



**2025**

Cilt/Volume : **13**

Sayı/Number : **1**

eISSN : 2146 - 8141

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

Türkiye Toprak Bilimi  
Derneği Yayınıdır

# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

( Journal of Soil Science and Plant Nutrition )





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



## SAHİBİ

Dr. Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

## EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr. Coşkun GÜLSER  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr. Rıdvan KIZILKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

## BÖLÜM EDİTÖRLERİ

Dr. Füsün 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: 2025

CİLT : 13

SAYI : 1

SAYFA : 1 – 101

## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi arazisinde tarla bitkileri üretimi yapılan toprakların verimlilik durumlarının incelenmesi** 1  
*Akın Erbek,, Hakan Çelik*
- Alkalın karakterli bir toprakta yetiştirilen marul bitkisinin (*Lactuca sativa* l.) gelişimi üzerine asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün etkisi** 13  
*Mehmet Burak Taşkın*
- Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu** 21  
*Ebru Erkan, Nazlı Dide Kutluk Yılmaz*
- Altordo düzeyinde sınıflandırılmış topraklarda bitki besin elementleri düzeylerindeki değişimler** 33  
*Yakup Kenan Koca*
- Ticari firmaların önerdiği organik gübre kullanım dozlarının kavun üretimindeki etkileri** 45  
*Ahmet Şafak Maltaş*
- Endüstriyel kenevirde lif verimi-Bor ilişkisi** 53  
*Esat Tokgöz, Kutluhan Güngör, Hanife Akça, Mehmet İpek, Mehmet Satı Sezer, Mert Durmuş, Süleyman Taban*
- Diatomit uygulamasının bazı toprak özellikleri ve Atterberg limitleri üzerine etkileri** 62  
*Nutullah Özdemir, Furkan Güler*
- Arazi toplulaştırma projelerinde kullanılan toprak indeks değerlerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi** 71  
*Eyüp Uzun, Hakan Arslan*
- Türkiye’de toprak sağlığı kavramının ülkesel politika ve stratejilere bütünleştirilmesi** 81  
*Günay Erpul, Reaşt Akgöz*

### DERLEME MAKALELER

- Karbon noktalarının farklı kil mineralleri üzerindeki etkisi** 96  
*Kadir Yılmaz, Ömer Faruk Demir, Burak Özbek*



## Bursa Uludağ Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi arazisinde tarla bitkileri üretimi yapılan toprakların verimlilik durumlarının incelenmesi<sup>†</sup>

Akın ERBEK<sup>1</sup>, Hakan ÇELİK<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim, Bursa

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

### Öz

Bitkisel üretimde verim ve kalitenin artırılmasına yönelik yapılan kültürel uygulamalar içerisinde gübreleme oldukça önemli bir yere sahiptir. Gübre uygulamalarının ise, toprak ve bitki analizleriyle elde edilecek olan verilerin bilimsel olarak değerlendirilmesi sonucunda bilinçli bir şekilde yapılması büyük önem arz etmektedir. Bu sayede bol ve kaliteli üretim yanı sıra, gereğinden fazla gübre ve ilaç kullanılmaması sayesinde ekonomik, aynı zamanda çevre ve insan sağlığının korunduğu bir üretim gerçekleşmiş olacaktır. Bu çalışmada; Bursa ili, Uludağ Üniversitesi yerleşkesinde yer alan Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezinde tarla bitkileri üretimi yapılan toprakların 0-30 cm derinliklerinden alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Elde edilen sonuçların referans değerlerle karşılaştırılması sağlanarak toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesine ve bitkilerin olası beslenme sorunlarının tespit edilmesine çalışılmıştır. Elde edilen bulgulara göre, tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılan toprakların genel olarak kil ve killi tın bünyeli oldukları görülmüştür. Toprakların 6,07-7,79 arasında değişen pH'ya (1:2.5 w/v), 275,0-838,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişen EC'ye, %0,40-7,81 arasında değişen  $\text{CaCO}_3$ 'a ve %0,51-3,18 arasında değişen oranlarda organik maddeye sahip oldukları belirlenmiştir. Topraklar arasında besin elementlerinin yetersiz ve fazla sınırlar arasında olduğu araziler tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin toplam azot içerikleri %0,060-0,151 arasında ve yarıyışlı fosfor içerikleri ise 0,780-33,92  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında belirlenmiştir. Toprakların ekstrakte edilebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum içerikleri ise sırasıyla 60,0-1178,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , 4378,0-8635,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , 177,0-1374,0  $\text{mg kg}^{-1}$  ve 90,0-211,0  $\text{mg kg}^{-1}$  arasında değişim göstermiştir. Mikro elementlerden demirin 2,22-15,32  $\text{mg kg}^{-1}$ , bakırın 0,95-22,85  $\text{mg kg}^{-1}$ , çinkonun 0,53-2,14  $\text{mg kg}^{-1}$ , manganın 1,99-42,97  $\text{mg kg}^{-1}$  ve borun 0,29-0,61  $\text{mg kg}^{-1}$  değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Yapılan çalışmanın sonuçlarından toprakların homojen bir yapıya sahip olmadığı, uygulama farklılıkları nedeniyle bitki besin elementi miktarlarının geniş bir dağılım gösterdiği görülmüştür. Bu durumun elementler arasındaki antagonistik ilişkileri tetikleyerek arazide yer yer makro ve mikro bitki besin elementi noksanlıklarının görülmesine yol açtığı tespit edilmiştir. Arazilerde toprak analizi sonuçlarına dayalı olmayan bilinçsiz bir gübreleme programının izlendiği, organik gübre kullanımına da yeterince önem verilmediği görülmüştür. Arazideki topraklarda homojenliğin sağlanması ve tüm besin elementlerinin de optimum düzeye getirilebilmesi öncelikle ele alınmalıdır. Daha sonrasında ürün bazlı gübreleme programlarının oluşturulmasına gereksinim bulunmaktadır. Kimyasal ve ya organik gübre çeşit ve dozları ile uygulama yöntem ve zamanlarının mutlak surette toprak analiz sonuçlarına göre programlanması, gereksiz gübre kullanımının önlenmesinin ve üretim yapanların bu konuya hassasiyet göstermesinin üretimde kalite ve ürün artışı için gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Besin elementleri, interaksiyon, kaliteli üretim, verim.

### Examination of soil fertility status for field crop production at Bursa Uludağ University Agricultural Practice and Research Center

#### Abstract

Fertilization has a very important place among the cultural practices aimed at increasing yield and quality in plant production. It is of great importance that fertilizer applications are made consciously, as a result of scientific evaluation of the data obtained from soil and plant analysis. In this way, in addition to abundant and high-quality production, an economical production will be achieved by not using excessive amounts of fertilizer and pesticide, while at the same time protecting the environment and human health. In this study, some physical and chemical analyses of soil samples taken from 0-30 cm depths of the soil where field crops are produced in the Agricultural Application and Research Center located in Uludağ University campus in Bursa province were

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (543) 760 5410

E-posta : [hcelik@uludag.edu.tr](mailto:hcelik@uludag.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ** <sup>†</sup>(özeti Uluslararası AGBIOL 2024 Kongresinde sunulmuştur)

Geliş Tarihi : 30 Ağustos 2024

Kabul Tarihi : 23 Nisan 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1539539

carried out. By comparing the obtained results with reference values, an attempt was made to determine the fertility status of the soils and to identify possible nutritional problems of the plants. According to the findings, it was observed that the soils where field crops were grown generally had clay and clay loam texture. It was determined that the soils had pH values (1:2,5 w/v) ranging from 6,07 to 7,97, electrical conductivity (EC) values ranging from 275,0 to 838,0  $\mu\text{S cm}^{-1}$ ,  $\text{CaCO}_3$  contents ranging from 0,40% to 7,81%, and organic matter contents ranging from 0,51% to 3,18%. It was found that nutrient elements in the soils ranged between deficient and excessive limits. Total nitrogen contents of the soil samples were determined between 0,060%-0,151% and available phosphorus contents were determined between 0,780 and 33,92  $\text{mg kg}^{-1}$ . Extractable potassium, calcium, magnesium and sodium contents of the soils varied between 60,0-1178,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , 4378,0-8635,0  $\text{mg kg}^{-1}$ , 177,0-1374,0  $\text{mg kg}^{-1}$  and 90,0-211,0  $\text{mg kg}^{-1}$  respectively. It was observed that the values of microelements ranged from 2,22 to 15,32  $\text{mg kg}^{-1}$  for iron, 0,95 to 22,85  $\text{mg kg}^{-1}$  for copper, 0,53 to 2,14  $\text{mg kg}^{-1}$  for zinc, 1,99 to 42,97  $\text{mg kg}^{-1}$  for manganese and 0,29 to 0,61  $\text{mg kg}^{-1}$  for boron. The results of the study showed that the soils did not have a homogeneous structure and the amounts of plant nutrients showed a wide distribution due to differences in application. It has been determined that this situation triggers antagonistic relationships between elements, leading to macro and micro plant nutrient deficiencies in the field. It has been observed that an unconscious fertilization program, not based on soil analysis results, is followed in the fields and that sufficient importance is not given to the use of organic fertilizers. Ensuring homogeneity in the soil in the field and optimizing all nutritional elements should be addressed first. Afterwards, there is a need to create product-based fertilization programs. It has been concluded that it is necessary to program the types and doses of chemical or organic fertilizers and their application methods and times according to the soil analysis results, to prevent unnecessary fertilizer use and for producers to be sensitive to this issue in order to increase the quality and yield in production.

**Keywords:** Nutrient elements, interaction, quality production, yield.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Toprak verimliliği, tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini sağlamak ve bitki gelişimini optimize etmek için kritik bir öneme sahiptir. Toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, bu toprakların en verimli şekilde kullanılması ve sürdürülebilir bir üretim yapılabilmesi için gerekli önlemlerin alınmasına olanak tanır. Bu özellikler, toprak verimliliğinin ve bitki sağlığının değerlendirilmesi için temel bileşenlerdir (Tümsavaş ve Aksoy, 2008; Özden ve ark., 2022; Sökmen ve ark., 2024).

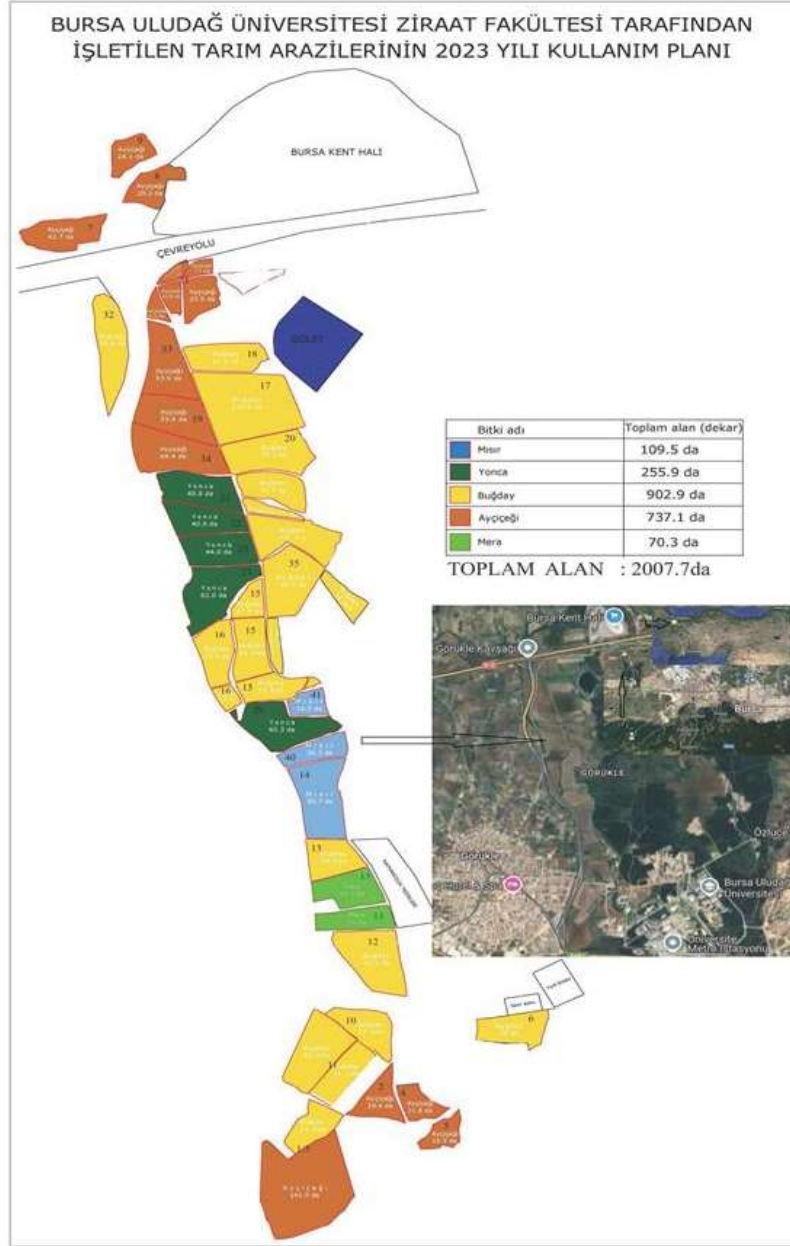
Günümüzde, sanayileşme, hızlı nüfus artışı ve kentselleşmeye bağlı olarak tarım alanlarında ve tarımsal üretimdeki daralma nedeniyle yeterince beslenemeyen ve açlık çeken toplumlar hala varlığını sürdürmektedir. Bu durum, tarımsal üretimin artırılmasının önemini ve zorunluluğunu ortaya koymaktadır. Tarımsal üretimin artırılmasında en etkili yol, birim alandan alınan ürün miktarını artırmaktır. Verim gücü yüksek tohum çeşitlerinin kullanımı, uygun gübreleme stratejileri ve sulama yöntemleri, tarımsal verimliliği artırmanın temel yollarıdır. Ancak, bu yöntemlerin etkin olabilmesi için, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin detaylı bir şekilde analiz edilmesi gerekmektedir (Özden ve ark., 2022; Kalkancı ve ark., 2024; Sökmen ve ark., 2024).

Türkiye’de tarım yapılan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri büyük farklılıklar göstermektedir. Bursa ili toprakları; daha önce yapılmış olan çalışmalarda genel olarak orta bünyeli, tuzluluk sorunu olmayan, hafif alkali reaksiyona ve farklı miktarlarda kireç içeriklerine sahip, organik madde içerikleri çoğunlukla düşük olan, azot, fosfor ve potasyum gibi makro besin elementlerinin yetersizliğinin yaygın olarak görüldüğü topraklar şeklinde ifade edilmiştir (Çelik ve Katkat, 2005; Çelik ve Katkat, 2010; Turan ve ark., 2010; Akça ve ark., 2015; Taşkın ve ark., 2018; Çelik ve Urhan, 2020). Çalışmalarda Bursa ili topraklarının yüksek tarım potansiyeline sahip olmasına rağmen; toprakların yüksek pH ve kireç ile düşük organik madde içerikleri nedeniyle bitkilerde mikro besin elementlerinden demir, çinko ve mangan eksikliklerine sıkça rastlandığı ve bu elementlerin yetersizliğinin bitki gelişimini olumsuz yönde etkiledikleri bildirilmiştir. Bunun yanı sıra çoğunlukla toprak tahlili olmadan bilinçsizce yapılan gübreleme toprakta ve bitkide element dengesinin bozulmasına ve bitkilerde kimi hastalıkların ortaya çıkışında artışa, verim ve kalitenin ise azalmasına yol açabilmektedir (Çelik ve Katkat, 2005; Çelik ve Katkat, 2010; Turan ve ark., 2010; Çelik ve Urhan, 2020; Gül, 2021; Karaca ve ark., 2021; Seçkin, 2021; Öztürk, 2022; Öztürk ve Çelik, 2022; Sökmen ve ark., 2024; Sargın ve ark., 2025).

