelerinin topraktaki miktarı ve durumlarına, iklim ve toprak faktörlerine, yetiştirilen çeşide ve bitkinin gelişim dönemlerine bağlıdır. Çimlenme ve çıkışı izleyen ilk gelişme döneminde mısır bitkisinin yavaş olan besin maddesi alımı, sonraki dönemlerde hızlanmaktadır. Mısır bitkisinde yüksek verim ve kaliteli ürün elde etmek için iyi bir gübreleme yapılması gerekmektedir ([Öktem ve Çelik, 2017](#)).

Bu çalışma kapsamında bitkisel ve hayvansal kaynaklardan elde edilmiş iki farklı odun sirkesinin farklı doz ve uygulamalar ile bitki verim bileşenleri üzerine etkilerinin farklı olabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle farklı kaynaklardan elde edilen odun sirkesinin; uygulamalar ve materyaller olarak etkilerinin araştırılması, aynı kaynaktan elde edilen odun sirkesinin uygulamalar arasında verim üzerine farklı etkilerinin saptanması amaçlanmaktadır.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışma 2021 yılında, Sincan/Yenikent İlyakut Köyü Mevkinde bulunan deneme arazisinde yürütülmüştür.

### Odun Sirkesinin Temini ve Uygulamalar İçin Hazırlanması

Fındık kabuğu ve tavuk altlığından elde edilen odun sirkesinin (OS) temini ve GC-MS analiz değerleri biyokütle ve odun sirkesi temin eden bir firmadan elde edilmiştir. Fındık kabuğundan elde edilen odun sirkesinin içeriği pH 3.48, EC 1.11 ds/m, toplam azot %0.13, toplam organik madde % 0.97, toplam potasyum %0.02, toplam humik+fulvik asit %1.71 ve % 98.37 nemden oluşmaktadır. Tavuk altlığından elde edilen odun sirkesinin içeriği ise; pH 4.33, EC 1.05 ds/m, toplam azot %0.04, toplam organik madde % 0.83, toplam potasyum %0.02, toplam humik+fulvik asit %1.70 ve % 98.50 nemden oluşmaktadır.

Odun sirkesi tohumu uygulama parselleri için, mısır tohumları ilgili firmadan temin edilen konsantre odun sirkeleri ile (600 adet için 0.26 ml olacak şekilde) bandırma yoluyla ([Namlı ve ark., 2014](#)) kaplanmıştır.

### Mısır Tohumunun Temini ve Deneme Alanın Hazırlanması

Araştırmada materyal olarak Sakarya Mısır Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'ne ait Hacibey hibrit mısır çeşidi kullanılmıştır. Seçilen mısır çeşidi FAO 600 olum grubunda ana ürün koşullarına uygun, güçlü sap ve gövde

yapısına sahip olup, yaygın adaptasyon kabiliyetinin yanı sıra toprak seçiciliği yoktur ve verim potansiyeli yüksektir.

Çalışmanın deneme alanı 2021 yılında, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre 60 parsel 10 uygulama 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Öncelikle Kimyasal gübre uygulaması için deneme öncesi alınan toprak örneklerinde NPK analizleri yapılarak mısır için gerekli miktarı verecek şekilde eksik kalan gübre miktarları hesaplanarak ekim öncesi kontrol parseli hariç tüm parsellere uygulanmıştır. Çalışmada şu uygulamalar yapılmıştır.

### Uygulama şekli ve konuları

1. Kontrol
2. Kimyasal Gübre (Gübreli Kontrol)
3. ½ Kimyasal Gübre (½ Gübreli Kontrol)
4. ½ Kimyasal Gübre + Toprağa %0.5 Bitkisel OS /Hayvansal OS
5. ½ Kimyasal Gübre + Toprağa %1 Bitkisel OS /Hayvansal OS
6. ½ Kimyasal Gübre + Tohuma OS kaplama (600 adet tohum için 0.26 ml konsantre OS) (Her iki OS için)
7. ½ Kimyasal Gübre + Yaprağa OS uygulama (%0,5 oranında seyreltilmiş çözelti) (Her iki OS için)
8. ½ Kimyasal Gübre + Toprak %0.5 OS + Yaprağa OS uygulama (Her iki OS için)
9. ½ Kimyasal Gübre + Toprak %1 OS + Yaprağa OS uygulama (Her iki OS için)
10. ½ Kimyasal Gübre + OS uygulanmış Tohum + Yaprağa OS uygulama (Her iki OS için)

### Kültürel İşlemler

Erken ilkbahar döneminde deneme alanına pullukla derin sürüm yapılarak daha sonra diskaro ve tırmık kullanılarak keseksiz bir tohum yatağı oluşturulmuştur. Tohum yatağı sıcaklığı 10-12°C'ye ulaştığında ve toprak tavında olduğu zaman markör yardımı ile 70 cm sıra arası mesafeler açılarak, ekim derinliği 5-6 cm olacak şekilde ve 16 cm sıra üzeri mesafeye tohumlar elle ekilmiştir. Ekimden sonra tohumun toprakla temasını artırmak ve üniform bir çıkış sağlamak amacıyla ise silindir çekilmiştir. Her bir parsel 4 sıra ve her sırada 16 adet mısır bulunacak şekilde, parsel genişliği 2.8 m, parsel uzunluğu 3 m ve parsel alanı 8.4 m<sup>2</sup> olarak ayarlanmıştır. Her bir parsel arası 1.5 metre ve bloklar arası mesafe ise 2 metre olarak hesaplanmıştır. Hasatta ise 4 mısır sırasından kenarlarda kalan 1'er sıra ile parsel başlarından ve sonlarından 0.5 m'lik alan kenar tesiri olarak bırakılmıştır. Denemede damla sulama sistemi kullanılmıştır. Ekimden sonra, ikinci azotlu gübreleme ve boğaz doldurma işleminden sonra, tepe püskülü çıkarmadan hemen önce ve süt olum devresinde olmak üzere en az 4 (dört) sulama olarak yapılmıştır. Bitki çıkışından 10-15 gün (4-5 yapraklı dönem) sonra 16 cm'de bir bitki olacak şekilde tekleme ve yabancı otlar için ilk çapalama yapılmış, mısır bitkileri 40-50 cm (8-10 yapraklı dönem) olduğunda ise ara çapası ve boğaz doldurma işlemi yapılmıştır.

Deneme alanına; toprak analiz sonucuna göre 20 kg saf Azot ve 8 kg saf Fosfor olacak şekilde Azotlu gübrenin yarısı Üre şeklinde ve Fosforlu gübrenin tamamı Triple Süper Fosfat (TSP) şeklinde ekimle birlikte taban gübresi olarak verilmiştir. Kontrol parselleri hariç her bir deneme parselinin uygulama konusuna göre ihtiyacı olan saf azot ve saf fosfor ise analiz hesabı sonucuna göre uygulanmıştır. Yapraktan odun sirkesi uygulama parselleri için; %0.5 oranında seyreltilmiş odun sirkeleri ekimden 30-35 gün sonra iki hafta arayla 3 uygulama şeklinde yapılmıştır.

### Denemede Numunelerin Seçimi ve Toplanması

Her parselden kenar tesirleri atıldıktan sonra orta iki sıradaki bitkilere ait koçanların süt olum dönemlerini tamamlayıp sarı olum dönemine geçtiği ve üst kısımda hafif çöküntünün olduğu (danedeki süt çizgisi 2/3) dönemde bitkiler toprak seviyesinden 5 cm yükseklikten biçildikten sonra; bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, parselde yeşil bitki biyokütle ağırlığı, dekara yeşil bitki biyokütle ağırlığı, etüvde kuru madde oranı, dekara kuru madde biyokütlesi, bitki koçan ağırlığı, bitki koçan uzunluğu ve bitki koçan çapı özelliklerine ilişkin veriler saptanmıştır.

### İstatiksel Analizler

Araştırmadan elde edilen veriler, tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Araştırmaya ait veriler, Mstat-C bilgisayar programından yararlanılarak değerlendirilmiştir. İstatistiksel analiz sonucunda önemli farklılık ortaya çıktığı durumda, ortalamaların karşılaştırılması için %5 önemlilik düzeyinde DUNCAN testi uygulanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Fındık kabuğu ve tavuk altlığından elde edilen odun sirkelerinin, tohuma uygulama, yapraktan uygulama, topraktan %1 ve %0.5 oranlarında uygulama ve uygulama kombinasyonlarının mısır bitkisinde elde edilen bitki boyu, bitki yaş ağırlığı, parselde yeşil bitki biyokütlesi, dekara yeşil bitki biyokütle ağırlığı, etüvde kuru madde oranı, dekara kuru madde biyokütlesi, koçan ağırlığı, koçan uzunluğu ve koçan çapı değerleri varyans analizine tabi tutulmuş, bitki boyu ve bitki koçan uzunluğu dışındaki tüm değerler  $P < 0.05$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

### Odun sirkeleri ve uygulamaların bitki boyu ve bitki yaş ağırlığı üzerine etkisi

En uzun bitki boyu 284.2 cm ile toprağa % 0.5 (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en kısa bitki boyu ise 242.7 cm ile Kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 1). Uygulamalar arasındaki fark % 5 düzeyinde önemli bulunmamıştır. Bitki yaş ağırlığı değerlerine bakıldığında; en yüksek bitki yaş ağırlığı 2116.0 g ile Tohum+Yaprak (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük bitki yaş ağırlığı ise 1431.3 g ile ½ Gübreli kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir. Hibrit silajlık mısır bitkisi üzerine yapılan bazı çalışmalarda bitki boyu değerleri; [Sönmez ve ark. \(2013\)](#), 195-230 cm, [Erdal ve ark. \(2009\)](#), 241-303 cm, [Vartanlı ve Emeklier \(2007\)](#), 288.5-320.0 cm aralığında belirlenmiştir.