Bu çalışma, Bursa Uludağ Üniversitesi Kampüs sınırları içerisinde yer alan Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (ZF-TUAM) tarla bitkileri tarımı yapılan topraklarının besin elementi düzeylerinin belirlenmesi ve olası beslenme sorunlarının ortaya konularak daha kaliteli ve bol ürün elde edilebilmesine yol göstermesi amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen veriler doğrultusunda toprak verimliliğinin ve kalitenin artırılması, özellikle tarıma elverişli arazilerin korunmaları ve kullanılmalarında gereken özenin gösterilmesi, toprak analizlerine dayalı olmayan gereğinden az veya fazla gübrelemenin yapılmaması, çevre ve insan sağlığının korunması hususlarında dikkatlerin çekilmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışma alanı, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi (ZF-TUAM) bünyesinde yer alan, tarla tarımı yapılan arazileri kapsamaktadır. Örnekleme yapılan alanların arazi kullanımlarına ait dağılım Şekil 1’de yer alan lokasyon haritasında sunulmuştur.



Şekil 1. Çalışma alanı arazi kullanım dağılımı

Arazi; Bursa-Merkez Nilüfer ilçesi Görükle semti ile Yolçatı (Göbelye) köyü arasında yer almaktadır. Bursa-Balıkesir karayolundan başlayan arazi; kuzeye doğru, yaklaşık 750-1000 metre genişlikte bir şerit halinde, arazinin kuzey sınırını oluşturan Nilüfer çayına kadar uzanmaktadır (Katkat ve ark., 1984; Özgüven ve Katkat, 1997; Aksoy ve Özsoy, 2004). Arazinin güney ve doğusu orta eğimli olup, güneydeki araziler kuzeye, doğu kesimindeki araziler ise batıya doğru eğimlidir. Çiftlik arazisinin güney kesiminde yer alan topraklar hafif eğimli olup ortalama %3 civarındadır. Bu bölümün güney sınırında %5-6 olan eğim, kuzeye doğru giderek azalmakta ve Nilüfer Çayı civarında %0,5-1,0'e düşmektedir. Arazide küçük çöküntü ve kabartıların olduğu mikrorölyef gözlenmektedir. Orta eğimli kısımlarda erozyon nedeniyle yuvarlaklaşmalar, kuru derelerle kesilmeler nedeniyle oluşan engebeler göze çarpmaktadır. Arazi üzerinde yapılan çalışmalar sonucunda büyük çoğunluğu Vertisol ve Rendzina olmak üzere, Kahverengi Orman Toprakları ve az miktarda Alüvyial topraklardan oluşan dört büyük toprak grubu belirlenmiştir (Katkat ve ark., 1984; Aksoy ve Özsoy, 2004; Karaata, 2014). ZF-TUAM'a ait güncel arazi örtüsü/arazi kullanım haritası, toprak serileri

haritası, sayısal yükseklik modeli, eğim haritaları ve öznetelik tabloları ile veri tabanları oluşturulmasına ait yürütülen çalışmada 3145 da'lık alanda tarım arazilerinin 2279 da alan kapladığı, arazilerin 895,5 da'nının Çiftlik serisi topraklardan oluştuğu ve bunun da 449,5 da Açma 377,7 da Taşköprü serilerinin takip ettiği bildirilmiştir. Arazi deniz seviyesinden 54,6 m-143,9 m yükseklikler arasında uzanmakta olup düz, düze yakın eğimli arazilerin 1925,9 da alan kapladığı ifade edilmiştir (Karaata, 2014). Arazi Akdeniz iklimine benzeyen Marmara ikliminin etkisi altındadır. İklimin genel karakteri yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Yıllık ortalama sıcaklık 14,4°C, yıllık ortalama yağış 710 mm'dir (Katkat ve ark., 1984; Aksoy ve Özsoy, 2004; Karaata, 2014). Arazinin büyük bir bölümünde kuru tarla tarımı yapılmakta olup en fazla hububat, ayçiçeği mısır vb. kültür bitkileri yetiştirilmektedir. Bunların yanı sıra yonca ve mer'a alanları da mevcuttur. Çalışma alanı; üzerinde yetiştirilen bitki bazında gruplandırılmış ve her araziden farklı noktalardan 0-30 cm derinlikten alınan toprak örneklerinden karma toprak örnekleri oluşturularak verimlilik esasına dayalı toprak analizleri yapılmıştır. Alınan karma toprak örnekleri en kısa sürede laboratuvara getirilerek toprakların hava kurusu hale gelmeleri sağlanmıştır. Kuruyan toprak örnekleri, tahta tokmaklarla dövüldükten sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde kum, kil ve silt fraksiyonları hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1962), pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri ise 1:2,5 toprak-su süspansiyonunda belirlenmiştir (Rhoades, 1982). Toprakların kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) içerikleri, Scheibler kalsimetresiyle (Nelson, 1982); organik madde içerikleri, modifiye Walkley-Black yöntemine göre (Nelson ve Sommers, 1982); toplam N içerikleri ise Kjeldahl metoduna göre belirlenmiştir (Bremner, 1965). Toprakların yarıyışlı fosfor içerikleri Olsen metoduna göre spektrofotometrik olarak (Watanabe ve Olsen, 1965); 1 N amonyum asetatla (pH 7,0) ekstrakte edilebilir Na, K, Ca ve Mg, süzüklerin Eppendorf Elex 6361 (Eppendorf, Hamburg, Almanya) model alev fotometresinde okunması ile belirlenmiştir (Horneck ve Hanson, 1998). Toprakların DTPA (0,005 M DTPA + 0,01 M  $\text{CaCl}_2$  + 0,1 M TEA pH 7,3) ile ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn ve Mn içerikleri ise süzüklerin ICP-OES cihazında (Perkin Elmer Optima 2100DV, ABD) okunması ile belirlenmiştir (Hansen ve ark., 2013). Toprakların sodyum asetat ( $\text{NaCH}_3\text{COO}$ ) (pH:4,8) ile 1:2 (w/v) oranında ekstraksiyonu sonucunda elde edilen bor miktarı, 420 nm dalga boyunda azomethine-H ile renklendirilerek spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Wolf, 1971).

Analiz sonucunda lokasyonlardan elde edilen verilerin sonuçları Çizelge 1'de sunulan sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Analizlerden elde edilen ortalamalar, minimum ve maksimum değerleri bitki bazında gruplandırılarak Çizelge 2, 3 ve 4'te sunulmuştur.

Çizelge 1. Toprak analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan sınır değerler.

| Parametre                 | Yeterlilik sınıfı    |                                                 |                        |                         |                          | Kaynak                     |
|---------------------------|----------------------|-------------------------------------------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|----------------------------|
| pH (1:2,5 w/v)            | Orta Asit<br>4,5-5,5 | Hafif Asit<br>5,5-6,5                           | Nötr<br>6,5-7,5        | Hafif Alkali<br>7,5-8,5 | Alkali<br>>8,5           | (Richards, 1954)           |
| EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$ | Tuzsuz<br><200       | Hafif Tuzlu<br>200-400                          | Orta Tuzlu<br>400-1000 | Çok Tuzlu<br>>1000      |                          | (Uyanöz ve ark., 2012)     |
| Kireç, %                  | Az kireçli<br><1     | Kireçli<br>1-5                                  | Orta Kireçli<br>5-15   | Fazla Kireçli<br>15-25  | Çok Fazla Kireçli<br>>25 | (Eyüpoğlu, 1999)           |
| Organik Madde, %          | Çok az<br><1         | Az<br>1-2                                       | Orta<br>2-3            | İyi<br>3-4              | Yüksek<br>>4             | (Eyüpoğlu, 1999)           |
| N, mg $\text{kg}^{-1}$    | Çok Az<br>< 0,045    | Az<br>0,045-0,090                               | Yeterli<br>0,090-0,170 | Fazla<br>0,170-0,320    | Çok Fazla<br>>0,320      | (FAO, 1990)                |
| P, mg $\text{kg}^{-1}$    | Çok Az<br><2,5       | Az<br>2,5-8,0                                   | Yeterli<br>8,0-25      | Fazla<br>25-80          | Çok Fazla<br>>80         | (FAO, 1990)                |
| K, mg $\text{kg}^{-1}$    | Çok Az<br><50        | Az<br>50- 110                                   | Yeterli<br>110-290     | Fazla<br>290-1000       | Çok Fazla<br>>1000       | (Sillanpaa, 1990)          |
| Ca, mg $\text{kg}^{-1}$   | Çok Az<br>< 238      | Az<br>238-1150                                  | Yeterli<br>1150-3500   | Fazla<br>3500-10000     | Çok Fazla<br>>10000      | (Sillanpaa, 1990)          |
| Mg, mg $\text{kg}^{-1}$   | Çok Az<br><50        | Az<br>50-160                                    | Yeterli<br>160-480     | Fazla<br>480-1500       | Çok Fazla<br>>1500       | (Sillanpaa, 1990)          |
| Na, mg $\text{kg}^{-1}$   | Yeterli*<br>< 46     | Duyarlı Bitkiler için sınır değer**<br>430-2300 |                        |                         |                          | (Sönmez, 2003)             |
| Fe, mg $\text{kg}^{-1}$   | Az<br>< 2,5          | Orta<br>2,5-4,5                                 | Yüksek<br>> 4,5        |                         |                          | (FAO, 1990)                |
| Cu, mg $\text{kg}^{-1}$   | Yetersiz<br>< 0,2    | Yeterli<br>> 0,2                                |                        |                         |                          | (FAO, 1990)                |
| Zn, mg $\text{kg}^{-1}$   | Çok Az<br>< 0,2      | Az<br>0,2-0,7                                   | Yeterli<br>0,7-2,4     | Fazla<br>2,4-8,0        |                          | (FAO, 1990)                |
| Mn, mg $\text{kg}^{-1}$   | Çok Az<br><4         | Az<br>4-14                                      | Yeterli<br>14-50       | Fazla<br>50-170         |                          | (FAO, 1990)                |
| B, mg $\text{kg}^{-1}$    | Az                   | Yeterli                                         | Fazla                  | Çok Fazla               |                          | (Miller, 1998; Eyüpoğlu ve |

## Bulgular ve Tartışma

### Çalışma alanı topraklarının özellikleri

Yöntem kısmında belirtilen toprak özelliklerine ait sonuçlar ile bu sonuçlara ait en düşük, en yüksek ve ortalama değerler Çizelge 2’de sunulmuştur. Toprakların pH değerleri 6,07 ile 7,97 arasında değişmekte olup, ortalama pH 7,32 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Richards (1954) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların hafif asitten hafif alkali reaksiyona kadar değişen bir pH’ya sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 1). Bursa ili topraklarında yapılan daha önceki çalışmalarda da toprakların pH değerleri 5,94-8,72 arasında bulunmuş, çalışmamızdan elde ettiğimiz sonuçlarla literatürün genel olarak benzerlik gösterdiği anlaşılmıştır (Özgüven ve Katkat, 1997; Başar, 2001; Tümsavaş ve Aksoy, 2008; Turan ve ark., 2010; Çelik ve Urhan, 2020).

Çizelge 2. Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Arazisinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Analiz Sonuçları

| Ürün     | Örnek sayısı |          | pH (1:2,5) | EC, $\mu\text{S cm}^{-1}$ | CaCO <sub>3</sub> , % | Organik Madde, % | Kum, % | Kil, % | Silt, % | Bünye sınıfı |
|----------|--------------|----------|------------|---------------------------|-----------------------|------------------|--------|--------|---------|--------------|
| Buğday   | 12           | Min.     | 6,49       | 275,00                    | 0,40                  | 0,51             | 26,40  | 41,20  | 16,20   |              |
|          |              | Max.     | 7,82       | 743,00                    | 4,48                  | 3,06             | 39,30  | 52,50  | 22,50   |              |
|          |              | Ort.     | 7,28       | 428,00                    | 1,24                  | 1,45             | 34,92  | 45,21  | 19,91   | Kil          |
| Ayçiçeği | 11           | Min.     | 6,07       | 314,00                    | 0,40                  | 0,49             | 20,08  | 42,56  | 17,55   |              |
|          |              | Max.     | 7,95       | 838,00                    | 7,81                  | 2,39             | 39,23  | 57,03  | 23,79   |              |
|          |              | Ort.     | 6,93       | 495,00                    | 2,10                  | 1,46             | 28,12  | 50,85  | 21,13   | Kil          |
| Mısır    | 4            | Min.     | 6,35       | 402,00                    | 0,40                  | 2,22             | 12,82  | 36,72  | 20,31   |              |
|          |              | Max.     | 7,97       | 711,00                    | 3,40                  | 2,95             | 42,76  | 60,51  | 26,28   |              |
|          |              | Ort.     | 7,46       | 511,17                    | 1,32                  | 2,73             | 33,24  | 43,96  | 22,76   | Kil          |
| Yonca    | 3            | Min.     | 7,04       | 410,00                    | 0,56                  | 1,20             | 26,32  | 42,68  | 20,28   |              |
|          |              | Max.     | 7,73       | 768,00                    | 1,85                  | 2,19             | 36,91  | 51,49  | 22,60   |              |
|          |              | Ort.     | 7,45       | 592,66                    | 1,16                  | 1,73             | 32,93  | 45,94  | 21,39   | Kil          |
| Mera     | 1            | Min.     | 7,69       | 285,00                    | 1,68                  | 2,39             | 40,33  | 41,56  | 17,67   |              |
|          |              | Max.     | 7,78       | 331,00                    | 1,76                  | 2,52             | 40,49  | 42,40  | 18,00   |              |
|          |              | Ort.     | 7,73       | 307,00                    | 1,73                  | 2,43             | 40,42  | 42,00  | 17,83   | Kil          |
|          |              | Minimum  | 6,07       | 275,00                    | 0,40                  | 0,51             | 12,82  | 36,72  | 16,20   |              |
|          |              | Maximum  | 7,97       | 838,00                    | 7,81                  | 3,18             | 42,76  | 60,51  | 26,28   |              |
|          |              | Ortalama | 7,32       | 494,06                    | 2,02                  | 1,78             | 32,95  | 46,44  | 20,55   | Kil          |

Toprakların kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriklerinin ise %0,40 - %7,81 arasında değiştiği ve ortalama kireç içeriklerinin %2,02 olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Çizelge 1’de Eyüpoğlu (1999) tarafından bildirilen sınır değerlere göre, çalışma alanı topraklarının az kireçli ile orta kireçli arasında değişen kireç içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 2).