Çizelge 1. Odun sirkeleri ve uygulamalarının bitki boyu (cm) ve bitki yaş ağırlığı (g) ortalamaları

Uygulamalar	Bitki boyu (cm)	Standart sapma (±)	Bitki yaş ağırlığı (g)	Standart sapma (±)
Kontrol (Bitkisel)	242.7	11.4	1442.7 j	84.3
Gübreli kontrol (Bitkisel)	262.7	10.0	1660.0 gh	136.0
1/2 Gübreli Kontrol (Bitkisel)	260.7	10.5	1431.3 j	16.0
Toprağa %0.5 (Bitkisel)	257.6	11.9	1642.3 gh	20.2
Toprağa %1 (Bitkisel)	252.2	9.7	1631.7 h	16.0
Tohuma OS (Bitkisel)	255.5	11.7	1465.3 ij	60.2
Yaprağa OS (Bitkisel)	262.1	12.7	1810.0 d	42.0
Toprağa %0.5+Yaprak (Bitkisel)	249.5	12.8	1510.0 ij	42.0
Toprağa %1+Yaprak (Bitkisel)	269.1	12.3	1656.0 gh	76.0
Tohum+Yaprak (Bitkisel)	252.8	11.1	1618.0 h	2.0
Kontrol (Hayvansal)	255.2	12.5	1704.0 fg	28.0
Gübreli kontrol (Hayvansal)	269.7	13.8	1678.7 gh	406.0
1/2 Gübreli Kontrol (Hayvansal)	271.2	13.3	1671.3 gh	4.2
Toprağa %0.5 (Hayvansal)	284.2	10.7	1739.3 ef	34.4
Toprağa %1 (Hayvansal)	271.5	12.5	1754.0 def	74.0
Tohuma OS (Hayvansal)	282.1	14.4	1788.0 de	116.0
Yaprağa OS (Hayvansal)	266.1	11.1	1904.7 bc	67.4
Toprağa %0.5+Yaprak (Hayvansal)	274.4	12.6	1885.7 c	6.0
Toprağa %1+Yaprak (Hayvansal)	272.8	17.1	1946.3 b	14.0
Tohum+Yaprak (Hayvansal)	275.3	12.7	2116.0 a	4.0
CV (%)	4.87		6.43	

\*Aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık yoktur.

### Odun sirkeleri ve uygulamaların parselde yeşil bitki biyokütle ağırlığı ve dekara yeşil bitki biyokütlesi üzerine etkisi

En yüksek parselde yeşil bitki biyokütlesi 39.723 kg ile Tohum+Yaprak (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük bitki yeşil bitki biyokütlesi ise 30.178 kg ile ½ Gübreli kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). [Mungkunkamchao vd. \(2013\)](#), Yapraktan sprey şeklinde ve toprağa uygulama olarak, tek tek ve kombinasyon halinde yapılan çalışmada; odun sirkelerinin tek başına veya kombinasyon halinde kullanıldığında biyokütle ve verimi kısmen arttırdığı, ancak uygulama yöntemleri arasında belirgin bir fark görülmediğini belirtmişlerdir.

Analiz sonuçlarına baktığımızda en yüksek dekara yeşil bitki biyokütlesi 14171.2 kg/da ile Tohum+Yaprak (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük dekara yeşil bitki biyokütlesi ise 11004.4 kg/da ile Kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 2). Dekara yeşil bitki biyokütlesi ( yeşil ot verimi) bitkilerin gösterdiği agronomik performansları karşılaştırmak için kullanılan kriterlerden birisidir ([İptaş,](#)

2002). Birim alandaki bitki sayısı, bitki cinsi ve türü olgunlaşma süresi, yararlanma şekli, biçimi, zamanı, yetiştirme teknikleri gibi bileşenlerin tümünden etkilenen kantitatif bir karakter olup, çevre koşullarına göre değişmektedir. Küçük (2011), Ankara ekolojisinde yaptığı çalışmada dekara yeşil bitki biyokütlesinin 4077.77kg/da ile 6537.14 kg/da olarak değiştiğini, Şimşek (2006), Antalya koşullarında yaptığı mısırdaki yeşil bitki biyokütlesinin 7773.8-13297.6 kg da aralığında olduğunu saptamışlardır. Bu çalışmada odun sirkesi uygulamalarının silajlık mısır için önemli bir kriter olan yeşil bitki biyokütlesi (yeşil ot verimi) üzerine diğer çalışmalara göre daha etkili olduğu görülmektedir.

Çizelge 2. Odun sirkeleri ve uygulamalarının parselde yeşil bitki biyokütle ağırlığı (kg) ve dekara yeşil bitki biyokütlesi (kg/da) ortalamaları

Uygulamalar	Parselde yeşil bitki biyokütle ağırlığı (kg)	Standart sapma (±)	Dekara yeşil bitki biyokütlesi (kg/da)	Standart sapma (±)
Kontrol (Bitkisel)	32.104 h <sub>1</sub>	3.182	11004.4 j	808.6
Gübreli kontrol (Bitkisel)	33.187 e-h	2.173	11531.6 h <sub>1</sub>	458.6
1/2 Gübreli Kontrol (Bitkisel)	30.178 j	0.701	11755.7 gh	1071.7
Toprağa %0.5 (Bitkisel)	31.579 ı	1.214	11768.1 gh	424.5
Toprağa %1 (Bitkisel)	33.483 d-g	1.203	12272.2 ef	423.6
Tohuma OS (Bitkisel)	33.395 d-h	2.078	11926.9 fgh	742.2
Yaprağa OS (Bitkisel)	32.678 f-ı	0.940	11282.1 ij	799.8
Toprağa %0.5+Yaprak (Bitkisel)	32.489 gh <sub>1</sub>	1.288	11603.2 h <sub>1</sub>	460.1
Toprağa %1+Yaprak (Bitkisel)	33.906 def	3.177	12109.3 fg	1134.7
Tohum+Yaprak (Bitkisel)	32.305 gh <sub>1</sub>	2.233	11925.1 fgh	979.5
Kontrol (Hayvansal)	33.599 d-g	0.750	11071.1 j	854.7
Gübreli kontrol (Hayvansal)	39.040 a	1.423	13949.6 ab	508.0
1/2 Gübreli Kontrol (Hayvansal)	33.225 e-h	1.287	11905.8 fgh	454.5
Toprağa %0.5 (Hayvansal)	37.029 b	0.586	12888.1 cd	627.4
Toprağa %1 (Hayvansal)	34.353 cde	4.293	12601.1 de	1164.2
Tohuma OS (Hayvansal)	34.694 cd	2.485	12763.9 cd	1152.4
Yaprağa OS (Hayvansal)	37.404 b	0.895	13569.0 b	483.5
Toprağa %0.5+Yaprak (Hayvansal)	37.379 b	2.490	13106.8 c	1032.7
Toprağa %1+Yaprak (Hayvansal)	35.377 c	3.338	12967.8 cd	922.6
Tohum+Yaprak (Hayvansal)	39.723 a	1.803	14171.2 a	647.6
CV (%)	6.42		6.74	

\*Aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık yoktur.

### Odun sirkeleri ve uygulamaların etüvde kuru madde oranı ve dekara kuru madde biyokütlesi üzerine etkisi

En yüksek kuru madde oranı %36.51 ile ½ Gübreli kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük kuru madde oranı ise %28.54 ile ½ Gübreli (hayvansal) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Mısır bitkisi güneş enerjisini en iyi kullanan (C4 bitkisi) ve birim alandan en fazla kuru madde üreten bir bitkidir (Hill, 1993). Bu çalışmadan elde edilen %28.54 ile %36.51 arası değişen kuru madde oranları, Kuşvuran ve ark.(2015), elde ettiği %26.9-40.4 kuru madde oranından düşük olduğu, Bulut (2016), %22.2-34.6 kuru madde oranından yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. incelendiğinde, en yüksek dekara kuru madde biyokütlesi 4907.4 kg/da ile Toprağa %5+Yaprak (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük dekara kuru madde biyokütlesi ise 3136.4 kg/da ile Tohum+Yaprak (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir. Arslan (2016), Antalya koşullarında organik gübre kullanımının silajlık mısır bitkisi verim değerleri üzerine yaptıkları çalışmada dekara kuru madde biyokütlesinin organik gübre uygulanan parselde 1296 kg/da, kimyasal gübre uygulanan parselde 2000 kg/da olarak belirlemişlerdir. Yapılan çalışma ile kıyaslandığında dekara kuru madde biyokütlesi için odun sirkesi uygulamalarının önemli derecede etkili olduğu görülmektedir. Karimian ve ark. (2022), İran'da yem mısır yetiştiriciliğinde biyoçar ve odun sirkесinin toprağın kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri üzerine etkisini araştırmışlar. Odun sirkesi ve biyokömürün birlikte kullanılması bitkinin gövde çapı, kuru ve yaş ağırlığını arttırdığını belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Odun sirkeleri ve uygulamalarının etüvde kuru madde oranı (%) ve dekara kuru madde biyokütlesi (kg/da) ortalamaları

Uygulamalar	Etüvde kuru madde oranı (%)	Standart sapma (±)	Dekara kuru madde biyokütlesi (kg/da)	Standart sapma (±)
Kontrol (Bitkisel)	34.00 fg	1.53	3352.2 jkl	41.2
Gübreli kontrol (Bitkisel)	33.52 gh	2.26	3512.5 ij	444.9
1/2 Gübreli Kontrol (Bitkisel)	36.51 a	1.36	3296.7 l	416.4
Toprağa %0.5 (Bitkisel)	36.02 abc	0.89	3599.7 hı	188.2
Toprağa %1 (Bitkisel)	32.48 j	2.02	4077.4 f	122.8
Tohuma OS (Bitkisel)	35.23 cde	3.34	3323.6 kl	273.4
Yaprağa OS (Bitkisel)	32.58 ij	2.51	3895.3 g	139.1
Toprağa %0.5+Yaprak (Bitkisel)	36.07 abc	2.13	3458.3 i-l	313.6
Toprağa %1+Yaprak (Bitkisel)	33.48 ghı	0.38	4223.3 ef	185.7
Tohum+Yaprak (Bitkisel)	34.55 ef	1.09	3136.4 m	257.1
Kontrol (Hayvansal)	33.70 fg	0.07	3688.6 h	277.9
Gübreli kontrol (Hayvansal)	31.94 j	0.44	4460.4 c	104.9
1/2 Gübreli Kontrol (Hayvansal)	28.54 k	1.20	3492.3 ij	168.7
Toprağa %0.5 (Hayvansal)	33.72 fg	0.73	4211.7 ef	342.8
Toprağa %1 (Hayvansal)	33.44 ghı	1.83	3484.7 ijk	27.5
Tohuma OS (Hayvansal)	35.59 bcd	0.11	4396.8 cd	324.4
Yaprağa OS (Hayvansal)	35.01 de	1.06	4246.7 de	413.3
Toprağa %0.5+Yaprak (Hayvansal)	36.31 ab	1.70	4907.4 a	547.2
Toprağa %1+Yaprak (Hayvansal)	33.98 fg	0.37	4295.5 de	437.1
Tohum+Yaprak (Hayvansal)	32.63 hij	2.16	4618.1 b	97.8
CV (%)	4.65		7.43	

\*Aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık yoktur.

### Odun sirkeleri ve uygulamaların bitki koçan ağırlığı, bitki koçan uzunluğu ve bitki koçan çapı üzerine etkisi

En yüksek bitki koçan ağırlığı 321.4 g ile Gübreli kontrol (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük koçan ağırlığı ise 226.4 g ile Kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4). Literatüre baktığımızda, farklı uygulamalarda koçan ağırlıkları; Özel ve Öktem (2021), 254.0-293.1 g arasında, Taş (2020), 225.7-279.0 g, Kuşvuran ve Nazlı (2014), 159.0-211.0 g arasında elde ettikleri değerler ile bulgularımızdan daha düşük sonuçlar elde etmişlerdir.

Çizelge 4. incelendiğinde, en yüksek bitki koçan uzunluğu 22.6 cm ile Toprağa %1+Yaprak (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük koçan uzunluğu ise 19.8 cm ile Kontrol (bitkisel) uygulamasından elde edilmiştir. Genotip ve çevre faktörlerinin koçan uzunluğu üzerinde önemli etkileri bulunmaktadır (Özmen, 2008). Bu çalışmada elde edilen 19.8-22.6 cm arası koçan uzunluğu değerleri, Kahraman (2016), 18.8-23.1 cm, Alpaya (2009), 16.83-21.54 cm, Yürürdurmaz (2007), 19.4-21.4 cm olarak belirlenen koçan uzunluğu değerleri ile paralellik gösterirken, Vartanlı (2005), 21.75-27.00 cm, Alagöz ve Türk (2019), 20.7-26.0 cm değerlerinden düşük bulunmuştur.

Çizelge 4. incelendiğinde, en yüksek bitki çapı 46.92 mm ile Tohuma OS (hayvansal) uygulamasından elde edilmiş iken, en düşük koçan çapı ise 43.15 mm ile Kontrol (hayvansal) uygulamasından elde edilmiştir. Odun sirkeleri uygulamalarından elde ettiğimiz 43.15-46.92 mm arasında değişen koçan çapı bulgularımız; Vartanlı (2005)'in 53.0-57.9 mm değerlerinden düşük, Kılınç ve ark., (2018), 44.5-49.0 mm değerleri ile paralel, Özsisli (2010), 38.00-44.75 mm değerlerinden yüksek bulunmuştur.

### Sonuç

Sonuç olarak incelenen özellikler birlikte değerlendirildiğinde; farklı atıklardan elde edilen odun sirkeleri uygulamalarının bitki verim öğelerine etki edebileceği bu çalışma ile belirlenmiştir. Bu çalışmada, hayvansal ve bitkisel atık olarak denemeye alınan tavuk altlığı ve fındık kabuğu odun sirkelerini birbiriyle kıyasladığımızda tavuk altlığından elde edilen odun sirkelerinin daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Odun sirkeleri ile ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında bitkide verim değerleri üzerine etkilerini araştıran çalışmalar son derece kısıtlı olup, bunlarda sera çalışmalarından elde edilen veriler üzerinedir. Bu çalışma



bir yıllık tarla denemesi sonuçlarını içermektedir, uygulama yöntemleri ve materyaller arasındaki farkın verim değerleri üzerine etkisinin görülebilmesi için daha uzun yıllar, farklı bitkiler üzerinde ve farklı dozlar kullanılarak yeni çalışmalar yapılmalıdır.

Çizelge 4. Odun sirkeleri ve uygulamalarının bitki koçan ağırlığı (g), bitki koçan uzunluğu (cm) ve bitki koçan çapı (mm) ortalamaları

Uygulamalar	Bitki koçan ağırlığı (g)	Standart sapma (±)	Bitki koçan uzunluğu (cm)	Standart sapma (±)	Bitki koçan çapı (mm)	Standart sapma (±)
Kontrol (Bitkisel)	226.4	l	8.5	19.8	0.7	43.98
Gübreli kontrol (Bitkisel)	270.2	fg	5.9	22.3	1.5	46.54
1/2 Gübreli Kontrol (Bitkisel)	285.1	bc	10.5	21.3	0.7	46.73
Toprağa %0.5 (Bitkisel)	266.3	gh	13.3	20.8	0.7	44.18
Toprağa %1 (Bitkisel)	253.3	j	7.7	21.7	1.1	44.74
Tohuma OS (Bitkisel)	262.5	hı	1.2	21.3	0.4	45.44
Yaprağa OS (Bitkisel)	241.6	k	11.0	20.3	1.3	44.48
Toprağa %0.5+Yaprak (Bitkisel)	243.6	k	1.6	20.4	1.0	43.27
Toprağa %1+Yaprak (Bitkisel)	278.8	cde	18.8	21.4	1.2	45.44
Tohum+Yaprak (Bitkisel)	258.4	ij	7.6	20.7	0.3	45.27
Kontrol (Hayvansal)	276.5	def	2.5	20.3	1.9	43.15
Gübreli kontrol (Hayvansal)	321.4	a	22.0	22.0	3.2	45.71
1/2 Gübreli Kontrol (Hayvansal)	284.2	bc	21.8	21.0	1.4	46.68
Toprağa %0.5 (Hayvansal)	284.7	bc	11.4	20.4	1.0	43.97
Toprağa %1 (Hayvansal)	261.1	hı	16.3	20.5	0.5	44.98
Tohuma OS (Hayvansal)	228.6	l	6.3	20.2	1.9	46.92
Yaprağa OS (Hayvansal)	282.6	bcd	7.1	21.3	0.9	43.81
Toprağa %0.5+Yaprak (Hayvansal)	275.3	ef	3.2	21.1	0.4	45.06
Toprağa %1+Yaprak (Hayvansal)	286.2	b	12.9	22.6	1.0	44.30
Tohum+Yaprak (Hayvansal)	286.5	b	19.4	21.2	0.5	43.33
CV (%)	4.64		5.86		2.98	

\*Aynı harflerle gösterilen uygulamalar arasında 0.05 düzeyinde farklılık yoktur.

## Kaynaklar

- Alagöz M, Türk M. 2019. Determination of yield and some properties of different silage corn varieties in Isparta ecological conditions. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2), 93-197.
- Alpaya N. 2009. Bornova Koşullarında Bazı Hibrit Mısır Çeşitlerinin Verim ve Verim Özellikleri Üzerine Araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, İzmir
- Arslan M. 2016. Silajlık mısır yetiştiriciliğinde organik gübre kullanımının verim ve bazı verim özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 9(2), 37-41.
- Burnette R. 2010. The recent introduction of niger seed (*Guizotia abyssinica*) production in northern thailand. *echo asia notes*, a regional supplement to *echo development notes*. retrived on december, 6, 13.
- Erdal Ş, Pamukçu M, Ekiz H, Soysal M, Savur O, Toros A, 2009. Bazı silajlık mısır çeşit adaylarının silajlık verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 75-81.
- Hill JH. 1993. How a Corn Plant Develops. Special Reports No: 48, Iowa State University of Science and Techonology Cooperative Extension Service, Ames, Iowa. [www.extension.iastate.edu](http://www.extension.iastate.edu)
- Idowu O, Ndede EO, Kurebito S, Tokunari T, Jindo K. 2023. Effect of the Interaction between Wood Vinegar and Biochar Feedstock on Tomato Plants. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23(2), 1599-1610.
- İptaş S, Öz A, Boz A. 2002. Tokat – Kozova koşullarında birinci ürün silajlık mısır yetiştirme olanakları. *Tarım Bilimleri Derg.* 8(4): s. 267-273.
- Kahraman Ş. 2016. Diyarbakır Koşullarında Ana Ve İkinci Ürün Tane Mısır Tarımında Bazı Tarımsal ve Teknolojik Özellikler Üzerine Araştırmalar. Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD. Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Diyarbakır, 151s.
- Karimian N, Motaghian H, Iranipour R, Khalili Moghadam B. 2022. Effect of Application of Biochar and Wood Vinegar on Some Chemical and Microbiological Properties of Soil under Forage Corn Cultivation. *Journal of Water and Soil Conservation*, 29(3), 23-44.