Ordu (2020), Bursa ili Karacabey ilçesi mısır tarımı yapılan toprakların verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada; toprakların %47,50’sinin az düzeyde, %52,50’sinin ise orta düzeyde kireç içerdiğini bildirmiştir. Sönmez ve ark. (2018), genel olarak ülkemiz topraklarının kireç içeriklerinin yüksek olduğunu ancak Marmara ve Karadeniz Bölgesi’nin ise genel olarak az kireçli sınıfa girdiğini belirtmişlerdir. Çelik (2006), Bursa ili topraklarının CaCO<sub>3</sub> içeriklerinin %0,11 ile %20,13 arasında değiştiğini bildirilmiştir. Çalışmamız ile daha önce yapılan çalışmaların sonuçlarının uyumlu olduğu tespit edilmiştir. Mısır yetiştiriciliği için ideal pH aralığının 6,00-7,00 civarında olduğu bildirilmiştir (Zengin ve Özbahçe, 2011). Topraklar üzerinde yetiştirilen ürünler ve bitki besin elementlerinin alınabilirlikleri dikkate alındığında genel olarak toprakların pH değerlerinin üretim için uygun olduğu ve kireç içerikleri ile de uyumlu oldukları görülmektedir. Ancak pH’nın ve kireç içeriğinin yüksek olduğu alanlarda mikro element (Fe, Mn, Zn, B) noksanlıklarının görülebilmesi nedeniyle yüksek toprak pH’sının düşürülmesine yönelik olarak kükürt uygulaması yanı sıra mikro element katkılı fizyolojik asit karakterli gübrelerin tercih edilmesi ve mümkünse yaprakdan mikro element gübresi uygulamalarının yapılması gerekmektedir.

Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 275,00 – 838,00  $\mu\text{S cm}^{-1}$  arasında değişmekte olup, ortalama EC değeri 494,06  $\mu\text{S cm}^{-1}$  olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Uyanöz ve ark. (2012) tarafından bildirilen sınır değerlere göre, çalışma alanı topraklarının hafif tuzlu ile orta tuzlu sınıfında yer aldıkları ve tuzluluk yönünden her hangi bir sorununun olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1). Bursa ili toprakları üzerine yapılan diğer çalışmalar da, toprakların tuzluluk problemi taşımadığını ortaya koymuştur (Katkat ve ark., 1994; Öztürk ve ark., 1996; Özgüven ve Katkat, 1997; Çelik, 2006; Turan ve ark., 2010; Uysal ve ark., 2017; Çelik ve Urhan, 2020; Seçkin, 2021). Toprakların tuzlulukla ilgili sorununun bulunmaması; arazilere çok fazla gübre dozu uygulaması yapılmadığını göstermesi yanı sıra bundan sonra yapılacak gübreleme programlarında uygulanabilecek gübre doz ve çeşidinin seçiminde üreticilere alternatif sağlaması açısından da önemli görülmektedir.

Toprakların organik madde içerikleri %0,51- %3,18 arasında değişmekte olup, ortalama organik madde içeriği %1,78 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprakların organik madde içerikleri Çizelge 1’de Eyüpoğlu (1999) tarafından bildirilen sınır değerlere göre değerlendirildiğinde, toprakların çok az (<% 1) ile iyi düzey (<% 3-4) arasında çok geniş bir aralıkta değişen organik madde içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 2). Marmara bölgesi ve Bursa ilinde yapılan daha önceki çalışmalarda da toprakların yaklaşık %70-80’inde organik madde içeriklerinin az düzeyde oldukları ifade edilmiştir (Özgüven ve Katkat, 1997; Tümsavaş, 2002; Çelik, 2006; Turan ve ark., 2010; Taşova ve Akın, 2013; Akça ve ark., 2015; Taşkın ve ark., 2018; Ordu, 2020).

Çalışma alanı topraklarının genel olarak kil bünyeye sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 2). Gürel (2013), Bursa ilinde yaptığı çalışmaya ait toprakların %25’inin tın, %22’sinin kumlu tın, %16’sının kumlu killi tın ve %14’ünün de kil bünyeye sahip olduğunu bildirmiştir. Tümsavaş (2002), Bursa ilinde yaptığı bir çalışmaya ait toprak örneklerinin %72’sinin kumlu killi tın bünyeli olduğunu, diğer toprakların killi tın ve tın bünye sınıfına girdiğini ifade etmiştir. Tümsavaş (2003), yaptığı diğer bir çalışmada ise toprakların %88’inin kil bünyeye sahip olduğunu bildirilmiştir. Turan ve ark. (2010), Bursa ili alüvyal tarım topraklarının %76,67’sinin orta bünyeli (%46,66 killi tın, %16,67 kumlu tın, %6,67 killi tın, %6,67 tın) ve %23,33’ünün ince tekstürlü (%20 kil ve %3,33 kumlu kil) olduklarını belirlemişlerdir. Toprakların bünye sınıfı ile toprakların düşük organik madde içerikleri birlikte değerlendirildiğinde kil bünyeli toprakların sağlıklı kök gelişimi ve bitki vejetasyonu için çok uygun olmadığı görülmektedir. Bursa ili tarım topraklarının önemli bir kısmının orta ve ağır bünyeli topraklardan oluştuğu yapılan diğer çalışmalarda da bildirilmiştir (Uysal ve Katkat, 2005; Çelik, 2006; Çelik ve Katkat, 2010). Genel olarak iyi havalanabilen, yeterli drenaja sahip olan, zengin organik madde içeriğine sahip topraklarda bitkisel üretimin çok daha az sorunlu olarak yapılabilmesi mümkün görülmektedir. Toprağın geçirgen yapıya sahip olması kılcal kök gelişimi açısından oldukça önem arz ettiğinden aşırı su tutan ağır killi topraklarda iklim şartları ne kadar uygun olsa da bol ve kaliteli ürün için arazide yeterli drenajın sağlanabilmesi, bunun için arazi ıslahının yapılması, uygun bitki seçimi ve bol organik madde ilavesinin yapılması gerekmektedir. Mısır gibi kültüre alınan birçok bitki, yılda yaklaşık %2 seviyesinde organik madde kaybına neden olmaktadır. Bu nedenle sürekli tarım yapılan ve sulama uygulanan bölgelerde toprak organik maddesinin sürdürülebilirliğini sağlamak için dekara yaklaşık 1250 kg sap veya eşdeğer miktarda başka organik materyallerin eklenmesi gerektiği bildirilmiştir (Karaman ve ark., 2012).

### **Toprakların makro bitki besin elementi içerikleri**

Toprakların toplam azot içerikleri %0,060- %0,151 arasında değişmekte olup ortalama %0,099 azot içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprakların Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen sınır değerlerine göre az (%0,045-%0,090 N) ile yeterli (< %0,09- %0,170 N) seviye arasında toplam azot içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 3). Özgüven ve Katkat (1997) tarafından yapılan daha önceki çalışmada da bulgularımızla uyumlu olarak çiftlik topraklarının azot içeriklerini %0,051-%0,120 arasında belirlemiş, toprakların önemli bir bölümünün azotça fakir olduklarını ve bu durumun uzun yıllar tarım yapılmasından ve organik gübrelemeye yeteri kadar önem verilmemesinden kaynaklandığı ifade edilmiştir. Toprakların yarıyışlı fosfor içerikleri 0,78 mg kg<sup>-1</sup> – 33,92 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama değer 9,09 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen sınır değerlere göre, çalışma alanı topraklarının az (<2,5 mg kg<sup>-1</sup>) ile fazla (80 mg kg<sup>-1</sup>) arasında çok geniş aralıkta değişen fosfor içeriklerine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 3). Yapılan önceki çalışmalarda da il genelinde fosfor; az, orta ve yüksek değerlerde bulunmuş, bu durum toprak özellikleri yanı sıra üreticilerin toprak analizlerine dayalı olmayan bilinçsiz bir fosforlu gübreleme programı izlediklerine bağlanmıştır (Özgüven ve Katkat, 1997; Öztürk, 2022).

Toprakların ekstrakte edilebilir potasyum içerikleri 60,00 – 1178,02 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama 231,39 mg kg<sup>-1</sup> potasyum içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 3). Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların potasyum içeriklerinin az (50-110 mg kg<sup>-1</sup>) ile çok fazla (> 1000 mg kg<sup>-1</sup>) arasında çok geniş bir aralıkta değişim gösterdiği görülmüştür (Çizelge 3). Bursa yöresinde yetiştirilen şeftali bahçelerinin yeterli ve yeterli seviyenin üzerinde potasyum içerdiği bildirilmiştir (Çelik ve Katkat, 2005). Bursa yöresi ile ilgili bir başka çalışmada Tümsavaş (2002), toprakların %64’ünde yüksek, geri kalanında ise düşük düzeyde değişebilir potasyum bulunduğunu belirtmiştir. Turan ve ark. (2010), Bursa ili topraklarının %6,67’sinin az, %70’inin yeterli ve %23,33’ünün fazla miktarda değişebilir potasyum içerdiğini, Özden ve ark. (2022), potasyumun azottan sonra bitkiler tarafından bünyelerine en fazla alınan ikinci element olduğunu ve toprakta en fazla yer alan bitki besin elementlerinden biri olduğunu bildirmişlerdir. Uysal ve ark. (2017), Bursa yöresinde yürüttükleri çalışmada, toprakların %81,6’sının düşük ve çok düşük, %16,9’unun orta ve iyi, bunun yanında yalnızca %1,5’inin yüksek düzeyde potasyum içeriğine sahip olduğunu belirlemiştir. Çelik ve Batmaz (2020), Bursa ili Orhangazi yöresi kivi bahçelerinin %71’inde ekstrakte edilebilir potasyum içeriklerinin yeter seviyenin altında olduğunu bildirmiştir. Bursa yöresinde armut yetiştirilen toprakların değişebilir potasyum içeriklerinin genel anlamda düşük ve yetersiz seviyede olduğu Gürel (2013) tarafından da ifade edilmiştir. Bu sonuçlardan yöre topraklarının potasyum içeriklerinin değişkenlik gösterdiği ve mutlaka toprak analizine dayalı gübreleme yapılması gerektiği anlaşılmaktadır. Analiz ettiğimiz toprakların da azot, fosfor ve potasyum değerlerinin çok geniş sınırlar arasında değişim göstermesi arazilerde genel olarak gübre uygulamalarının toprak analizlerine dayalı olmadan bilinçsiz şekilde aşırı ya da eksik yapıldığı izlenimini ortaya çıkarmıştır.

Çizelge 3. Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Arazisinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Makro Besin Element Analiz Sonuçları

| Ürün     | Örnek sayısı |          | N,<br>% | P,<br>mg kg <sup>-1</sup> | K,<br>mg kg <sup>-1</sup> | Ca,<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mg,<br>mg kg <sup>-1</sup> | Na,<br>mg kg <sup>-1</sup> |
|----------|--------------|----------|---------|---------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Buğday   | 12           | Min.     | 0,060   | 0,78                      | 60,00                     | 4389,0                     | 177,0                      | 98,00                      |
|          |              | Max.     | 0,140   | 12,91                     | 212,00                    | 7645,0                     | 1374,0                     | 142,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,100   | 5,63                      | 112,87                    | 6079,0                     | 578,62                     | 115,62                     |
| Ayçiçeği | 11           | Min.     | 0,062   | 1,48                      | 91,00                     | 5346,0                     | 233,0                      | 109,00                     |
|          |              | Max.     | 0,132   | 19,40                     | 367,00                    | 7601,0                     | 1163,0                     | 211,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,090   | 7,84                      | 178,77                    | 6686,5                     | 644,14                     | 131,36                     |
| Mısır    | 4            | Min.     | 0,060   | 7,55                      | 117,00                    | 4378,0                     | 228,22                     | 90,00                      |
|          |              | Max.     | 0,151   | 33,92                     | 1178,0                    | 6237,0                     | 1203,0                     | 151,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,117   | 20,46                     | 245,54                    | 6079,0                     | 610,43                     | 118,25                     |
| Yonca    | 3            | Min.     | 0,084   | 3,31                      | 95,00                     | 5478,0                     | 266,0                      | 96,00                      |
|          |              | Max.     | 0,110   | 7,69                      | 228,00                    | 8635,0                     | 621,0                      | 171,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,091   | 5,90                      | 140,17                    | 7040,0                     | 460,0                      | 127,50                     |
| Mera     | 1            | Min.     | 0,092   | 3,03                      | 146,00                    | 5709,0                     | 357,0                      | 111,00                     |
|          |              | Max.     | 0,094   | 3,31                      | 151,00                    | 6457,0                     | 369,0                      | 113,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,093   | 3,17                      | 148,50                    | 6083,0                     | 363,0                      | 112,00                     |
|          |              | Minimum  | 0,060   | 0,78                      | 60,00                     | 4378,0                     | 177,0                      | 90,00                      |
|          |              | Maximum  | 0,151   | 33,92                     | 1178,02                   | 8635,0                     | 1374,0                     | 211,00                     |
|          |              | Ortalama | 0,099   | 9,09                      | 231,39                    | 6256,0                     | 576,49                     | 126,45                     |

Toprakların ekstrakte edilebilir kalsiyum değerlerinin 4378 ile 8635 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği, ortalama kalsiyum değerinin 6256 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprakların tümünün sınır değerinin üzerinde (> 3500 mg kg<sup>-1</sup> Ca) kalsiyum içerdiği görülmüştür (Çizelge 1). Toprakların ekstrakte edilebilir magnezyum değerlerinin 177 ile 1374 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği, ortalama değerinin 576,46 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Çizelge 1’e göre çalışma alanı topraklarının yeterli (160 - 480 mg kg<sup>-1</sup> Mg) ve fazla düzeyde (480 – 1500 mg kg<sup>-1</sup> Mg) magnezyum içerdikleri görülmüştür. Yöre topraklarının kireçli ve hafif alkali özellikte olduğu göz önünde bulundurulduğunda, toprakların kalsiyum ve magnezyum içeriklerinin fazla seviyede çıkması beklenen bir durum ve daha önce yapılan çalışmalarla uyumlu olarak görülmektedir (Tümsavaş, 2003; Tümsavaş ve Aksoy, 2008; Turan ve ark., 2010; Gürel, 2013; Uysal ve ark., 2017; Çelik ve Urhan, 2020; Çelik ve Batmaz, 2020; Karaca ve ark, 2021; Seçkin, 2021; Öztürk, 2022; Sargın ve Karaca 2023).

Toprakların sodyum içerikleri 90,00 – 211 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup ortalama 126,45 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Çalışma alanı topraklarının, Çizelge 1’de Sönmez (2003) tarafından bildirilen duyarlı bitkiler için belirlenen sınır değerinin altında (430-2300 mg kg<sup>-1</sup>) sodyum içerdikleri görülmüştür (Çizelge 3). Elde edilen sodyum değerlerinin, Çizelge 2’de sunulan elektriksel iletkenlik değerleriyle de uyumlu olduğu görülmüştür.

### Toprakların mikro bitki besin elementi içerikleri

Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir demir içerikleri 2,22 mg kg<sup>-1</sup> – 15,32 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama değer 7,07 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların az (<2,5 mg kg<sup>-1</sup>) ile yüksek (>4,5 mg kg<sup>-1</sup>) arasında çok geniş aralıkta değişen demir içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4). Batmaz (2019) da, Bursa yöresinde yaptığı çalışmada, analiz ettiği toprakların ekstrakte edilebilir demir içeriklerinin yüksek olduğunu bildirmiştir. Ordu (2020) ise, Bursa yöresi mısır tarımı yapılan toprakların %85’inin alınabilir demir içeriklerinin yeterli seviyede olduğunu bildirmiştir. Taşova ve Akın (2013), Marmara Bölgesi topraklarının %13,30’unun az ve orta düzeyde, %86,70’inin ise yeterli düzeyde demir içerdiklerini bildirmişlerdir. Sönmez ve ark. (2018), Türkiye topraklarının % 76,84’ünün demir içeriklerinin DTPA yöntemine göre bildirilen sınır değere göre iyi seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmamızdan elde edilen toprak analiz sonuçlarının diğer araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla paralellik gösterdiği anlaşılmıştır.

Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir bakır içerikleri 0,95 – 22,85 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişmekte olup, ortalama 3,20 mg kg<sup>-1</sup> bakır içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen sınır değerlere göre toprakların bakır içeriklerinin yeterli (> 0.2 mg kg<sup>-1</sup>) olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Bursa yöresinde yapılan bir çalışmada toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir bakır içeriklerinin yüksek seviyede olduğu (Batzmaz 2019), yörede yapılan başka bir çalışmada ise toprakların % 97,5’inin bakır içeriklerinin yeterli seviyede olduğu tespit edilmiştir (Ordu, 2020). Topraklara bakır sülfat ihtiva eden bordo bulamacı uygulamasının yörede bilinçsizce ve fazla miktarda yapılması bakır miktarının yüksek bulunmasına neden olabilmektedir. Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlar, Turan ve ark., (2010) tarafından yapılmış olan çalışmayla benzer sonuçlar göstermiştir.

Çizelge 4. Bursa Uludağ Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği Arazisinden Alınan Toprak Örneklerinin Bazı Mikro Besin Elementi Analiz Sonuçları

| Ürün     | Örnek sayısı |          | Fe<br>mg kg <sup>-1</sup> | Cu<br>mg kg <sup>-1</sup> | Zn<br>mg kg <sup>-1</sup> | Mn<br>mg kg <sup>-1</sup> | B<br>mg kg <sup>-1</sup> |
|----------|--------------|----------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|---------------------------|--------------------------|
| Buğday   | 12           | Min.     | 3,62                      | 0,95                      | 0,53                      | 2,94                      | 0,29                     |
|          |              | Max.     | 14,53                     | 3,58                      | 1,69                      | 42,97                     | 0,50                     |
|          |              | Ortalama | 6,21                      | 1,41                      | 0,98                      | 10,60                     | 0,37                     |
| Ayçiçeği | 11           | Min.     | 2,22                      | 0,95                      | 0,94                      | 1,99                      | 0,29                     |
|          |              | Max.     | 13,48                     | 1,69                      | 1,69                      | 36,41                     | 0,61                     |
|          |              | Ortalama | 7,37                      | 1,30                      | 0,95                      | 17,24                     | 0,39                     |
| Mısır    | 4            | Min.     | 4,27                      | 1,09                      | 1,35                      | 4,43                      | 0,38                     |
|          |              | Max.     | 15,32                     | 22,85                     | 1,79                      | 17,02                     | 0,56                     |
|          |              | Ortalama | 8,56                      | 6,60                      | 1,51                      | 10,53                     | 0,45                     |
| Yonca    | 3            | Min.     | 5,24                      | 1,16                      | 0,69                      | 4,80                      | 0,29                     |
|          |              | Max.     | 10,50                     | 1,42                      | 2,14                      | 25,23                     | 0,46                     |
|          |              | Ortalama | 7,68                      | 1,26                      | 1,41                      | 13,29                     | 0,38                     |
| Mera     | 1            | Min.     | 2,30                      | 1,24                      | 0,67                      | 5,69                      | 0,35                     |
|          |              | Max.     | 2,44                      | 1,25                      | 0,70                      | 5,74                      | 0,32                     |
|          |              | Ortalama | 2,37                      | 1,24                      | 0,69                      | 5,71                      | 0,34                     |
|          |              | Minimum  | 2,22                      | 0,95                      | 0,53                      | 1,99                      | 0,29                     |
|          |              | Maximum  | 15,32                     | 22,85                     | 2,14                      | 42,97                     | 0,61                     |
|          |              | Ortalama | 7,07                      | 3,20                      | 1,18                      | 13,64                     | 0,40                     |

Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir çinko değerlerinin 0,53-2,14 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği, ortalama çinko değerinin 1,18 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 1’de FAO (1990) tarafından bildirilen çinko sınır değerlerine göre, toprakların çinko içeriklerinin az (0,2-0,7 mg kg<sup>-1</sup>) ile yeterli (0,7-2,4 mg kg<sup>-1</sup>)

düzeyle sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4). Turan ve ark (2010), Bursa yöresi alüvyal tarım topraklarının %43,34'ünün az seviyede yarıyışlı çinko içerdiklerini, Özgüven ve Katkat (2002) ise Bursa ili topraklarının %37,50'sinin çinko bakımından yoksul olduğunu bildirmişlerdir. Taşova ve Akın (2013), Marmara bölgesi topraklarının %54,40'ının çinko içeriklerinin az ve çok az seviyede olduğunu, Eyüpoğlu ve ark. (1996) Türkiye tarım topraklarının %49,83'ünün çinko bakımından yoksul olduğunu, Sönmez ve ark. (2018) ise Türkiye topraklarının %62,69'unun çok az ve az seviyelerde çinko içerdiğini bildirmişlerdir. Yapılmış olan çalışmalardan elde edilen sonuçların çalışmamızla benzer oldukları gözlenmiş, çinko yönünden yetersiz görülen alanlarda durumun toprak özellikleri yanı sıra toprak analizlerine dayalı olmayan bilinçsiz ve hatalı gübrelemeden kaynaklandığı düşünülmektedir. Bursa ili topraklarında tarımın yoğun bir şekilde yapıldığı göz önünde bulundurularak, çinko noksanlığının giderilmesi ve ürün miktarının artırılabilmesi için çinkolu gübrelemenin gübreleme programlarına dahil edilmesi gerekmektedir.

Toprakların DTPA ile ekstrakte edilebilir mangan değerlerinin 1,99 ile 42,97 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği, ortalama değerin 13,64 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Çizelge 1'de FAO (1990) tarafından bildirilen mangan sınır değerlerine göre, toprakların çok az (< 4 mg kg<sup>-1</sup>) ve yeterli düzeyde (14 – 50 mg kg<sup>-1</sup>) değişen mangan içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4). Bursa ili vertisol ve kolüvyol büyük toprak grubu topraklarının mangan içerikleri yönünden zengin olduğu bildirilmiştir (Tümsavaş 2002, 2003). Bursa yöresinde yapılan başka bir çalışmada da toprakların mangan içerikleri yönünden zengin olduğu, analiz edilen toprakların tamamının yeterli düzeyde mangan içerdiği belirtilmiştir (Tümsavaş ve Aksoy, 2008). Türkiye topraklarının ise yaklaşık %44,86'sının mangan içeriğinin yeter ve fazla seviyede olduğu bildirilmiştir (Sönmez ve ark. 2018).

Toprakların ekstrakte edilebilir bor değerlerinin 0,29 ile 0,61 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiği, ortalama değerin 0,40 mg kg<sup>-1</sup> olduğu belirlenmiş olup (Çizelge 4), toprakların çok az (< 0,5 mg kg<sup>-1</sup>) ve yeterli sınırlarında (0,5 – 2,0 mg kg<sup>-1</sup>) değişen bor içeriğine sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 1).

Topraklarda Cu yönünden noksanlık bulunmazken, diğer mikro elementlerin noksan ve fazla olduğu alanların olduğu belirlenmiştir. Toprakların özellikle demir, mangan, çinko ve bor değerlerinin çok geniş aralıklarda değiştiği görülmüştür. Bu durum arazi üzerinde gübrelemenin toprak analiz sonuçlarına göre yapılmadığını göstermiştir. Bursa ilinde daha önce yapılmış olan çalışmalarda da benzer durum bildirilmiştir (Uysal ve Katkat, 2005; Uysal ve Katkat 2007; Çelik ve Urhan, 2020). Mikro elementlerin toprakta yeterli seviyenin altında bulunmasının yanı sıra, bazı bölgelerde toprak pH'sı ve kireç içeriğinin de yüksek seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Bu durum, sözkonusu bölgelerde yetişen ürünlerde mikro element eksiklikleri ve ya dengesizliklerine bağlı olarak noksanlık belirtilerinin ortaya çıkmasına ve buna bağlı olarak ürün kayıplarının yaşanmasına neden olabilir.

## Sonuç

Bursa Uludağ Üniversitesi Kampüs sınırları içerisinde yer alan Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi tarla bitkileri tarımı yapılan topraklarının besin elementi düzeylerinin belirlenmesi ve olası beslenme sorunlarının ortaya konularak daha kaliteli ve bol ürün elde edilebilmesine yol göstermesi amacıyla yürütülmüş olan çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde çalışma alanı topraklarının genel olarak üretim için uygun olduğu söylenebilir. Yapılan toprak analiz sonuçlarına göre toprakların kil bünyeli olduğu, organik madde içeriklerinin genel olarak çok düşük bulunduğu, kireç içeriklerinin yer yer artış gösterdiği ve buna bağlı olarak pH'larının yüksek olduğu, toprakların ve tuzluluk yönünden her hangi bir sorununun olmadığı görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının az ile fazla arasında çok geniş aralıkta değişen azot, fosfor ve potasyum içeriklerine sahip oldukları, kalsiyum değerlerinin sınırın üzerinde, magnezyum'un ise yeterli ve fazla düzeyde olduğu görülmüştür. Toprakların sodyum içeriklerinin ise duyarlı bitkiler için belirlenen sınır değerin altında bulunduğu tespit edilmiştir. Topraklarda bakır yönünden noksanlık bulunmazken, diğer mikro elementlerden özellikle demir, mangan, çinko ve bor değerlerinin noksan ve fazla arasında çok geniş aralıklarda değiştiği görülmüştür. Topraklara usulüne uygun olarak olgunlaştırılmış organik gübre uygulamalarının her sene düzenli olarak yapılması ve gübrelerin toprakla karıştırılması, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin iyileştirilmesi açısından fayda sağlayacaktır. Bunun yanı sıra yapılacak organik gübre ilavesi; kireç ve yüksek pH'dan kaynaklı bitki besleme sorunlarının giderilebilmesi açısından da yarar sağlayacaktır. Organik gübre uygulamaları yanı sıra, pH'nın düşürülmesine yönelik kükürt uygulamaları yapılması, fizyolojik asit karakterli ve tercihen mikroelement katkılı gübre kullanılması da yüksek pH'ya bağlı mikro element noksanlıklarının görülmemesi için son derece önemli görülmektedir. Uygulamalardan maksimum etkinin elde edilebilmesi açısından uygulanacak materyalin mutlak surette

toprak altına karıştırılması gerekmektedir. Gübreleme programının toprak ve yaprak analiz sonuçlarına göre alanında uzman bir danışman gözetiminde programlanması yararlı olacaktır. Programın oluşturulmasında tüm bitki besin elementlerinin toprakta optimum sınırlar içerisinde yer almasının sağlanması öncelikli olarak ele alınmalıdır. Daha sonra yetiştirilecek olan bitkinin özelliklerine göre bitki besin elementlerinin topraktan ürünle kaldırılma potansiyeli gözetilerek bitki besin elementlerinin toprağa kazandırılmasına yönelik bir planlama yapılması gerekmektedir. Bu şekilde planlanacak uygulamalarla besin elementleri arasında denge gözetilerek, verimliliğin de devamlılığı sağlanmış olacaktır. Kontrollü gübre uygulamaları ile toprağa aşırı gübreleme yapılmasının önüne geçilerek, ekonomiye katkı sağlanacak, aynı zamanda tarım topraklarının ve yeraltı sularının kirlenmesinin de önüne geçilecektir. Elde edilen bulgulara göre bitki besin elementi değerlerinin çok geniş aralıklar içinde değişimi gübre uygulamalarının analiz sonuçlarına göre programlanmadığının bir sonucu olarak ortaya çıkmıştır. Uygulanacak gübre çeşit ve dozunun, uygulama yöntem ve zamanının doğru seçilmesinin ancak toprak analizleri ile mümkün olabileceği; gereksiz gübre kullanımının önlenmesi, üretimin daha ekonomik olması yanı sıra kalitenin ve ürün artışının sağlanması için mutlak surette toprak analizi yaptırılmasının gerekli olduğu sonucuna varılmıştır.

### Teşekkür

Makale Yayın Etik kurallarına uygun olarak Yüksek Lisans tez verileri kullanılarak hazırlanmıştır. Çalışma; T.C. Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar (BAP) Koordinatörlüğü tarafından FYL-2023-1539 Proje numarası ile Yüksek Lisans Tez Projesi olarak desteklenmiştir. Destekleri için Bursa Uludağ Üniversitesi Rektörlüğü Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğüne teşekkürlerimizi sunarız. Yazarlar çalışmaya eşit oranda katkı sağlamış olup her hangi bir çıkar çatışması söz konusu değildir.

### Kaynaklar

- Akça MO, Türkmen F, Taşkın MB, Soba MR, Öztürk HS. 2015. Ankara Üniversitesi Kalecik Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*.3(2):54-63.
- Akça H, Taban N, Turan MA, Taban S, Ouedraogo AR. 2017. Türkiye’de sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(2), 93-100.
- Aksoy E, Özsoy G. 2004. Uzaktan algılama ve CBS teknikleri kullanılarak Uludağ Üniversitesi yerleşkesi arazilerinde arazi kullanım haritalaması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 57-68.
- Başar H. 2001. Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ. Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 5:69-83.
- Batmaz O. 2019. Orhangazi yöresi kivi bahçelerinin beslenme durumlarının toprak yaprak ve meyve analizleri ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Besleme Anabilim Dalı, 75.
- Bouyoucos G. 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal*, 54: 464-465.
- Bremner JM. 1965. Total nitrogen. *Methods of Soil Analysis*, Part 2. ed.: Black, C.A., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, 1149-1178 pp.
- Çelik H. 2006. Bursa İli Topraklarının Alınabilir Demir Durumu ve Bu Topraklarda Alınabilir Demir Miktarının Belirlenmesinde Kullanılabilecek Yöntemler. UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim dalı. Doktora tezi. Bursa. 102 s.
- Çelik H, Asik BB, Gurel S, Katkat AV. 2010. Effects of potassium and iron on macro element up take of maize. *Zemdirbyste Agriculture*, 97(1): 11-22.
- Çelik H., Batmaz, O. 2020. Orhangazi Yöresi Kivi Bahçelerinin Beslenme Durumlarının Toprak, Yaprak ve Meyve Analizleri ile Değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (2): 219-228.
- Çelik, H., Katkat, A.V. 2005. Bursa İli Şeftali Yetiştiriciliği Yapılan Tarım Topraklarının Potasyum Durumu ve Demir Klorozu ile İlişkisi Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı.
- Çelik H, Katkat AV. 2010. Comparison of various chemical extraction methods used for determination of the available iron amounts of calcareous soils. *Communications in soil science and plant analysis*, 41(3), 290-300.
- Çelik H, Urhan G. 2020. Keles Yöresi Kiraz Bahçelerinin Beslenme Durumlarının Toprak, Yaprak ve Meyve Analizleri ile Değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 34 (1): 185-200.
- Eyüpoğlu F. 1999. Türkiye topraklarının verimlilik durumu. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Eyüpoğlu F, Güçdemir İH, Kurucu N, Talas S. 2000. Orta Anadolu topraklarının bitkiye yarayışlı bor bakımından genel durumu. *Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayını*, Ankara s. 1-47.

- Eyüpoğlu F, Kurucu N, Talaz S. 1996. Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Food and Agricultural Organization. (FAO) 1990. Micronutrient assesment at the country level. An International Study. FAO Soil Bulletin by Mikko Silanpaa, Rome.
- Grewelling T, Peech M. 1960. Chemical soil test. Cornel Univ. Agr. Exp. Sta. Bull. Handbook, 60. U. S. Dept.of Agriculture.
- Gül T. 2021. Mustafakemalpaşa yöresi kimi sebze bahçelerinin beslenme durumlarının toprak, bitki ve meyve analizleri ile belirlenmesi (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Gürel S. 2013. Bursa Yöresinde Armut Plantasyonlarında Görülen Mikro Besin Elemntleri (Fe, Zn ve B) Noksanlıkların Giderilmesi ve Teşhisi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, 154.
- Hansen, T.H., De Bang, T.C., Laursen, K.H., Pedas, P., Husted, S., Schjørring, J.K. 2013. Multielement Plant Tissue Analysis Using ICP Spectrometry: Plant mineral nutrients methods and protocols, Ed.: Maathuis, F.J.M., Humana Press, Totowa, NJ. pp: 121-141.
- Horneck DA, Hanson D. 1998. Determination of potassium and sodium by flame emission spectrophotometry: Handbook of reference methods for plant analysis, Ed.: Karla, Y.P., CRC Pres, Washington, D.C. pp: 157-164.
- Kalkancı N, Şimşek Semercioğlu T, Aslan N, Büyük G. 2024. Kilis yöresi yağlık zeytinliklerinin beslenme durumunun belirlenmesi. ADYUTAYAM Dergisi, 12(1), 23-31.
- Karaata EU. 2014. Uludağ üniversitesi ziraat fakültesi tarımsal uygulama ve araştırma merkezi arazi bilgi sisteminin oluşturulması (zftuam-abs) (Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi (Türkiye)).
- Karaca S, Dengiz O, Turan İD, Özkan B, Dedeoğlu M, Gülser F, Sargin B, Demirkaya S, Ay A. 2021. An assessment of pasture soils quality based on multi-indicator weighting approaches in semi-arid ecosystem. Ecological Indicators, 121, 107001.
- Karaman MR, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Öztaş T, Zengin M. 2012. Sürdürülebilir toprak verimliliği. Koyulhisar Ziraat Odası Kültür Yayınları No:1, Bursa, 390s.
- Katkat AV, Ayla F, Güzel İ. 1984. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Uygulama ve Araştırma Çiftliği arazisinin toprak etüdü ve verimlilik durumu. 3, 71-78.
- Katkat AV, Özgümüş A, Başar H, Altinel B. 1994. Bursa yöresindeki şeftali ağaçlarının demir, çinko, bakır ve mangan ile beslenme durumları. Tübitak Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 18:447-456.
- Miller RW, Gardiner DT. 1998. Soils in our environment. 8. Ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, 736 pp.
- Nelson DW, Sommers L. 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter: Methods of soil analysis, Part 2. chemical and microbiological properties. Agronomy Monograph No.9 (2 nd Ed.) ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA, pp 539-579.
- Nelson RE. 1982. Carbonate and Gypsum: Methods of soil analysis, Part 2. chemical and microbiological properties, Ed.: Page, A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp 181-196.
- Ordu D. 2020. Bursa ili Karacabey ilçesi mısır tarımı yapılan toprakların (Yolağzı Bölgesi) verimlilik durumunun belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, BUÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Bursa.
- Özden N, Sökmen Ö, Uslu İ, Aras S. 2022. Manisa ili tarım topraklarının verimlilik durumları ile mikro element kapsamalarının belirlenerek haritalanması. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 32(2), 228-241.
- Özgüven NÇ, Katkat AV. 1997. Uludağ Üniversitesi araştırma ve uygulama çiftliği topraklarının verimlilik durumunun belirlenmesi. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg. 13: 43-54.
- Özgüven N, Katkat AV. 2002. Bursa ili topraklarının bitkiye yarayışlı çinko yönünden genel durumu. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg. 16: 235-244.
- Öztürk E. 2022. Bursa ilinde deveci armudu bahçelerinin toprak verimliliği ve bitki besleme durumları (Master's thesis, Bursa Uludağ University (Turkey)).
- Öztürk E, Çelik H. 2022. Bursa İlinde Deveci Armudu Bahçelerinin Toprak Verimliliği ve Bitki Besleme Durumları, IV-International Conference of Food, Agriculture, and Veterinary Sciences on the occasion of the 40th Anniversary of Van Yüzüncü Yıl University (pp.433-434). Van, Turkey.
- Öztürk O, Başar A, Özgümüş A, Katkat A, Altinel B. 1996. Bursa yöresinde şeftali ağaçlarında görülen mikro besin maddeleri noksanlıklarının teşhisi ve tedavisi. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müd. Eskişehir Araştırma Ens. Müd. Yayınları Genel Yayın No:239, Rapor Seri No:187, Eskişehir.

- Richards LA. 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook 60: 94.
- Rhoades JD. 1982. Soluble Salts. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed. A.L. Page. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA, pp: 167-178.
- Sarğın B, Alaboz P, Karaca S, Dengiz O. 2024. Pythagorean fuzzy SWARA weighting technique for soil quality modeling of cultivated land in semi-arid terrestrial ecosystems. Computers and Electronics in Agriculture, 227, 109466.
- Sarğın B, Karaca S. 2023. Land suitability assessment for wheat-barley cultivation in a semi-arid region of Eastern Anatolia in Turkey. Peer J, 11, e16396.
- Seçkin S. 2021. Mustafakemalpaşa ilçesinde armut yetiştiriciliği yapılan bazı bahçelerin beslenme durumlarının toprak, bitki ve meyve analizleri ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Besleme Anabilim Dalı.
- Sillanpaa M. 1990. Micronutrient assessment at the country level: An international study. FAO Soils Bulletin. N. 63. Rome.
- Sökmen Ö, Özden N, Göçmez S, Doyuran N. 2024. Manisa İli Demirci ve Selendi İlçeleri Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi ve Haritalanması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 21(2), 517-532. <https://doi.org/10.33462/jotaf.1317296>
- Sönmez B. 2003. Türkiye çoraklık kontrol rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayın No: 33. Ankara.
- Sönmez B, Özbahçe A, Akgül S, Keçeci M. 2018. Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (TOK) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması, Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Proje Sonuç Raporu, TAGEM/TSKAD/11/A13/P03 Ankara.
- Taşkın MB, Türkmen F, Akça MO, Soba MR, Öztürk HS. 2018. Ankara Üniversitesi Ayaş araştırma ve uygulama çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6 (2), 122-133.
- Taşova H, Akın A. 2013. Marmara Bölgesi Topraklarının Bitki Besin Maddesi Kapsamlarının Belirlenmesi, Veri Tabanının Oluşturulması ve Haritalanması. Toprak Su Dergisi Cilt 2 Sayı 2 (83-95).
- Turan MA, Katkat AV, Özsoy G, Taban S. 2010. Bursa İli Alüviyal Tarım Topraklarının Verimlilik Durumları ve Potansiyel Beslenme Sorunlarının Belirlenmesi. U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 24, Sayı 1, 115-130.
- Tümsavaş Z. 2002. Bursa ili kolüvyal büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumunun belirlenmesi. ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 12 (1):131-144.
- Tümsavaş Z. 2003. Bursa ili vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. Ulud. Üniv. Zir. Fak. Derg., 17(2): 9-21.
- Tümsavaş Z, Aksoy E. 2008. Bursa Yöresi Rendzina Büyük Toprak Grubu Topraklarının Bazı Özellikleri ve Besin Maddesi İçerikleri. U.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt 22, Sayı 1, 95-106.
- Uyanöz R, Karaca Ü, Zengin M. 2012. Konya ili Taşkent ve Hadim ilçeleri kiraz bahçelerinin beslenme durumları. Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi, 26(2):40-45.
- Uysal E, Daş Kılıç ÖB, Albayrak B, Üglü G, Bıyıklı M, Rahmanoğlu N, Şen OF. 2017. Bursa yöresinde yetiştirilen sanayi domateslerinin beslenme durumlarının belirlenmesi. Bahçe, 46 (1):9-20.
- Uysal E, Katkat AV. 2005. Bursa ve Çevresinde Yetiştirilen Kiraz Ağaçlarının Demir, Çinko, Mangan ve Bakır ile Beslenme Durumları. Uludag. Üniv. Zir. Fak. Derg., 19 (2): 47-59.
- Uysal E, Katkat AV. 2007. Bursa yöresinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum ile beslenme durumları. Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 17 (1); 71 – 84.
- Watanabe FS, Olsen SR. 1965. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO<sub>3</sub> extracts from soil. Soil Science Society of America Journal 29:677-78.
- Wolf B. 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. Soil Science and Plant Analysis, 2(5): 363-374.
- Zengin M, Özbahçe A. 2011. Bitkilerin iklim ve toprak istekleri. Atlas Akademi Yayınları No:04, Konya, 167.



## Alkalın karakterli bir toprakta yetiştirilen marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) gelişimi üzerine asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün etkisi

 Mehmet Burak TAŞKIN\*

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

### Öz

Günümüzde artan dünya nüfusunun gıda gereksiniminin karşılanmasında tavukçuluk endüstrisi ön plana çıkmaktadır. Tavukçuluk üretimi neticesinde ortaya çıkan tavuk dışkısı önemli bir organik madde kaynağıdır, fakat doğru değerlendirilmediğinde çevre kirliliği riski yaratabilmektedir. Bu sebeple tavuk dışkısının kompostlama ve piroliz gibi uygun işlemlerden geçirilerek topraklara uygulanması gerekmektedir. Tavuk dışkısının bertaraf yöntemlerinden birisi de elektrik üretimi amacıyla yakılmasıdır ve süreç sonunda besin elementlerince zengin kül ortaya çıkmaktadır. Tavuk dışkısı külünün (TDK) yüksek pH ve zengin oksit formulu element içerikleri nedeniyle besin elementi yarayışlılığı sınırlıdır. Yapılan çalışmada biyokütle elektrik santrali atığı olan TDK,  $H_2SO_4$  ve  $H_3PO_4$  ile muamele edilmiş (ATDK) ve elde edilen materyalin etkinliği marul bitkisinde sera koşullarında TSP gübresi ile karşılaştırılmalı olarak test edilmiştir. Çalışma konuları; 1- kontrol, 2- TDK, 3- ATDK ve 4- TSP şeklindedir ve tüm materyal uygulamaları  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  P olacak şekilde yapılmıştır. Sonuçlar incelendiğinde; ATDK uygulamalarının kontrolle karşılaştırıldığında kuru ağırlık ve P konsantrasyonlarını önemli düzeyde artırdığı, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarını ise önemli düzeyde azalttığı belirlenmiştir. Diğer taraftan incelenen tüm besin elementi alım miktarlarının ATDK ve TSP uygulamalarıyla kontrole göre önemli düzeyde arttığı saptanmıştır. Tarımsal üretim sonucunda ortaya çıkan bu şekildeki atıkların gübreye dönüştürülmesiyle tarımsal üretimde verimliliğin artabileceği, çevre kirliliği riskinin ve kimyasal gübrelere dışa bağımlılığımızın azalabileceği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Atık yönetimi, biyokütle elektrik santrali atığı, asit modifikasyonu, marul.

### Effect of acid modified poultry manure ash on the growth of lettuce plant (*Lactuca sativa* L.) grown in alkaline soil

### Abstract

Meeting to nutrient demand of increasing world population day by day, poultry industry comes to do fore. Poultry manure which is derived from poultry production, is an important source of organic material, but if it is not to evaluate correctly, it can causes environmental pollution. For this reason, poultry manure should be applied to agricultural soil after appropriate process such as composting and pyrolysis. One of the disposal methods of poultry manure, is the burn for electricity generation and after this process poultry manure ash (PMA) emerges which is rich in terms of plant nutrients. Due to high pH and contents of rich oxide forms of elements in PMA, the availability of plant nutrients is limited. In this study, PMA, which is a waste of biomass power plant, modified with  $H_2SO_4$  and  $H_3PO_4$  (AMPMA) at first and then the efficiency of obtained material was tested compared to TSP fertilizer in lettuce plant under greenhouse conditions. The subjects of the study were follows: 1- Control, 2- PMA, 3- AMPMA and 4- TSP fertilizer and all materials were applied at  $100 \text{ mg P kg}^{-1}$  per soil. According to the results, compared to control, while dry weight and P concentration of plants were significantly increased with AMPMA, Fe, Zn, Cu and Mn concentrations were decreased significantly. On the other hand, AMPMA and TSP were significantly enhanced the all plant nutrients uptake compared to control. With the conversion of this type of wastes, which was derived from agricultural production, to fertilizer can be enhanced the fertility of agricultural production, and can be reduced to environmental pollution risk and dependency of foreign countries for fertilizer production.

**Keywords:** Waste management, biomass power plant waste, acid modification, lettuce.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (312) 596 1189

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 18 Mart 2025

Kabul Tarihi : 23 Nisan 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1660810

## Giriş

Ülkemiz topraklarının yaklaşık %90'ında organik madde düzeyinin % 3'ün altında olduğu bilinmektedir (Taban ve ark., 2013). Buna göre topraklarımızın tamamında organik madde düzeyini %3 düzeyine çıkarmak ve bu seviyelerde tutmak için bir defa 2 milyar ton ve her yılda 800 milyon ton organik gübreye (%60 Organik madde içeren) ihtiyaç duyulmaktadır (Gezgin ve ark., 2018). Ülkemiz koşullarında bu durumun gerçekleşme olasılığı oldukça düşüktür. Bununla birlikte topraklarımızın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine katkı sağlayacak ve öncelikli kullanım alanları (yapı, giyim, yem, yem katkı maddesi vb.) dışında kalan her türlü organik atığın uygun işlemlerden geçirildikten sonra tarım topraklarımıza uygulanması gerekmektedir. Bu amaçla kullanılabilir organik materyallerden birisi de tavukçuluk endüstrisinin her geçen gün artan üretimi neticesinde ortaya çıkan tavuk dışkılarıdır.

Günümüzde dünya nüfusunun 8 milyar seviyesinde olduğu bilinmektedir. Her geçen gün artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacının karşılanmasında beyaz et ve yumurta önemli protein kaynakları arasındadır. Ülkemizde tavukçuluk endüstrisi son yıllarda önemli bir ivme kazanmıştır. Ülkemizde 2024 yılında 270 milyon et tavuğu yetiştirilmiş ve bundan 2.5 milyon ton beyaz et üretimi gerçekleşmiştir. Diğer taraftan aynı yıl içinde 109 milyon yumurta tavuğu yetiştirilirken, 21 milyar adet yumurta üretilmiştir (TÜİK, 2025). Pratik koşullarda bir tavuğun günde 150 g dışkı oluşturduğu ve bunun ülkemizdeki karşılığının 40 bin ton gün-1 olduğu hesaplanmaktadır (Gezgin ve ark., 2018). Uygun işlemlerden geçirildiğinde (kompost, piroliz) zengin besin elementi içeriğiyle önemli bir gübreleme materyali olan tavuk dışkısı, direkt olarak tarım topraklarına uygulanabildiği gibi organomineral gübre üretiminde de değerlendirilebilir (Frazão ve ark., 2021). Diğer taraftan doğru değerlendirilmediğinde çevre kirliliği riski oluşturan bir kirleticie de dönüşebilmektedir (Kelleher ve ark., 2002).