- Kılınç S, Karademir Ç, Ekin Z. 2018. Bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 21(6), 809-816.
- Koç İ. 2017. Buğday agro-ekosistemlerinde pestisitlerin ve odun sirkesinin bazı etkilerinin tespiti üzerine bir araştırma. Doktora tezi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 296 s. Van.
- Kuşvuran A, Nazlı Rİ. 2014. Orta Kızılırmak havzası ekolojik koşullarında bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin tane mısır özelliklerinin belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 24 (3): 233-240.
- Kuşvuran A, Kaplan M, Nazlı Rİ, Saruhan V, Karadağ Y, 2015. Orta Kızılırmak Havzası ekolojik koşullarında bazı mısır (*Zea mays* L.) çeşitlerinin silajlık olarak yetiştirilme olanaklarının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32(1): 57-67
- Küçük B. 2011. Bazı silajlık mısır çeşitlerinde morfolojik özelliklerin ve yem verimlerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Lei M, Liu B, Wang X. 2018. Effect of adding wood vinegar on cucumber (*Cucumis sativus* L) seed germination. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 128-012186 doi: 10.1088/1755-1315/128/1/012186
- Mungkunkamchao T, Kesmala T, Pimratch S, Toomsan B, Jothityangkoon D. 2013. Wood vinegar and fermented bioextracts: Natural products to enhance growth and yield of tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Scientia Horticulturae*, 154: 66-7
- Namlı A, Akça MO, Turgay EB, Soba MR. 2014. Odun sirkesinin tarımsal kullanım potansiyelinin araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 3 (1): 44-52.
- Öktem A, Çelik A, 2017. Toprağa Humik Asit Uygulamasının Mısır Bitkisinin (*Zea mays* L. *indendata*) Verim ve Bazı Verim Karakterleri Üzerine Etkisi, KSÜ Doğa Bil. Dergisi 2017.
- Özel MR, Öktem AG. 2021. Farklı Düzeylerdeki Vermikompost Uygulamasının Atdışi Mısıraın (*Zea mays* L. *indentata*) Verim ve Verim Karakterlerine Etkisi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 10(4), 1324-1333.
- Özmen İ. 2008. Bazı Melez Mısır Çeşit Ve Genotiplerinin Değişik Ekim Bölgelerindeki Adaptasyon ve Uyum Yeteneklerinin Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri ABD, Doktora Tezi. 128 s
- Özsisli B. 2010. Kahramanmaraş Koşullarında Birinci ve İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Farklı Mısır Çeşitlerinde Verim ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Doktora tezi, 130 s
- Sönmez K, Alan Ö, Kınacı E, Kınacı G, Kutlu İ, Budak Başçıftçı Z, Evrenosoglu Y, 2013. Bazı seker mısıraın çeşitlerinin (*Zea mays* saccharata Sturt.) bitki, koçan ve verim özellikleri. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8(1): 28-40
- Şimşek D. 2006. Antalya şartlarında ikinci ürün olarak ekilebilecek silajlık hibrit mısır çeşitlerinin bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya
- Taş T. 2020. Şanlıurfa koşullarında bazı atdışi hibrit mısır (*Zea mays* *indentata* Sturt) çeşitlerinin tane özellikleri ile tane verimi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi. *ISPEC Tarım Bilimleri Dergisi*, 4: 222-233.
- Vartanlı S. 2005. Ankara Koşullarında Hibrit Mısır Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, Yüksek Lisans Tezi. 80 s.
- Vartanlı S, Emeklier HY. 2007. Ankara koşullarında hibrit mısır çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 13(3): 195-202
- Yürürdurmaz, C. 2007. Kahramanmaraş Koşullarında Farklı Gübre Dozlarının Değişik Mısır Çeşitlerine Etkisinin Saptanması ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Değerlendirilmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.



## Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bazı soğanlı süs bitkilerinin (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl', *Narcissus* 'Mount Hood' ve *Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorn') bitki büyüme kriterlerindeki değişimler

Arzu ÇİĞ\*<sup>1</sup>, Füsun GÜLSER<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Siirt

<sup>2</sup>Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van

### Öz

Bu çalışmada, farklı yetiştirme ortamlarının bazı soğanlı süs bitkilerinin bitki büyüme kriterleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu amaçla soğanlı süs bitkisi çeşitleri olarak sümbül, nergis ve lale kullanılmıştır (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl', *Narcissus* 'Mounthood' and *Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorn'). Deneme tesadüf parselleri deneme deseninde üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Bitki yetiştirme ortamı olarak torf, perlit, vermikülit ve su kültürü kullanılmıştır. Her bir yetiştirme ortamına ½ kuvvette Hoagland besin solüsyonu eklenmiştir. Hasat edilen bitkilerde yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, bitki boyu, çiçek boyu, çiçek genişliği, çiçek sapı kalınlığı, soğan ağırlığı ve soğan uzunluğu ölçülmüştür. Çeşitler ve yetiştirme ortamı arasındaki etkileşimler dikkate alındığında, en yüksek yaprak uzunluğu, bitki boyu, çiçek boyu, çiçek sapı kalınlığı ve soğan ağırlığı sırasıyla 482.08 mm, 558.59 mm, 95.94 mm, 9.74 mm ve 60.38 g olarak nergis yetiştirilen vermikülit yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Su kültürü ve perlit ortamında yetiştirilen nergislerde en yüksek çiçek genişliği ve soğan uzunluğu sırasıyla 86.44 mm ve 78.15 mm olarak bulunmuştur. En yüksek yaprak genişliği 55.05 mm olarak torf ortamında yetiştirilen lalede elde edilmiştir. Çalışmada en yüksek büyüme kriterleri, genellikle vermikülit ortamında yetiştirilen nergis bitkisinden elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Sümbül, nergis, lale, yetiştirme ortamı, büyüme kriterleri.

### The changes of plant growth criteria of some bulbous ornamental plants (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl', *Narcissus* 'Mount Hood' and *Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorn') grown in different growing media

#### Abstract

In this study, it was aimed that the effects of different growing media on plant growth criteria of some bulbous ornamental plant varieties. By this aim hyacinth, narcissus and tulip were used as bulbous ornamental plant varieties (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl', *Narcissus* 'Mounthood' and *Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorn'). The experiment was conducted out in randomized experimental design as three replication. Peat, perlit, vermiculit and aquaculture were used as plant growth media. ½ strength Hoagland nutrient solution was added each growing media. In harvested plants leaf number, leaf length, leaf width, plant height, flower length, flower width, flower stem thickness, bulb weight and bulb length were measured. Considering the interactions between the varieties and the growing media, the highest leaf length, plant height, flower length, flower stem thickness and bulb weight were obtained as 482.08 mm, 558.59 mm, 95.94 mm, 9.74 mm ve 60.38 g, respectively in the vermiculit growing medium where was grown the *Narcissus*. The highest flower width and bulb length were 86.44 mm and 78.15 mm respectively, in *Narcissus* grown in aquaculture and perlit media. The highest leaf width were obtained as 55.05 mm in tulip grown in peat media. In this study the highest growth criteria were often obtained in vermiculit media and *Narcissus* plant.

**Keywords:** Hyacinth, narcissus, tulip, growth media, growth criteria.

© 2023 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 744 2306  
E-posta : arzu@siirt.edu.tr

Makale Türü : ARAŞTIRMA MAKALESİ  
Geliş Tarihi : 24 Kasım 2023 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 18 Aralık 2023 DOI : 10.33409/tbbbd.1395582