Günümüzde fosil yakıtların yerini alabilecek yenilenebilir enerji kaynaklarına olan talep gün geçtikçe artmaktadır. Avrupa Birliği Komisyonu, Döngüsel Ekonomi Eylem Planı'nda, biyokütlenin alternatif bir ham madde olarak sürdürülebilir kullanımını teşvik etmektedir (Fiameni ve ark., 2021). Etlik tavuk dışkısı, enerji dönüşümüne uygunluğu, kuru olması ve taşınmasının kolaylığı gibi nedenlerle avantajlı bir kaynak olarak ortaya çıkmaktadır (Nusselder ve ark., 2020). Son yıllarda etlik tavuk dışkısının yakıt olarak kullanıldığı biyokütle elektrik santralleri ülkemizde de yaygınlaşmakta ve kullanılan tavuk dışkısının yaklaşık %10'u atık küle dönüşmektedir. Bu şekilde yalnız bir biyokütle elektrik santralinden yılda 35 bin ton kül ortaya çıkmaktadır. Oluşan bu kül kendi içinde kazan külü (% 30) , taban külü (% 40) ve uçucu kül (% 30) olarak 3 sınıfa ayrılmaktadır.

Yanma sonucunda ortaya çıkan külde (TDK) kütle ilk durumdaki dışkıya göre yaklaşık 10 kat azaldığından azot (N) haricindeki besin maddeleri daha konsantre hale gelmektedir (Millsaps ve ark., 2021). Gunes ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada tavuk dışkısı külünde % 8 fosfor (P), % 10 potasyum (K), % 30 kalsiyum (Ca), % 6 magnezyum (Mg), % 0.8 demir (Fe), % 0.2 çinko (Zn), % 0.05 bakır (Cu) ve % 0.4 mangan (Mn) olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan materyalin yüksek pH içeriği (pH:12) ülkemiz gibi alkalik karakterli topraklarda kullanımını sınırlandırmaktadır. Ayrıca yüksek sıcaklıkta yanma neticesinde materyalin bileşimindeki besin elementleri metal oksitler şeklinde yarıyışsız formlara dönüşmektedir (Fahimi ve ark., 2020; Rivera ve ark., 2022).

Bu sebeple ülkemiz koşullarında TDK'nın uygun asitlerle modifiye edilerek bileşiminde bulunan besin maddelerinin suda çözünebilir hale getirilmesi ve materyal pH'sının asitleştirilmesi etkin bir gübre üretim stratejisi olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu konuda ülkemiz koşullarında yapılan bazı çalışmalar aşağıdaki gibidir.

Güneş ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada tavuk gübresi külü HCl, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve HNO<sub>3</sub> gibi asitlerle muamele edilmiş ve elde edilen materyallerin etkinliği TSP gübresi ile karşılaştırmalı olarak marul bitkisinde test edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ile muamele edilmiş külde çözünebilir besin maddesi miktarları toplam miktarlara yakın hale geldiğinden TSP gübresi ve diğer modifiye küllere göre daha iyi sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir.

Kan ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışma kapsamında tavuk gübresi külü artan dozlarda (0, 100, 200, 400, 600, 800 ve 1000 mL) 1 M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> ve 1 M H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> ile muamele edilmiş ve elde edilen materyallerin etkinliği TSP gübresi ile karşılaştırmalı olarak marul bitkisinde test edilmiştir. Sonuçlar incelendiğinde; 600 mL ve daha fazla 1M H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulaması yapılan küllerde yarıyışlı besin maddesi miktarları daha fazla olduğundan bitki gelişimi ve besin elementi konsantrasyonlarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir.

Güneş ve ark. (2025) tarafından yapılan başka bir çalışmada, asitle modifiye edilmiş tavuk gübresi külüne üre katılarak 4-14-5 kompozisyonunda kompoze bir gübre elde edilmiş ve etkinliği şeker pancarı bitkisinde

12-30-12 gübresi ile karşılaştırmalı olarak test edilmiştir. Sonuçlara göre elde edilen üre modifiyeli tavuk gübresi külünün şeker pancarında verimi ve kalite parametrelerini önemli düzeylerde iyileştirdiği, yarım dozda kullanıldığında bile 12-30-12 kompoze gübresine eş değer sonuçlar elde edildiğini göstermektedir. Araştırmacılar atıklardan elde edilen bir kompoze gübre olan üre modifiye tavuk gübresi külünün şeker pancarı yetiştiriciliğinde alternatif bir gübre kaynağı olabileceğini ifade etmişlerdir.

Yapılan bu çalışmada birbirine eşit oranlarda karıştırılan taban külü ve kazan külü ile bunların asitlerle modifiye edilmiş formunun etkisi konvansiyonel tarımda yaygın olarak kullanılan TSP gübresi ile karşılaştırmalı olarak sera koşullarında marul bitkisinde test edilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün (ATDK) hazırlanması

Çalışmada yer alan TDK, %50 - %50 oranında kül karışımlarından (kazan külü ve taban külü) elde edilmiştir. Bu amaçla 250 g kazan külü (KK) ve 250 g taban külü (TK) fiziksel olarak karıştırılmıştır. Asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külü (ATDK) için 500 g TDK alınmış ve üzerine 75 ml H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (% 96, d: 1.84), 17.5 ml H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> (% 85, d: 1.71) ve 100 ml su eklenerek iyice karıştırılmış ve 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar hava kurutmalı bir fırında kurutulmuştur. Çalışmada kullanılan TDK, ATDK ve TSP'ye ait suda çözünabilir ve toplam besin elementi içerikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tavuk dışkısı külü (TDK), asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külü (ATDK) ve triple süper fosfat (TSP) gübresinin suda çözünabilir ve toplam besin elementi içerikleri

| Parametreler            | TDK              |        | ATDK             |        | TSP              |        |
|-------------------------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|--------|
|                         | Suda Çözünabilir | Toplam | Suda Çözünabilir | Toplam | Suda Çözünabilir | Toplam |
| pH                      | -                | 12.3   | -                | 5.51   | -                | 2.70   |
| EC, dS m <sup>-1</sup>  | -                | 24.9   | -                | 39.4   | -                | 33.4   |
| P, %                    | 0.12             | 4.88   | 2.55             | 5.29   | 17.0             | 18.3   |
| K, %                    | 4.62             | 10.2   | 6.73             | 8.29   | 0.29             | 2.14   |
| Ca, %                   | 0.25             | 9.79   | 3.76             | 6.20   | 11.5             | 11.8   |
| Mg, %                   | 0.02             | 2.27   | 1.84             | 2.21   | 0.18             | 0.26   |
| Fe, mg kg <sup>-1</sup> | 1.0              | 6324   | 1.3              | 5304   | 120              | 6000   |
| Zn, mg kg <sup>-1</sup> | 0.05             | 2301   | 10               | 1947   | 215              | 296    |
| Cu, mg kg <sup>-1</sup> | 0.40             | 494    | 0.90             | 444    | 15.6             | 33.6   |
| Mn, mg kg <sup>-1</sup> | 0.3              | 3322   | 600              | 2834   | 119              | 217    |

### Sera denemesinin kurulması

Çalışmada kullanılan toprak örneği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme parsellerinden alınmış olup, fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Deneme toprağının hafif alkalın karakterli, tuzsuz, orta kireçli, kumlu killi tın bünyeye sahip, organik madde, toplam azot, yarıyışlı P, Fe ve Mn bakımından yetersiz, yarıyışlı K, Zn ve Cu bakımından yeterli, yarıyışlı Ca ve Mg içeriği ise fazla bulunmuştur.

Çizelge 2. Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

| Toprak özelliği                       | Miktar          | Toprak özelliği                            | Miktar |
|---------------------------------------|-----------------|--------------------------------------------|--------|
| Tekstür                               | Kumlu killi tın | Değişebilir Potasyum, mg kg <sup>-1</sup>  | 178    |
| pH                                    | 7.88            | Değişebilir Kalsiyum, mg kg <sup>-1</sup>  | 4900   |
| EC, dS/m                              | 0.38            | Değişebilir Magnezyum, mg kg <sup>-1</sup> | 500    |
| Organik Madde, %                      | 1.05            | Yarıyışlı Demir, (mg kg <sup>-1</sup> )    | 4.39   |
| Kireç (CaCO <sub>3</sub> ), %         | 7.41            | Yarıyışlı Çinko, mg kg <sup>-1</sup>       | 0.54   |
| Toplam azot, %                        | 0.06            | Yarıyışlı Bakır, mg kg <sup>-1</sup>       | 1.75   |
| Yarıyışlı fosfor, mg kg <sup>-1</sup> | 7.77            | Yarıyışlı Mangan, mg kg <sup>-1</sup>      | 3.09   |

Çalışma 31.03.2023 - 26.05.2023 tarihleri arasında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü seralarında yürütülmüştür. Bu amaçla 2 kg toprak alan saksılar (16 cm yükseklik, 17.5 cm üst çap ve 12.0 cm alt çap) kullanılmış olup, çalışma konuları; 1-Kontrol, 2-TDK, 3- ATDK ve 4- TSP şeklindedir. Kontrol saksılarına gübre uygulaması yapılmazken, TDK, ATDK ve TSP 100 mg kg<sup>-1</sup> P olacak şekilde ilgili saksılara uygulanmıştır. Çalışmada test bitkisi olarak marul (*Lactuca sativa* cv., Semantal) kullanılmış olup, gübre uygulamaları sonrasında karıştırılan saksılara 1 adet marul fidesi dikilmiştir. Marul

fidelerinin şaşırtılmasından 1 hafta sonra tüm saksılara 50 mg kg<sup>-1</sup> N (amonyum nitrat % 33 N) uygulanmış, ilk uygulamadan yaklaşık 1 ay sonra ise tüm saksılara ikinci defa N uygulaması (100 mg kg<sup>-1</sup> N, amonyum nitrat % 33 N) yapılmıştır. Deneme süresince bitkiler tarla kapasitesinin % 70'i olacak şekilde sulanmış ve periyodik aralıklarla saksıların yerleri değiştirilmiştir. Hasat olgunluğuna erişen bitkiler toprakla birleştiği yerden kesilmiş ve hava sirkülasyonlu bir kurutma fırınında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulup, öğütülerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

### Deneme toprağı ve kül materyallerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

Denemede kullanılan toprak örneğinde pH (Jackson, 1958), EC (Richards, 1954), kireç (Hızalan ve Ünal 1966), organik madde (Jackson, 1958), tekstür (Bouyoucos, 1951), toplam N (Bremner, 1965), bitkiye yarayışlı P (Olsen ve ark., 1954), değişebilir K, Ca ve Mg (Pratt, 1965), bitkiye yarayışlı Fe, Zn, Cu ve Mn (Lindsay ve Norvell 1978) analizleri yöntemlerde belirtildiği şekilde yapılmıştır. Tavuk dışkısı külü, ATDK ve TSP'de pH ve EC 1/5 toprak saf su solüsyonunda Jackson (1958) tarafından bildirildiği gibi, suda çözünabilir besin elementi (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn) içerikleri Gunes ve ark. (2024)'na göre ve toplam besin elementi (P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn) içerikleri ise PED-XRF cihazında Gunes ve ark. (2009) tarafından önerilen şekliyle belirlenmiştir.

### Bitki örneklerinde yapılan besin elementi analizleri

Öğütölüp analize hazır hale getirilen bitki örnekleri HNO<sub>3</sub>:HClO<sub>4</sub> karışımı ile (4/1) yaş yakılmış ve toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları Perkin Elmer Optima 2100 DV ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir (Temminghoff ve Houba 2004). Bitki besin elementi alım düzeyleri; kuru ağırlık miktarı ile o besin elementinin bitkideki konsantrasyonunun çarpılması ile hesaplanmıştır.

### İstatistiki analizler

Sera denemesi şeklinde yapılan çalışma 4 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Araştırma sonunda elde edilen verilerin önemliliği MINITAB 17 paket programı ile ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu ise MSTAT paket programı kullanılarak Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi ile belirlenmiştir (Düzgüneş, 1963).

## Bulgular ve Tartışma

### Marul bitkisi kuru ağırlık değerleri ile makro element konsantrasyonları ve alımları

Tavuk dışkısı külü ile ATDK'nın marul bitkisi kuru ağırlığı ile toplam P, K, Ca ve Mg konsantrasyonlarına etkisi Çizelge 3'te, P, K, Ca ve Mg alımlarına etkisi ise Çizelge 4'te verilmiştir. Bitki kuru ağırlık değerleri incelendiğinde; kontrole göre tüm uygulamaların kuru ağırlıkta önemli bir artış sağladığı (p<0.05), ATDK ve TSP uygulamalarıyla en yüksek kuru ağırlık değerlerine (sırasıyla 6.32 ve 6.25 g saksı<sup>-1</sup>) ulaşıldığı belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlarla benzer şekilde, Kan ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada ATDK ve TSP'nin kontrole kıyasla marul bitkilerinin kuru ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. TSP ile ATDK uygulamaları arasında bitki kuru ağırlığı bakımından fark gözlenmemiştir. Sonuç olarak ATDK'nın gübreleme materyali olarak TSP'ye eşdeğer bir etkiye sahip olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

Çizelge 3. Tavuk dışkısı külü (TDK) ile asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün (ATDK) marul bitkisi kuru ağırlığı ile toplam fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonlarına etkisi

| Uygulamalar | Kuru ağırlık,<br>g saksı <sup>-1</sup> | P,<br>g kg <sup>-1</sup> | K,<br>g kg <sup>-1</sup> | Ca,<br>g kg <sup>-1</sup> | Mg,<br>g kg <sup>-1</sup> |
|-------------|----------------------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
| Kontrol     | 2.08±0.09 c                            | 2.56±0.06 d              | 58.8±1.88 b              | 11.2±0.26 b               | 3.53±0.03 b               |
| TDK         | 5.13±0.20 b                            | 3.45±0.12 c              | 63.8±0.51 a              | 11.5±0.29 b               | 3.55±0.03 b               |
| ATDK        | 6.32±0.19 a                            | 4.04±0.05 b              | 56.9±1.53 b              | 11.8±0.34 b               | 3.86±0.15 b               |
| TSP         | 6.25±0.10 a                            | 4.51±0.06 a              | 51.8±0.64 c              | 14.1±0.38 a               | 5.71±0.14 a               |
| F değeri    | 164.3**                                | 107**                    | 15.3**                   | 17.0**                    | 96.2**                    |

Değerler dört tekerrürün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu Duncan Testi (p<0.05) ile belirlenmiştir. \*\*p<0.01

Çizelge 4. Tavuk dışkısı külü (TDK) ile asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün (ATDK) marul bitkisi toplam fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum alımlarına etkisi

| Uygulamalar | P alım,<br>mg saksı <sup>-1</sup> | K alım,<br>mg saksı <sup>-1</sup> | Ca alım,<br>mg saksı <sup>-1</sup> | Mg alım,<br>mg saksı <sup>-1</sup> |
|-------------|-----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|
| Kontrol     | 5.33±0.25 d                       | 122±6.83 c                        | 23.2±1.22 d                        | 7.34±0.25 d                        |
| TDK         | 17.7±1.09 c                       | 327±11.1 b                        | 58.8±1.51 c                        | 18.2±0.63 c                        |
| ATDK        | 25.5±0.50 b                       | 359±7.34 a                        | 74.3±2.06 b                        | 24.3±0.49 b                        |
| TSP         | 28.1±0.44 a                       | 323±2.26 b                        | 87.9±1.96 a                        | 35.6±0.96 a                        |
| F değeri    | 248**                             | 204**                             | 262**                              | 345**                              |

Değerler dört tekerrürünün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu Duncan Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \*\* $p<0.01$

Bitki P konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Uygulamalar arasında en yüksek artış TSP ile olmuş ve bunu sırasıyla ATDK ve TDK izlemiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde bitkiye P alımı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuş ve 28.1 mg saksı<sup>-1</sup> ile TSP uygulaması en yüksek P alımı sağlayan uygulama olmuştur. Bunu sırasıyla ATDK (25.5 mg saksı<sup>-1</sup>) ve TDK (17.7 mg saksı<sup>-1</sup>) uygulamaları izlemiştir (Çizelge 4). Marul, P seven bir bitkidir (Johnstone ve ark., 2005). Tavuk dışkısı külünde elementler CaO ve MgO gibi alınamaz formlar ve hidroksiapatit (HAP) gibi daha az alınabilir formlardır. Kül çeşitli oranlarda farklı asitlerle muamele edildiğinde, bu alınamaz formlar bitki tarafından alınabilir fosfat ve sülfat formlarına dönüşmüş ve özellikle P olmak üzere bitki yararışlı element miktarlarını artırmıştır. Nitekim Li ve ark. (2020) tarafından tavuk gübresiyle yapılan H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> modifikasyonu ve Komiyama ve ark. (2013) tarafından tavuk gübresiyle yapılan H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> modifikasyonu ile de benzer sonuçlar bildirilmiştir.