## Giriş

Bitkilerin erken gelişim aşamalarını hızlandıracak, köklerin ve toprak üstü organlarının daha iyi gelişmesini sağlayacak uygulamalar son yıllarda büyük önem kazanmıştır. Toprak koşulları elverişsiz olduğunda, bir çözüm olarak topraksız tarım kaçınılmaz olmaktadır. Topraksız tarım son yıllarda entansif üretim ve gübre vb. girdi maliyetlerini azaltmak amacıyla başarılı bir şekilde kullanılmaktadır. Topraksız tarım, bitki yaşamı için gerekli olan su ve besin elementlerinin gereken miktarlarda kök ortamına verilmesi esasına dayalı olup su kültürü ve katı ortam (substrat) kültürü olmak üzere ikiye ayrılmaktadır. Su kültürü, bitki köklerinin besin çözeltisinin içinde geliştiği durgun su kültürü (hidroponik) veya besin çözeltisinin bitki kökleri boyunca akıtıldığı akan su kültürü ya da besin çözeltisinin bitki köklerine sis şeklinde uygulandığı aeroponik kültür olarak kullanılmaktadır. Katı ortam kültüründe ise bitkiler organik, inorganik veya sentetik materyaller içerisinde yetiştirilmektedir. Bitkilerin su ve besin gereksinimleri, bazı istisnalar olmakla birlikte, genellikle damla sulama sistemi ile verilen besin çözeltisi ile karşılanmaktadır (Gül, 2008). Topraksız kültürün toprak bazlı ortama göre temel avantajları, su ve besin elementlerinin kontrollü olarak sağlanması, uygun pH, daha iyi kök havalandırması ve sıcaklık kontrolü, ayrıca topraktan kaynaklanan zararlıların ve hastalıkların ortadan kaldırılması, toprakta olduğu gibi sterilizasyonu işleminin bulunmaması, daha az iş gücü gereksinimi, sonuç olarak daha düşük üretim maliyetleri ve yüksek üretkenlik olarak sıralanabilir (Sindhu ve ark., 2010). Awang ve ark. (2009), yetiştirme ortamının, kök sisteminin büyümesini ve gelişmesini teşvik ederek optimum bitki büyümesini sağlamada kritik bir role sahip olduğunu bildirmişlerdir. Topraksız şartlarda yetiştirilen saksı bitkilerinde, genellikle değişen oranlarda torf, perlit, Hindistan cevizi turbası, vermikülit, kaya yünü ve komposttan oluşan ortamlar kullanılmaktadır. Torf, bitkisel materyalin asidik ve anaerobik ortamlarda tamamen çürümesi ile oluşur. Su tutma kapasitesini artırarak toprak yapısının iyileştirilmesine yardımcı olur (Sindhu ve ark., 2009). Volkanik orijinli, kimyasal bileşimi alüminyum silikat olan perlit saf halde veya torf ile karıştırılarak süs bitkisi çeliklerinin köklendirilmesinde kullanıldığı gibi, harç içerisine belirli oranlarda karıştırılarak bitki yetiştirme amacı ile de yaygın olarak kullanılmaktadır (Çelik, 2010). Vermikülit silikat grubuna ait katyon değişim kapasitesi yüksek doğal bir kil mineralidir (Chen ve ark., 2020). Vermikülit gözenekli yapısından dolayı yüksek su depolama ve besin elementi adsorpsiyon özelliğine sahiptir (Grekova ve ark., 2019). Yüksek katyon değişim kapasitesi, vermikülitin katyonları adsorbe etme potansiyelini artırır ve bunların süzülme yoluyla kaybını azaltır. Aynı zamanda yüksek su tutma kapasitesine sahiptir ve bu özelliklerinden dolayı fideler için saksı ortamı olarak kullanılabilirler (Li ve ark., 2017).

Süs bitkileri, kullanım amaçlarına göre kesme çiçekler, dış mekan süs bitkileri, iç mekan ya da saksılı süs bitkileri ve doğal çiçek soğanları olmak üzere dört grupta toplanmıştır (Gülçür, 2015). Birçok ülkede olduğu gibi Türkiye’de de renk, koku, aroma ve kadifemsi yüzey özellikleri ile ruhsal yönden insanlara olumlu etkisi bulunan süs bitkileri aynı zamanda ekonomiye büyük katma değer sağlamaktadır (Bay, 2011; Gülçür, 2015). TÜİK (2020) verilerine göre Türkiye’de süs bitkileri üretim alanlarının ürün gruplarına göre dağılımı, kesme çiçekler 12.18 da, iç mekan süs bitkileri 1.7 da, dış mekan süs bitkileri 39.74 da ve çiçek soğanları 499 da olmak üzere toplamda 54.13 da alandır. Türkiye’den dünyadaki 52 ülkeye süs bitkisi ihracatı yapılmakta olup 2020 yılı ihracat gelirimiz 86 milyon 725 bin \$’dır (Anonim, 2021a).

Bu çalışmada, torf, perlit, vermikülit içeren katı ortamlar ve durgun su kültürü olmak üzere dört farklı topraksız ortamda yetiştirilen soğanlı süs bitkileri grubundaki sümbül, nergis ve lalenin bitki büyüme kriterlerindeki farklılıkların belirlenerek, ortamların bitki gelişimi üzerine etkilerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma, Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Laboratuvarı’nda ve tam şansa bağlı deneme desenine göre 3 tekrarlamalı ve her tekrarda 5 çiçek soğanı olacak şekilde yürütülmüştür. Bitkisel materyal olarak sümbül (*Hyacinthus orientalis* 'Pink Pearl'), nergis (*Narcissus* 'Mount Hood') ve lale (*Tulipa gesneriana* 'Golden Apeldoorn') bitkilerinin soğanları kullanılmıştır. Soğanlar 4 farklı ortamda, topraksız tarımda kullanılan torf, perlit ve vermikülit olmak üzere üç katı yetiştirme ortamına dikilmiş (Şekil 1), ayrıca su kültürü uygulaması da yapılmıştır (Şekil 2).

Su kültürü için durgun su kültürü tekniği uygulanmıştır. Durgun su kültürü genel olarak araştırma amaçlı çalışmalarda kullanılan ve pratikte yaygın olmayan bir sistemdir. Ticari olarak yaygınlaşmamasının en temel nedeni fazla miktarda su gereksinimi ve besin çözeltisinin sık sık değiştirilme zorunluluğudur (Karaman,

2012). Çiçek soğanları su kültürüne alınmadan önce, köklenme görülünceye kadar, içlerinde perlit bulunan 0.7 litre hacimli plastik saksılara dikilerek su kültüründe kullanılan ½ Hoagland besin çözeltisi ile sulanmışlardır. Köklendirme işleminden sonra soğanlar özel olarak hazırlanan ve her çiçek soğanı için delikler açılan sert strafor tablalara yerleştirilmişlerdir. Su kültürü için 52x36x8 cm boyutlarındaki plastik küvetler kullanılmıştır. Tablalar, bitki kökleri besin çözeltisinin içinde olacak şekilde küvetlerin üzerine yerleştirilmiştir. Havalandırma için akvaryum pompası kullanılmıştır. Tüm uygulamalardaki çiçek soğanlarının su ve besin elementi ihtiyaçları ½ kuvvetteki Hoagland besin çözeltisi ile giderilmiştir (Hoagland ve Arnon, 1938) (Çizelge 1). Besin çözeltisinin pH değeri 5.8'e ayarlanmıştır.

Çizelge 1. Hoagland besin çözeltisinde bulunan besin maddeleri ve konsantrasyonları

Ortam Bileşenleri	Miktarı (g l <sup>-1</sup> )
Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> .4H <sub>2</sub> O	236.15
KNO <sub>3</sub>	101.11
KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub>	68.05
MgSO <sub>4</sub>	123.24
C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> FeO <sub>7</sub> .5H <sub>2</sub> O	10.0
MnCl <sub>2</sub>	0.36
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.58
ZnCl <sub>2</sub>	0.02
CuCl <sub>2</sub> .2H <sub>2</sub> O	0.01

Katı ortamlar için aynı 0.7 L hacimli plastik saksılar kullanılmıştır. Katı ortamlara dikilen çiçek soğanları yapraklanmaya kadar besin çözeltisi ile sulanmıştır. Su kültüründeki çiçek soğanlarının içinde yetiştirildiği besin çözeltileri (1/2 Hoagland) ise dört aylık çalışma süresi boyunca birer haftalık aralarla değiştirilmiştir.



Şekil 1. Lale, sümbül ve nergis soğanlarının katı besin ortamı olan torf, perlit ve vermikülit içinde yetiştirilmesi.



Şekil 2. Nergis, lale ve sümbül soğanlarının su kültüründe yetiştirilmesi.

Dört aylık bir yetiştirme periyodundan sonra hasat edilen bitkilerde yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak genişliği, bitki boyu, çiçek boyu, çiçek genişliği, çiçek sapı kalınlığı, soğan ağırlığı ve soğan uzunluğu ölçülmüştür (Şekil 3). Çalışmadan elde edilen veriler 'Costat' istatistik paket programından yararlanılarak analiz edilmiş, etkileri önemli bulunan uygulamalara ait tüm ortalamalar "Duncan çoklu karşılaştırma" testine göre gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark., 1987).



Şekil 3. Gelişim kriterleri belirlenen lale, sümbül ve nergis bitkileri.

## Bulgular ve Tartışma

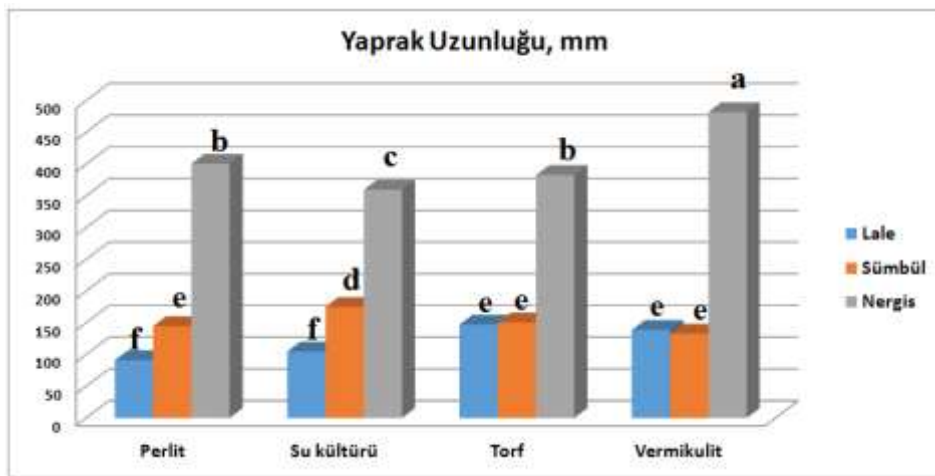
Farklı yetiştirme ortamları ve çeşitlerin bitkilerin gelişim kriterlerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Varyans analiz sonuçları dikkate alındığında, farklı yetiştirme ortamlarının yaprak uzunluğu, çiçek boyu, sap kalınlığı, soğan ağırlığı ve soğan uzunluğu üzerinde %1 önem seviyesinde, yaprak genişliği üzerinde ise %5 önem seviyesinde istatistiksel anlamda önemli değişimler meydana getirdiği belirlenmiştir. Çeşit farklılıkları, incelenen bitki gelişim parametreleri üzerinde istatistiksel anlamda %1 önem seviyesinde etkili bulunmuştur. Yetiştirme ortamı x çeşit etkileşimlerinin yaprak sayısı dışında bütün gelişim kriterleri üzerinde %1 önem seviyesinde etkili olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı yetiştirme ortamları ve çeşitlerin bitki gelişim kriterlerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları (F değerleri)

VK	SD	Yaprak Sayısı	Yaprak Uzunluğu	Yaprak Genişliği	Bitki Boyu	Çiçek Boyu	Çiçek Genişliği	Sap Kalınlığı	Soğan Ağırlığı	Soğan Uzunluğu
Ortam (O)	3	1.80 öd	17.46 **	4.40 *	1.98 öd	6.00 **	2.03 öd	16.46 **	547.29 **	87.06 **
Çeşit (Ç)	2	54.91 **	1726.17 **	765.52 **	656.91 **	185.30 **	318.97 **	1414.17 **	32756.95 **	3400.23 **
OxÇ	6	0.48 öd	25.14 **	6.23 **	4.37 **	11.58 **	10.35 **	25.27 **	136.41 **	32.56 **

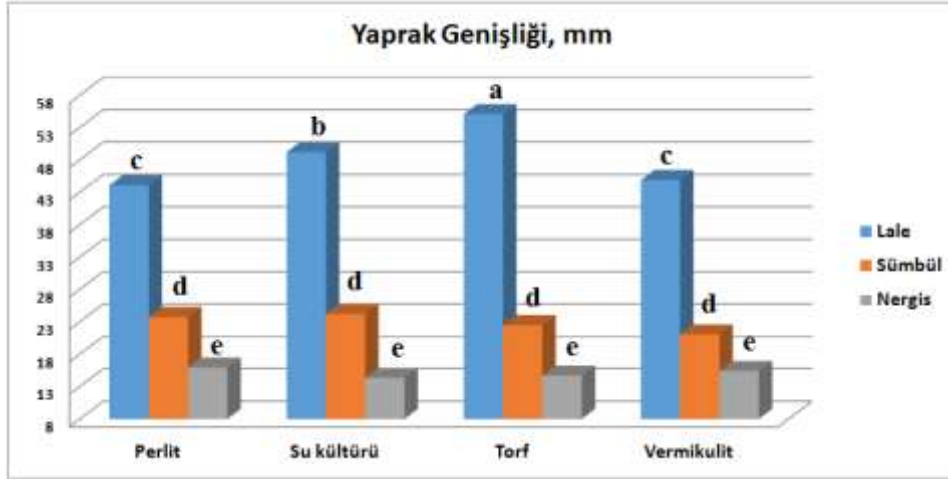
\*\* ile gösterilen F değeri % 1 düzeyinde, \* ile gösterilen F değeri % 5 düzeyinde önemlidir, öd: önemli değil

Farklı yetiştirme ortamları ve çeşitlerde değişimleri istatistiksel anlamda önemli bulunan bitki gelişim kriterleri ortalamaları ve Duncan farklılaştırma grupları Şekil 4-9’da verilmiştir.



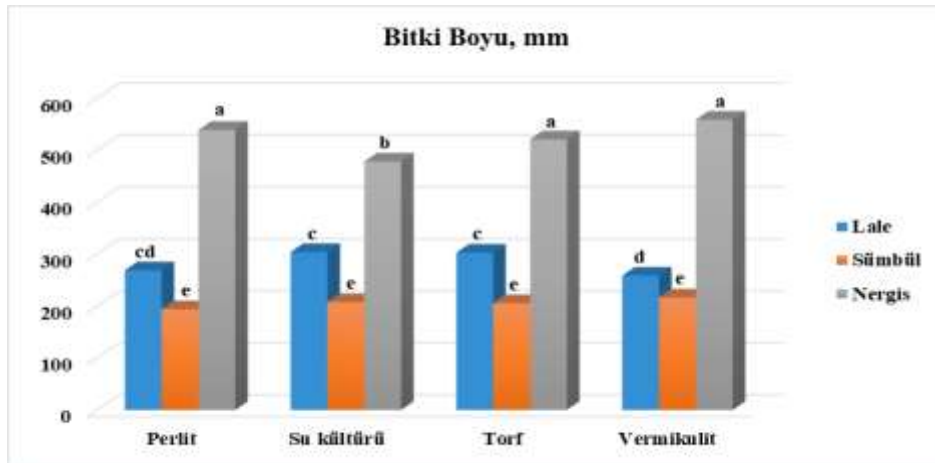
Şekil 4. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin yaprak uzunluğu ortalamaları.

Yetiştirme ortamları yaprak uzunluğu bakımından karşılaştırıldığında, lalede en yüksek yaprak uzunluğu ortalamaları torf ve vermikülit yetiştirme ortamlarında 147.2 mm ve 138.69 mm olarak elde edilmişken, en düşük yaprak uzunluğu ortalaması perlit yetiştirme ortamında 91.17 mm olarak belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük yaprak uzunluğu ortalamaları sümbül bitkisinde 175.04 mm ve 133.08 mm olarak sırası ile su kültürü ve vermikülit ortamlarında elde edilmiştir. Nergis bitkisinde ise en yüksek ve en düşük yaprak uzunluğu ortalamaları 482.08 mm ve 359.55 mm olarak sırası ile vermikülit ve su kültürü ortamlarında belirlenmiştir (Şekil 4).



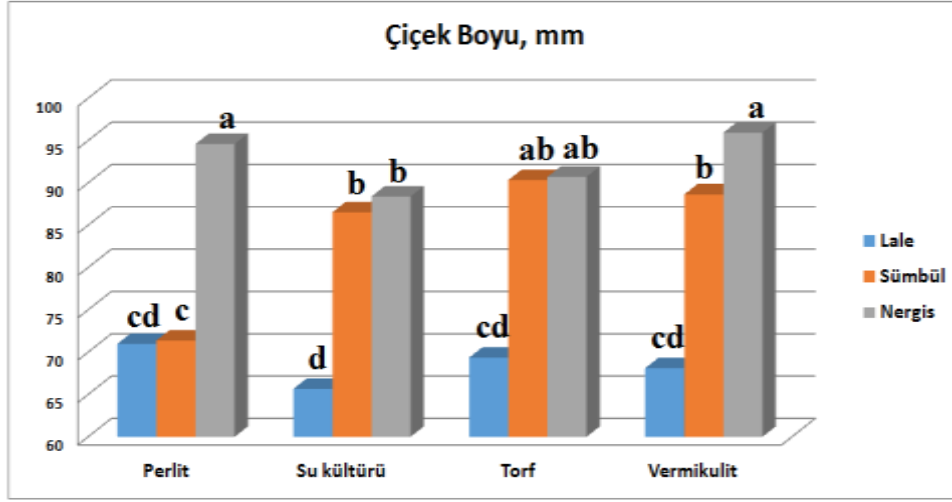
Şekil 5. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin yaprak genişliği ortalamaları.

Şekil 5 dikkate alındığında, lale bitkisi için en yüksek ve en düşük yaprak genişliği ortalamaları sırası ile 55.05 mm ve 44.07 mm olarak sırası ile torf ve perlit yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Sümbül bitkisinde en yüksek ve en düşük yaprak genişliği ortalamaları 24.19 mm ve 21.04 mm olarak su kültürü ve vermikülit yetiştirme ortamlarında bulunmuştur. Nergis bitkisinde ise en yüksek ve en düşük yaprak genişliği ortalamaları 15.95 mm ve 14.34 mm olarak sırası ile perlit ve su kültürü ortamlarında bulunmuştur.



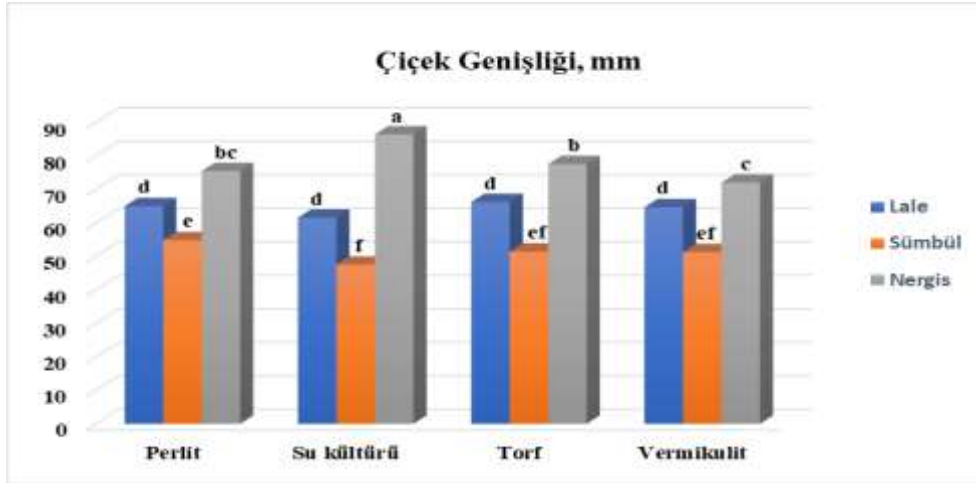
Şekil 6. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin bitki boyu ortalamaları.