Bitki K konsantrasyonu ve alımı üzerine uygulamaların etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Kontrolle karşılaştırıldığında bitki K konsantrasyonu TDK uygulaması ile önemli oranda yüksek bulunmuşken, ATDK kontrolle aynı sınıfta yer almış, TSP ise daha düşük K konsantrasyonuna neden olmuştur (Çizelge 3). Bitkiye K alımı bakımından tüm uygulamalar kontrole göre daha yüksek olurken, 359 mg saksı<sup>-1</sup> ile ATDK en yüksek K alımı sağlayan uygulama olmuştur. Bitkiye K alımı bakımından TDK ve TSP aynı sınıfta yer almıştır (Çizelge 4). Gunes ve ark. (2024) yaptıkları bir çalışmada, TDK'nın bileşimindeki önemli K seviyesi (%10.5) nedeniyle, TDK ve TDK + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamalarının TSP'ye oranla bitkilerdeki K konsantrasyonunu önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir. Diğer taraftan, çalışmamızda TSP gübresinin K içeriğinin (% 2.14) düşük olması bitkideki K konsantrasyonunun da düşük bulunmasına sebep olmuştur.

Kül uygulamalarının bitki Ca konsantrasyonu ve alımına etkisi önemli olmuştur ( $p<0.05$ ). Bitki Ca konsantrasyonu bakımından kül uygulamaları kontrole aynı sınıfta yer almış, TSP ise bunlardan daha yüksek Ca konsantrasyonu sağlamıştır (Çizelge 3). Bitkiye Ca alımı bakımından tüm uygulamaların kontrole göre artış sağladığı belirlenmiştir. TSP 87.9 mg saksı<sup>-1</sup> ile en yüksek Ca alımı sağlayan uygulama olurken bu uygulamayı sırasıyla ATDK (74.3 mg saksı<sup>-1</sup>) ve TDK (58.8 mg saksı<sup>-1</sup>) izlemiştir. TSP gübresi bilindiği gibi monokalsiyum fosfat formunda bir gübredir ve kireç varlığında trikalsiyum fosfat şeklinde yararışsız forma geçtiği birçok literatürde yer almaktadır. Bu çalışmada kullanılan toprak örneğinde kireç içeriği (% 7.41) çok yüksek olmadığından fiksasyona uğramamıştır. Diğer taraftan, Gunes ve ark. (2024) tarafından yapılan bir çalışmada TSP gübresinin TDK ve TDK + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> uygulamalarına göre marul bitkisinde daha yüksek Ca konsantrasyonuna neden olduğu ifade edilmiştir. Çalışmamızda kullanılan TSP gübresinin toplam Ca konsantrasyonunun % 11.8 olduğu ve bunun neredeyse tamamının (%11.5) suda çözünabilir olduğu görülmektedir. Bu bağlamda TSP ile diğer kül kaynaklarına göre daha yüksek Ca konsantrasyonu beklenen bir sonuçtur. Tavuk dışkısı külünün asitlerle modifikasyonu sonucunda, çözünabilir Ca miktarı artmış ve bitkide Ca konsantrasyonu kontrole göre artmış fakat bu artış önemli bulunmamıştır.

Bitki Mg konsantrasyonu ve alımı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kalsiyum konsantrasyonuna benzer şekilde, TDK, ATDK ve kontrol, bitki Mg konsantrasyonu bakımından aynı sınıfta yer almış, TSP ise bu uygulamalardan daha yüksek bulunmuştur (Çizelge 3). Bitki Mg alımı bakımından tüm uygulamalar kontrole göre daha yüksek bulunmuş ve TSP uygulaması bitkiye en yüksek Mg alımı sağlayan uygulama olmuştur (Çizelge 4). Çalışmadan elde edilen sonuçlarla paralel şekilde; Kan ve ark. (2024) ile Gunes ve ark. (2024) marul bitkisiyle yaptıkları çalışmalarda, karşılaştırma amacıyla kullanılan TSP gübresinin bitki Mg konsantrasyonunu TDK ve ATDK'ya göre daha fazla artırdığını bildirmişlerdir.

## Marul bitkisi mikro element konsantrasyonları ve alımları

Tavuk dışkısı külü ile ATDK'nın marul bitkisi toplam Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonlarına etkisi Çizelge 5'te, Fe, Zn, Cu ve Mn alımlarına etkisi ise Çizelge 6'da verilmiştir. Bitki Fe konsantrasyonu üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Kontrolle karşılaştırıldığında TSP uygulaması ile en yüksek Fe konsantrasyonuna ulaşılırken, bu uygulamayı TDK izlemiştir. Diğer taraftan, ATDK uygulaması ile kontrole göre daha düşük Fe konsantrasyonu belirlenmiştir (Çizelge 5). Kül uygulamalarının bitki Fe alımı üzerine etkisi önemli olmuştur ( $p<0.05$ ). Kontrolle karşılaştırıldığında tüm uygulamalar bitkiye Fe alımını artırmıştır. En yüksek Fe alımı sağlayan uygulama TSP ( $2071 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) olurken, bu uygulamayı sırasıyla TDK ( $1112 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve ATDK ( $1078 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) izlemiştir (Çizelge 6). Çalışmada materyaller  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  P olacak şekilde uygulanmış ve topraktaki P seviyesi ( $7.77 \text{ mg kg}^{-1}$ ) de yeterlilik sınırına oldukça yakın bulunmuştur. Zhang ve ark. (2012) topraktaki P seviyelerinin yüksek olması durumunda, toprakta çözünmeyen Zn ve Fe-fosfat bileşiklerinin oluşabileceğini ve Zn ve Fe'in bitkiler için daha az kullanılabilir hale gelebileceğini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan TSP gübresinin çalışmada kullanılan diğer materyallere göre daha yüksek ( $120 \text{ mg kg}^{-1}$ ) suda çözünabilir Fe içeriğine sahip olması, TSP'yi ön plana çıkarmış olabilir.

Çizelge 5. Tavuk dışkısı külü (TDK) ile asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün (ATDK) marul bitkisi toplam demir, çinko, bakır ve mangan konsantrasyonlarına etkisi

| Uygulamalar | Fe,<br>$\text{mg kg}^{-1}$ | Zn,<br>$\text{mg kg}^{-1}$ | Cu,<br>$\text{mg kg}^{-1}$ | Mn,<br>$\text{mg kg}^{-1}$ |
|-------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Kontrol     | $182 \pm 14.5 \text{ c}$   | $42.6 \pm 2.71 \text{ a}$  | $11.1 \pm 0.53 \text{ a}$  | $77.4 \pm 2.51 \text{ b}$  |
| TDK         | $217 \pm 22.3 \text{ b}$   | $28.1 \pm 1.03 \text{ b}$  | $6.90 \pm 0.13 \text{ b}$  | $82.0 \pm 1.87 \text{ ab}$ |
| ATDK        | $171 \pm 13.5 \text{ d}$   | $18.9 \pm 1.02 \text{ c}$  | $5.30 \pm 0.19 \text{ c}$  | $68.4 \pm 3.22 \text{ c}$  |
| TSP         | $330 \pm 47.5 \text{ a}$   | $14.1 \pm 0.55 \text{ c}$  | $6.40 \pm 0.29 \text{ b}$  | $85.4 \pm 1.16 \text{ a}$  |
| F değeri    | 6.73**                     | 64.6**                     | 61.9**                     | 10.1**                     |

Değerler dört tekrerrürün ortalaması  $\pm$  standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu Duncan Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \*\* $p<0.01$

Çizelge 6. Tavuk dışkısı külü (TDK) ile asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün (ATDK) marul bitkisi toplam demir, çinko, bakır ve mangan alımlarına etkisi

| Uygulamalar | Fe alım,<br>$\mu\text{g saksı}^{-1}$ | Zn alım,<br>$\mu\text{g saksı}^{-1}$ | Cu alım,<br>$\mu\text{g saksı}^{-1}$ | Mn alım,<br>$\mu\text{g saksı}^{-1}$ |
|-------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| Kontrol     | $379 \pm 36.3 \text{ d}$             | $88.1 \pm 4.19 \text{ c}$            | $23.0 \pm 1.16 \text{ c}$            | $160 \pm 4.49 \text{ c}$             |
| TDK         | $1112 \pm 120 \text{ b}$             | $144 \pm 6.96 \text{ a}$             | $35.4 \pm 1.90 \text{ b}$            | $420 \pm 11.1 \text{ b}$             |
| ATDK        | $1078 \pm 64.4 \text{ c}$            | $119 \pm 5.60 \text{ b}$             | $33.4 \pm 0.43 \text{ b}$            | $431 \pm 8.33 \text{ b}$             |
| TSP         | $2071 \pm 317 \text{ a}$             | $88.0 \pm 2.83 \text{ c}$            | $40.0 \pm 1.82 \text{ a}$            | $533 \pm 9.42 \text{ a}$             |
| F değeri    | 16.0**                               | 27.5**                               | 24.4**                               | 335**                                |

Değerler dört tekrerrürün ortalaması  $\pm$  standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu Duncan Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \*\* $p<0.01$

Bitki Zn konsantrasyonu ve alımı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). Tüm uygulamalar kontrole göre bitki Zn konsantrasyonunu önemli düzeyde düşürmüştür (Çizelge 5). Bitkiye Zn alımı bakımından TSP, kontrolle aynı sınıfta yer alırken, kül uygulamaları bu uygulamalara göre daha yüksek Zn alımı sağlamıştır (Çizelge 6). Fosforlu gübrelerinin çinko beslenmesi üzerindeki olumsuz etkileri iyi bilinmektedir (Marschner, 2012). Materyallerdeki suda çözünabilir P içeriği arttıkça bitkilerde Zn içeriğinin düşmesi beklenen bir sonuçtur. Kan ve ark. (2024), çalışmada elde edilen sonuçlara benzer şekilde kül uygulamalarındaki P içeriğinin artışına bağlı olarak Zn içeriğinin kontrole göre önemli oranda düştüğünü belirlemişlerdir. Ancak,  $1000 \text{ mL H}_2\text{SO}_4$  ile asitleştirilmiş TDK uygulamasında, kontrol seviyesine yakın bir Zn seviyesine ulaşıldığı bunun nedeni olarak ta bu uygulamanın daha yüksek suda çözünür Zn konsantrasyonu sağlaması gösterilmiştir.

Uygulamaların bitki Cu konsantrasyonu ve alımı üzerine önemli düzeyde etki ettiği belirlenmiştir ( $p<0.05$ ). Çinko konsantrasyonu ile benzer şekilde Cu konsantrasyonu da uygulamalara bağlı olarak önemli düzeyde düşmüş ve ATDK en düşük Cu konsantrasyonuna sebep olan uygulama olmuştur (Çizelge 5). Diğer taraftan, marul bitkisine Cu alımı bakımından tüm uygulamaların kontrole göre daha başarılı olduğu tespit edilmiştir. TSP uygulaması ile bitkiye en yüksek düzeyde ( $40 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) Cu alımı sağlanırken, bunu sırasıyla TDK ( $35.4 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) ve ATDK ( $33.4 \mu\text{g saksı}^{-1}$ ) uygulamaları izlemiştir (Çizelge 6). Patel ve Goswami (2020), kül uygulamalarına bağlı olarak mikro element konsantrasyonlarında meydana gelen bu azalmaların asit karışımındaki yüksek suda çözünür P konsantrasyonu ile açıklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Bitki Mn konsantrasyonu ve alımı üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur ( $p<0.05$ ). TSP uygulaması ile bitkide en yüksek Mn konsantrasyonuna ulaşılrken, ATDK uygulaması neticesinde en düşük Mn konsantrasyonu belirlenmiştir (Çizelge 5). Tüm uygulamaların bitkiye Mn alımını kontrole göre önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Uygulamalar arasında bitkiye Mn alımı bakımından en başarılı uygulama TSP olurken, bu uygulamayı sırasıyla ATDK ve TDK uygulamaları izlemiştir. Gunes ve ark. (2025) tarafından yapılan bir çalışmada; TDK öncelikle asitlerle ( $H_2SO_4-H_3PO_4$ ) muamele edilmiş sonrasında ise azotla zenginleştirilmiştir. Bu şekilde üretilen gübrenin çalışmada elde edilen sonuca benzer şekilde şeker pancarı yapraklarında Mn konsantrasyonlarının kontrole göre düşmesine neden olduğu bildirilmiştir.

## Sonuç

Tarımsal biyokütle atıklarının alternatif enerji kaynağı olarak kullanımı günümüzde artan bir ivme kazanmaktadır. Bu amaçla değerlendirilebilecek atıklardan birisi de tavuk dışkılarıdır. Ülkemizde her yıl önemli miktarlarda tavuk dışkısı ortaya çıkmakta ve doğru değerlendirilmediğinde bu kıymetli atık çevre kirliliğine sebep olabilmektedir. Tavuk dışkısının yüksek sıcaklıklarda elektrik üretilmesi amacıyla yakılması neticesinde elde edilen kül, azot hariç tüm besin maddelerini içermektedir. Bununla birlikte yakma esnasında elementler oksit formlarına dönüşmekte ve bu durum yarayışlılığı düşürmektedir. Tavuk dışkısı külünde besin elementi yarayışlılığını artırabilecek stratejiler arasında asitlerle modifikasyon da gelmektedir. Yapılan çalışmada asitlerle modifiye edilmiş tavuk dışkısı külünün marul bitkisinde kuru ağırlık ve P konsantrasyonu ile bitkiye besin maddesi alımlarının tamamını artırdığı belirlenmiştir. Ülkemizde kullanılan kimyasal gübrelerin tamamına yakını ithal edilmektedir. Bu gibi atıkların uygun işlemlerden geçirilmesi neticesinde elde edilen gübrelerin, tarımsal üretimde verimliliği artırabileceği, çevre kirliliği riskini azaltabileceği ve gübrede dışa bağımlılığımızı azaltabileceği düşünülmektedir. Bu sebeple bu tarz çalışmaların farklı asit kombinasyonlarıyla, farklı bitki türlerinde ve farklı bölgelerde yapılması son derece önemlidir.

## Teşekkür

Bu çalışmanın analizlerinin yapılmasında emeği geçen değerli arkadaşlarım Dr. Öğr. Üyesi Hanife AKÇA ve Seval MÜNGAN ile gerekli düzeltmelerin yapılmasında desteğini gördüğüm kıymetli Hocam Prof. Dr. Aydın GÜNEŞ'e teşekkür ederim.