Bitki boyları bakımından lale bitkisinde en yüksek ve en düşük ortalamalar 303.87 mm ve 258.58 mm olarak sırası ile su kültürü ve vermikülit yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Sümbül bitkisinde en yüksek ve en düşük bitki boyu ortalamaları 216.52 mm ve 193.81 mm olarak sırası ile vermikülit ve perlit yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. Nergis bitkisinde en yüksek ve en düşük bitki boyu ortalamaları 558.59 mm ve 478.01 mm olarak sırası ile vermikülit ve su kültürü yetiştirme ortamlarında bulunmuştur (Şekil 6).



Şekil 7. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin çiçek boyu ortalamaları.

Yetiştirme ortamları çiçek boyu bakımından karşılaştırıldığında, lalede en yüksek çiçek boyu ortalamaları perlit ve torf yetiştirme ortamlarında 70.99 mm ve 69.37 mm olarak elde edilmişken, en düşük çiçek boyu ortalaması su kültürü yetiştirme ortamında 65.66 mm olarak belirlenmiştir. En yüksek ve en düşük çiçek boyu ortalamaları sümbül bitkisinde 90.34 mm ve 71.39 mm olarak sırası ile torf ve perlit yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Nergis bitkisinde ise en yüksek ve en düşük çiçek boyu ortalamaları 95.94 mm ve 88.40 mm olarak sırası ile vermikülit ve su kültürü ortamlarında belirlenmiştir (Şekil 7).



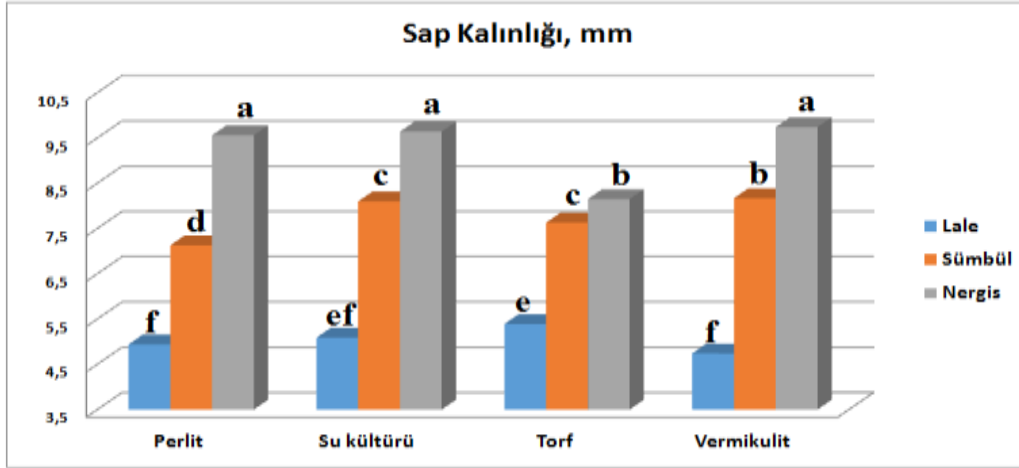
Şekil 8. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin çiçek genişliği ortalamaları.

Çiçek genişliği bakımından lale bitkisinde en yüksek ve en düşük ortalamalar 66.25 mm ve 61.58 mm olarak sırası ile torf ve su kültürü yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Sümbül bitkisinde en yüksek ve en düşük çiçek genişliği ortalamaları 54.84 mm ve 47.51 mm olarak sırası ile perlit ve su kültürü yetiştirme ortamlarında belirlenmiştir. Nergis bitkisinde en yüksek ve en düşük çiçek genişliği ortalamaları 86.44 mm ve 72.05 mm olarak su kültürü ve vermikülit yetiştirme ortamlarında bulunmuştur (Şekil 8).

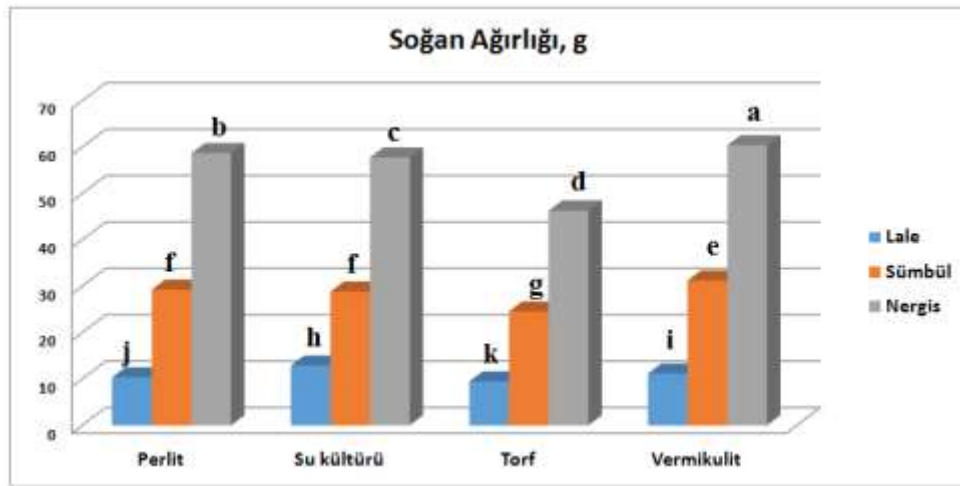
Şekil 9 dikkate alındığında, lale bitkisi için en yüksek ve en düşük sap kalınlığı ortalamaları sırası ile 5.39 mm ve 4.74 mm olarak sırası ile torf ve vermikülit yetiştirme ortamlarında elde edilmiştir. Sümbül bitkisinde en yüksek ve en düşük sap kalınlığı ortalamaları 8.17 mm ve 7.13 mm olarak sırası ile vermikülit ve perlit yetiştirme ortamlarında bulunmuştur. Nergis bitkisinde ise en yüksek ve en düşük sap kalınlığı ortalamaları 9.74 mm ve 8.15 mm olarak sırası ile vermikülit ve torf ortamlarında bulunmuştur.

Yetiştirme ortamları soğan ağırlığı bakımından karşılaştırıldığında, lalede en yüksek soğan ağırlığı ortalamaları su kültürü yetiştirme ortamında 12.86 mm olarak elde edilmişken, sümbül ve nergis bitkilerinde sırasıyla 31.25 mm ve 60.38 mm olarak vermikülit yetiştirme ortamında elde edilmiştir. Lale, sümbül ve nergis bitkilerinde en düşük soğan ağırlığı ortalamaları torf yetiştirme ortamında sırasıyla 9.44 mm, 24.55 mm ve 46.30 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 10).



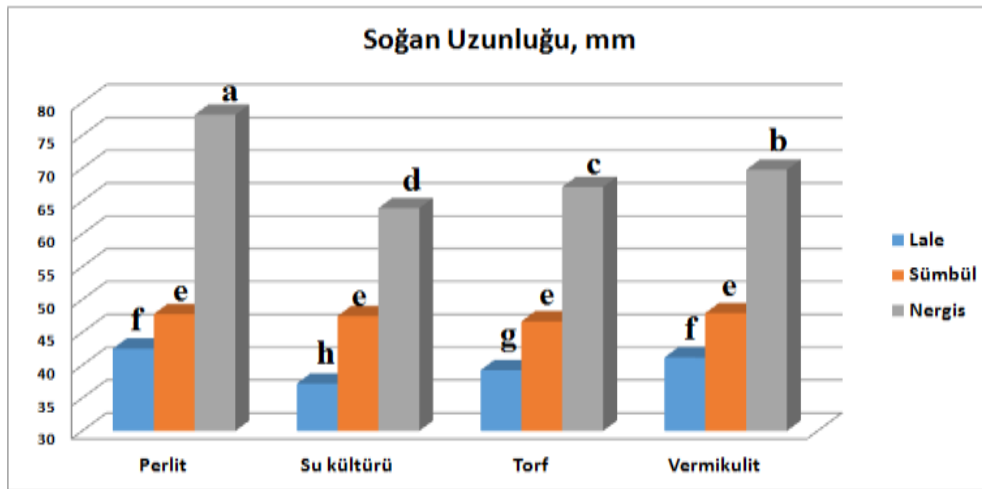


Şekil 9. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin sap kalınlığı ortalamaları.



Şekil 10. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin soğan ağırlığı ortalamaları.

Lale ve nergis bitkilerinde en yüksek soğan uzunluğu ortalamaları perlit yetiştirme ortamında sırasıyla 42.53 mm ve 78.15 mm olarak belirlenmişken, sümbül bitkisi için 47.94 mm olarak vermikülit yetiştirme ortamında elde edilmiştir. En düşük soğan uzunluğu ortalamaları lale ve nergis bitkilerinde su kültürü yetiştirme ortamında sırasıyla 37.20 mm ve 63.93 mm olarak bulunmuştur. Sümbül bitkisinde en düşük soğan uzunluğu ortalaması torf yetiştirme ortamında 46.68 mm olarak elde edilmiştir (Şekil 11).



Şekil 11. Farklı yetiştirme ortamlarında yetiştirilen bitkilerin soğan uzunluğu ortalamaları.

Topraksız kültürün ticari kullanımı Türkiye'de son yıllarda giderek artmaktadır. Özellikle topraksız kültür tekniklerinin süs bitkileri sebze ve süs bitkileri üretiminde kullanılması ve topraksız kültür üzerine birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. Birçok araştırmacı (Şirin, 2011; Roosta ve ark., 2016; Khalaj ve Noroozisharaf, 2020; Kharrazi ve ark., 2020) soğanlı süs bitkisi olan gerbera yetiştiriciliğinde topraksız ortam kullanmışlardır. Farklı yetiştirme ortamlarının (zeolit, perlit, pomza, turba, kum, talaş, Hindistan cevizi lifi) *Galanthus elwesii* Hook'un soğan ve bitki büyümesi üzerindeki etkileri topraksız kültür koşullarında araştırılmış ve sonuç olarak bitkinin kalite özelliklerini arttırmak için topraksız yetiştirme koşullarında ortam olarak Hindistan cevizi lifi ve torfun kullanılabilirliği bildirilmiştir (Kahraman ve Özzambak, 2015). Bu çalışmada toprak içermeyen farklı yetiştirme ortamlarının soğanlı bitkilerin gelişim kriterleri üzerindeki etkilerinin bitki çeşidine bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir. Lale bitkisinde torf yetiştirme ortamında bitki gelişimi kriterleri daha yüksek bulunmuşken, sümbül bitkisi için vermikülit yetiştirme ortamı, nergis bitkisinde ise vermikülit ve su kültürü yetiştirme ortamları bitki gelişimi bakımından daha etkili bulunmuştur. Resh (1991) topraksız yetiştirme ortamlarında farklı çeşitler ve bitki türlerinin farklı besin elementi gereksinimleri olduğunu bildirmiştir. Yetiştirme ortamındaki havalanma, nem içeriği, sıcaklık, besin elementi içeriği vb. koşulların farklı bitki türlerine göre kök ve toprak üstü organların gelişimi üzerine farklı etkilerde bulunduğu bilinmektedir (Marschner, 1995). Bu çalışmada da farklı topraksız yetiştirme ortamlarının, farklı soğanlı süs bitkilerinin gelişim kriterleri üzerindeki etkileri türler arasında farklılık göstermiştir.

## Sonuç

Toprak, bitki yetiştirme için en uygun yetiştirme ortamı olmakla birlikte, hastalığa neden olan organizmaların ve nematodların varlığı, olumsuz toprak reaksiyonları, toprak sıkışması, zayıf drenaj, erozyon tahribi, besin elementi noksanlığı kuraklık vb. toprak verimliliğinin azalmasına neden olan bazı önemli dezavantajlardan dolayı çiçekli bitkiler ve süs bitkileri yetiştiriciliğinde verim ve kalitenin düşük olmasına yol açabilir (Sengupta, 2012). Bu bakımdan dünyada olduğu gibi ülkemiz ekonomisine de önemli katkı sağlayan (TUİK, 2020; Anonim, 2021b) soğanlı süs bitkileri yetiştiriciliğinde bu tür olumsuzlukların kontrol altına alındığı, daha ekonomik ve daha az iş gücüne gereksinim duyulan topraksız kültürün kullanılması yararlı olacaktır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında topraksız kültürde vermikülit ortamının özellikle nergis gelişiminde etkili olabileceği söylenebilir.

## Kaynaklar

- Anonim, 2021a. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Crop-Production-2020-33737> Erişim tarihi: 19.05.2021
- Anonim, 2021b. Ornamental Plants and Products Sector Report 2020. Erişim: <http://www.susbitkileri.org.tr/images/d/library/f3e9a4f0-abd9-4d63-8f39-e1b5451f5a3d.pdf> Erişim tarihi: 10.05.2021
- Awang Y, Shaharom AS, Mohamad RB, Selamat A, 2009. Chemical and physical characteristics of cocopeat based media mixtures and their effects on the growth and development of *Celosia cristata*. Amer. J. Agric. Biol. Sci. 4: 63-71.
- Bay G, 2011. Süs Bitkileri Sektör Raporu. Orta Anadolu İhracatçı Birlikleri Genel Sekreterliği Yayını.
- Chen M, Guo Q, Pei F, Chen L, Rehman S, Liang S, Dang Z, Pingxiao W, 2020. The role of Fe (III) in enhancement of interaction between chitosan and vermiculite for synergistic co-removal of Cr (VI) and Cd (II). Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 606: 125356.
- Çelik H, 2010. Süs Bitkileri ve Peyzaj (İç Mekân Süs Bitkileri, Tek Yıllık Bahçe Çiçekleri ve Peyzaj). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 54. sf:202.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları, Yayın No: 1021, Ders Kitabı: 295, A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara. sf: 381.
- Grekova A, Strelva S, Gordeeva L, Aristov Y, 2019. "LiCl/vermiculite - Methanol" as working pair for adsorption heat storage: Adsorption equilibrium and dynamics, Energy. 186: 115775.
- Gül A, 2008. Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık, 144s, İstanbul.
- Gülçür B, 2015. Dünya'da, AB'de ve Türkiye'de Süs Bitkileri Sektöründeki Gelişmeler ile Bu Alandaki Uluslararası Fuarlar. AB Uzmanlık Tezi. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Avrupa Birliği ve Dış İlişkiler Genel Müdürlüğü.
- Hoagland DR, Arnon DI, 1938. The water culture method for growing plants without soil. Circ. Calif. Agr. Exp. Sta. pp: 347-461.

- Kahraman Ö, Özzambak E, 2015. Farklı yetiştirme ortamlarının Toros kardeleni (*Galanthus elwesii* Hook.)'nin soğan performansı üzerine etkileri. ÇOMÜ Zir. Fak. Derg. 3(1): 109-114.
- Karaman MR, 2012. Bitki Besleme. Gübretaş Rehber Kitaplar Dizisi: 2, 66.
- Khalaj MA, Noroozisharaf A, 2020. Efficiency of ammonium and nitrate ratios on macronutrient content and morphological properties of *Gerbera jamesonii* cut flower. Agri. Con. Sci 85(3): 281-289.
- Kharrazi M, Sharifi A, Nejatizadeh S, Khadem A, Moradian M, 2020. Selection of optimal cultivation media for gerbera (*Gerbera Jamesonii*) growth in the hydroponic culture system. J. Hort. Sci.. 34(2): 261-271.
- Li L, Xiangming Z, Yanlin L, Chenchen G, Lingchao L, Xinghua F, Wenhong T, 2017. Water absorption and water/fertilizer retention performance of vermiculite modified sulphoaluminate cementitious materials. Const. Build. Mate. 137: 224-233.
- Marschner H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (2nd ed.). Elsevier Science and Technology Books.
- Resh HM, 1991. Hydroponic Food Production: A Definitive Guidebook of Soilless Food Growing Methods, 3rd ed. Woodbridge Press Publishing Co., ISBN 0-88007-171-0, California, s. 462.
- Roosta HR, Manzari Tavakkoli M, Hamidpour M, 2016. Comparison of different soilless media for growing gerbera under alkalinity stress condition. J. Plant Nut. 39(8): 1063-1073.
- Sengupta A, Banerjee H, 2012. Soil-less culture in modern agriculture. World J Sci Technol. 2(7): 103-108.
- Sindhu SS, Gholap DB, Singh MC, Dhiman MR, 2009. Effect of media amendments on physico-chemical properties and leaf nutrient concentration on gerbera (*Gerbera jamesonii*). Indian J. Agri. Sci. 79: 110-114.
- Sindhu SS, Gholap DB, Singh MC, Dhiman MR, 2010. Effect of medium amendments on growth and flowering in gerbera. Indian J. Hort. 67: 391-394.
- Şirin U, 2011. Effects of different nutrient solution formulations on yield and cut flower quality of gerbera (*Gerbera jamesonii*) grown in soilless culture system. Afr. J. Agric. Res. 6(21): 4910-4919.
- TÜİK 2020. Türkiye İstatistik Kurumu

## 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.

**Öz (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.

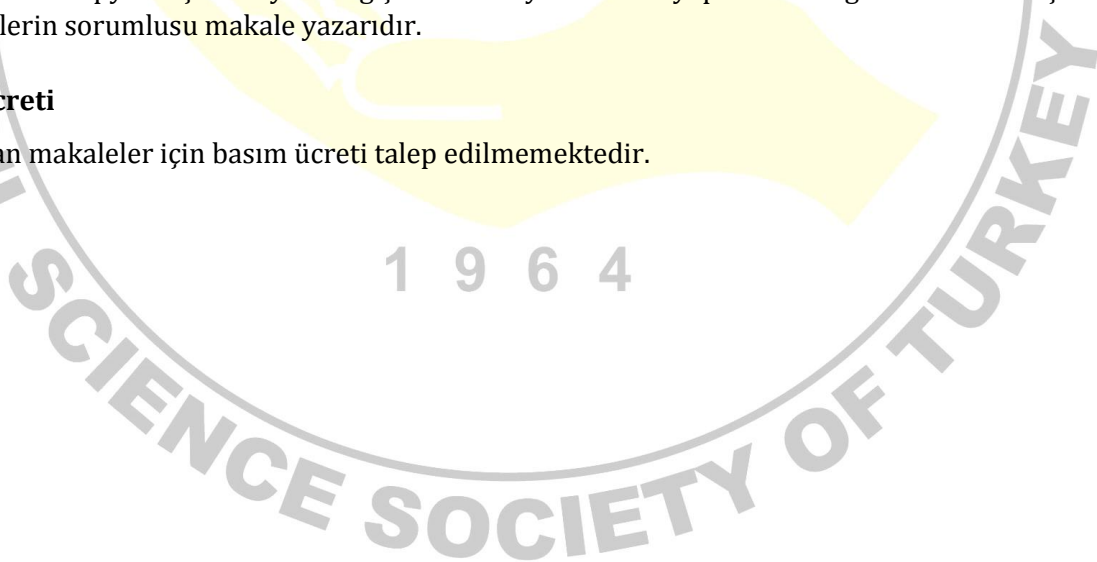
**Kabul Sonrası**

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.