## Kaynaklar

- Bouyoucos GJ, 1951. A realibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal* 43, 434-438.
- Bremner JM, 1965. Total Nitrogen Methods of Soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties'. In: Black CA (ed), Black. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agronomy Series. No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A. 1149-1178.
- Düzgüneş O, 1963. Bilimsel Araştırmalarda İstatistik Prensipleri ve Metotları. E.Ü. Matbaası, İzmir.
- Fahimi A, Bilo F, Assi A, Dalipi R, Federici S, Guedes A, Valentim B, Olgun H, Ye G, Bialecka B, Fiameni L, Borgese L, Cathelineau M, Boiron MC, Predeanu G, Bontempi E, 2020. Poultry litter ash characterisation and recovery. *Waste Manag.* 111:10-21.
- Fiameni L, Fahimi A, Marchesi C, Sorrentino GP, Zanoletti A, Moreira K, Valentim B, Predeanu G, Depero LE, Bontempi E, 2021. Phosphorous and silica recover from Rice Husk Poultry Litter Ash: a sustainability analysis using a zero-Waste Approach. *Materials* 14:6297. <https://doi.org/10.3390/ma14216297>.
- Frazão JJ, de Melo Benites V, Pierobon VM, Ribeiro JVS, Lavres J, 2021. A poultry litter-derived organomineral phosphate fertilizer has higher agronomic effectiveness than conventional phosphate fertilizer applied to field-grown maize and soybean. *Sustainability*. 13(21):11635.
- Gezgin S, 2018. Türkiye topraklarının organik madde durumu, organik madde kaynaklarımız ve kullanımı. *Organomineral Gübre Çalıştayı*, 29:12-16.
- Gunes A, Inal A, Kadioglu YK, 2009. Determination of mineral element concentrations in wheat, sunflower, chickpea and lentil cultivars in response to P fertilization by polarized energy dispersive X-ray fluorescence. *X-Ray Spectrometry*. 38:451-462.
- Gunes A, Kan S, Taskin MB, Gokmen Yilmaz F, Deniz Yagcioglu K, Kadioglu YK, Akca H, Gezgin S, 2024. Recycling and optimization of poultry manure incineration ash as a source of phosphorus and balanced mineral fertilization. *J Mater Cycles Waste Manage.* 26(6):3509-3524. <https://doi.org/10.1007/s10163-024-02062-x>.

- Gunes A, Taskin MB, Sahin O, Deniz Yagcioglu K, Kadioglu YK, Tugrul M, Abaci AY, Altunbay G and Eser U, 2025. Transforming Biomass Energy Waste into Innovative Fertilizer: Impact of Poultry Litter Incineration Ash-Based Fertilizer on Sugar Beet Nutrition, Yield, and Quality. *Sugar Tech.* 27(2):608-620.
- Güçdemir İH, 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Güncelleştirilmiş ve Genişletilmiş 5. baskı. Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 231, Teknik yayın no: T.69, Ankara.
- Hızalan E, Ünal H, 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, 278, Ankara.
- Jackson ML, 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, 498.
- Johnstone PR, Hartz TK, Cahn MD, Johnstone MR, 2005. Lettuce response to phosphorus fertilization in high phosphorus soils. *HortScience*. 40:1499–1503.
- Kan S, Yilmaz FG, Yagcioglu KD, Kadioglu YK, Gezgin S, Gunes A and Taskin MB, 2024. Valorization of Poultry Litter Incineration Ash as a Sustainable and Balanced Fertilizer Source. *J Soil Sci Plant Nutr.* 24:7570-7580.
- Kelleher BP, Leahy JJ, Henihan AM, O'dwyer TF, Sutton D and Leahy M J, 2002. Advances in poultry litter disposal technology—a review. *Bioresource Technol.* 83(1):27-36.
- Komiyama T, Kobayashi A and Yahagi M, 2013. The chemical characteristics of ashes from cattle, swine and poultry manure. *J Mat Cycles Waste Manag.* 15:106–110. <https://doi.org/10.1007/s10163-012-0089-2>.
- Li Q, Wang S, Wang L, Zhang L, Wan X and Sun Z, 2020. The recovery of phosphorus from acidic ultra-high phosphorous wastewater by the struvite crystallization. *Water.* 12:946. <https://doi.org/10.3390/w12040946>.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA Soil Test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. *Soil Sci Society America Journal.* 42:421-428.
- Marschner P, 2012. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*, 3rd edn. Academic Press, London.
- Millsaps CR, Reiter MS, Whitehurst BM, Whitehurst GB, Maguire RO, Thomason WE, 2021. Granulated Poultry Litter Ash Acidulation and physical characteristics. *Transac ASABE* 64:1227– 1235. <https://doi.org/10.13031/trans.14164>.
- Nusselder S, de Graaff LG, Odegard IYR, Vandecasteele C and Croezen HJ, 2020. Life cycle assessment and nutrient balance for five different treatment methods for poultry litter. *J Cleaner Produc.* 267: 121862.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean NC, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soil by Extraction with Sodium Bicarbonate. United States Department of Agriculture Circular 939:1-18.
- Patel D, Goswami D, 2020. Phosphorus Solubilization and Mobilization: Mechanisms, Current Developments, and Future Challenge. In: Yadav, A., Rastegari, A., Yadav, N., Kour, D. (eds) *Advances in Plant Microbiome and Sustainable Agriculture. Microorganisms for Sustainability*, vol 20. Springer, Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-3204-7\\_1](https://doi.org/10.1007/978-981-15-3204-7_1).
- Pratt PF, 1965. Chemical and Microbiological Properties. *Methods of Soil Analysis*. Ed: Black CA, American Society of Agronomy Madison 771-1572.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. In: United States Department of Agriculture Handbook, 1070, USA.
- Rivera R, Chagnes A, Cathelineau M, Boiron MC, 2022. Conditioning of poultry manure ash for subsequent phosphorous separation and assessment for a process design. *Sustain Mat Tech.* 31:e00377. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2021.e00377>.
- Taban S, Turan MA, Katkat AV, 2013. Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi.* 10(1):9-13.
- Temminghoff EE, Houba VJ, 2004. *Plant analysis procedures*. 1-178, Kluwer Academic Publishers, Boston, USA.
- TÜİK 2025. 2024 yılı kümes hayvanı sayıları ve hayvansal üretim miktarları. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Hayvansal-Uretim-Istatistikleri-2024-53935>. Erişim tarihi 11.03.2025.
- Zhang YQ, Deng Y, Chen RY, Zhen LC, Xin PC, Yost R, Zhang FS and Chun QZ, 2012. The reduction in zinc concentration of wheat grain upon increased phosphorus-fertilization and its mitigation by foliar zinc application. *Plant Soil.* 361:143–15



## Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu

Ebru ERKAN<sup>1\*</sup>, Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Zirai Karantina Müdürlüğü, Antalya

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Kurupelit, Samsun

### Öz

Şeker pancarı üretim alanlarında sıklıkla rastlanan, en fazla zarar oluşturan toprak kökenli virüs türü Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) olup 'rhizomania' olarak bilinen hastalığa neden olmakta ve toprak kökenli vektör *Polymyxa betae* ile taşınmaktadır. Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı bölgelerinden elde edilen ve BNYVV ile bulaşık olduğu daha önce belirlenen 17 toprak örneği kullanılmıştır. Öncelikle, tuzak bitki testi yöntemine göre BNYVV izolatlarının yeniden çoğaltımı sağlanmıştır. Kılıf protein (CP) geni BNYVV'nin RNA-2 segmentinden sentezlenmektedir. Bu çalışmada 16 BNYVV izolatının CP gen bölgesinin nükleotit dizileri elde edilmiştir. Bu izolatların dünya izolatları ile BLAST analizi ve elde edilen filogenetik analizler sonucu, ülkemize ait BNYVV izolatlarının iki farklı gruba ayrıldıkları saptanmıştır. İlk grupta yer alan IGR-9 ve ERC-52 izolatlarının, A (P) tipi CP yapısına sahip Çin, Fransa ve İran'a ait bahsedildiği sıraya göre, HXL291CP-1, Pithiviers ve IR-GR1 izolatlarıyla %99.65 oran ile en yüksek benzerliğe sahip olduğu belirlenmiştir. İkinci grupta yer alan diğer 14 BNYVV izolatı ise, A-tip karakterde CP içeren İspanya, ABD ve Sırbistan'a ait BNYVV izolatları ile en yüksek benzerlik göstermişlerdir (%99.65-%100).

**Anahtar Kelimeler:** Rhizomania, BNYVV, CP, RT-PCR, sekans analizi.

### Molecular characterization of Beet necrotic yellow vein virus isolates from sugar beet production areas of Türkiye according to coat protein gene

#### Abstract

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), which causes the disease known as 'rhizomania' and is transmitted by the soil-borne vector *Polymyxa betae*, is the most destructive and prevalent soil-borne virus in sugar beet production areas. In this study, 17 soil samples known to be infested with BNYVV were collected from different regions of Türkiye. Initially, BNYVV isolates were propagated using the bait plant test method. The coat protein (CP) gene is synthesized from the RNA-2 segment of BNYVV. In this study, nucleotide sequences of the CP gene region were obtained from 16 BNYVV isolates. BLAST analysis and phylogenetic tree comparisons with global isolates revealed that BNYVV isolates from Türkiye are located into two distinct groups. In the first group, IGR-9 and ERC-52 isolates exhibited an A (P) type CP structure, showing the highest similarity (99.65%) with HXL291CP-1 (China), Pithiviers (France), and IR-GR1 (Iran), respectively. Meanwhile, the remaining 14 BNYVV isolates in the second group showed the highest similarity (99.65%-100%) to A-type CP-containing isolates from Spain, the USA, and Serbia.

**Keywords:** Rhizomania, BNYVV, CP, RT-PCR, sequencing.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* var. *altissima*) günümüzde taksonomik olarak Amarathaceae familyası içerisinde sınıflandırılan ekonomik öneme sahip iki yıllık bir endüstri bitkisidir. Hem dünyada hem de Türkiye'de şeker pancarlarında toprak kökenli viral etmenler şeker pancarında verim ve kalite kayıplarına sebep olmaktadır (Biancardi ve Lewellen, 2016; Kaya ve ark., 2024). Bunlar arasında ekonomik olarak en önem taşıyan etmen Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) adıyla bilinen virüs türü *Benyvirus necrobetae* (Bragard ve ark., 2023)'dir. BNYVV, şeker pancarında 'rhizomania' olarak bilinen hastalığa neden

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (536) 363 2481  
E-posta : [ebezya@gmail.com](mailto:ebezya@gmail.com)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 11 Şubat 2025  
Kabul Tarihi : 7 Mayıs 2025

e-ISSN : 2146-8141  
DOI : 10.33409/tbbbd.1637444

olmakta ve toprak kökenli vektör *Polymyxa betae* Keskin ile taşınmaktadır. Virüs, vektörün dinlenme sporlarında en az 15 yıl enfeksiyon yeteneğini kaybetmeden kalabilmektedir (Abe ve Tamada, 1986).

Şeker pancarında rhizomania hastalığının en karakteristik belirtisi bitkinin kök kısmında görülmektedir. Erken enfeksiyon oluşumunda; ana kök ucu ölmekte, aşırı kılcak kök gelişiminden dolayı köklerde çoğalma artmakta ve hastalığa adını veren kök sakallanması belirtisi oluşmaktadır. Öte yandan virüse hassas çeşitlerin yetiştiriciliğinin yapılması durumunda tarlalarda yer yer renk açılımı gösteren bitki toplulukları dikkat çekmektedir (Rush ve Hiedel, 1995). Nadiren, bitkinin yapraklarında özellikle damarlar boyunca yayılan belirgin sarı ya da nekrotik alanlar da oluşabilmektedir (Tamada, 2016).

Vejetasyon dönemi başında oluşan BNYVV enfeksiyonlarında, pancarın kök verimi ve şeker içeriği düşmekte; melas oluşumunda rol oynayan sodyum ve potasyum oranının artması sebebiyle de fabrikada işleme özelliğinin olumsuz yönde etkilendiği belirtilmektedir (Kajiyama ve ark., 1990). Virüs enfeksiyonu nedeniyle; kök ağırlığında %50, şeker oranında ise %50-%80'lere varan oranlarda kayıplar oluşabilmektedir (Henry, 1996). Ayrıca, rhizomania hastalığında kılcak köklerin aşırı artışı ve köklere tutunan toprak partiküllerinin yoğunluğu sebebiyle ürünün hasadı zorlaşmaktadır. Öte yandan, BNYVV ile enfekteli pancar bitkilerinin düşük sıcaklıklara toleransının azaldığı (Strausbaugh ve Eujayle, 2018) ve enfekteli yumrulara ise depo koşullarında sükröz kayıplarının arttığı bildirilmiştir (Strausbaugh, 2018). Türkiye'de, BNYVV ilk olarak 1987 yılında Alpulla Şeker Fabrikası'nın Keşan ve Uzunköprü ile Amasya Şeker Fabrikası'nın Erbaa ve Taşova bölgelerinde rapor edilmiştir (Koch, 1987). Takiben, çeşitli araştırmacılar tarafından yürütülen çalışmalarla ülkemiz pancar üretim alanlarının büyük bir bölümünün rhizomania hastalığı ile bulaşık olduğu tespit edilmiştir (Kaya, 2009; Kutluk Yılmaz ve ark., 2010, 2016, 2019; Yardımcı ve Çulal Kılıç, 2011; Özmen ve ark., 2020).

Beet necrotic yellow vein virus, *Benyviridae* familyasına ait *Benyvirus* cinsinin tipik bir üyesidir (Gilmer ve Ratti, 2017). Viral etmen düz çubuk şeklinde dört ya da beş adet pozitif polaritede tek sarmal (ss) RNA partikülü içermektedir (Tamada ve ark., 1989). Bu genomik segmentlerden RNA-1; replikasyonda görev alan tek açık okuma çerçevesine (Open reading frame; ORF) sahiptir (Van Regenmortel ve ark., 2000). RNA-2 segmentinden altı adet ORF sentezlenmekte olup ilk iki ORF kılıf protein-readthrough (CP-RT) proteinlerini kodlamakta ve bu proteinler virüs partiküllerinin *P. betae* ile taşınmasında etkili olmaktadır. Sonrasında yer alan üçlü gen bloğu bölgesi (TGB; P42, P13 ve P15) ise BNYVV partiküllerinin hücreden hücreye taşınmasında görev almaktadır (Tamada, 2002). Bu segmentin 3' ucunda bulunan son ORF'den ise, antiviral RNA susturmanın (RNA silencing) baskılanması ile ilgili gen bölgesi sentezlenmektedir (Chiba ve ark., 2011). RNA-3'den P25 proteini sentezlenmekte; bu protein ise şeker pancarı köklerinde sakallanma oluşumunu teşvik etmektedir. Öte yandan, virüsün P25 gen bölgesi patojenitesinde de etkili olup bu proteinin özellikle 67-70. amino asitlerinde büyük farklılık gözlenmektedir (Koenig ve ark., 1991). RNA-4 tarafından kodlanan P31 proteini ise BNYVV'nin *P. betae* ile taşınmasında rol oynamaktadır (Tamada ve Abe, 1989; Rahim ve ark., 2007). RNA-5 tarafından kodlanan P26 proteini ise, şeker pancarında kökteki belirtilerin şiddeti üzerine etkili olmaktadır (Tamada ve ark., 1996, 2021).

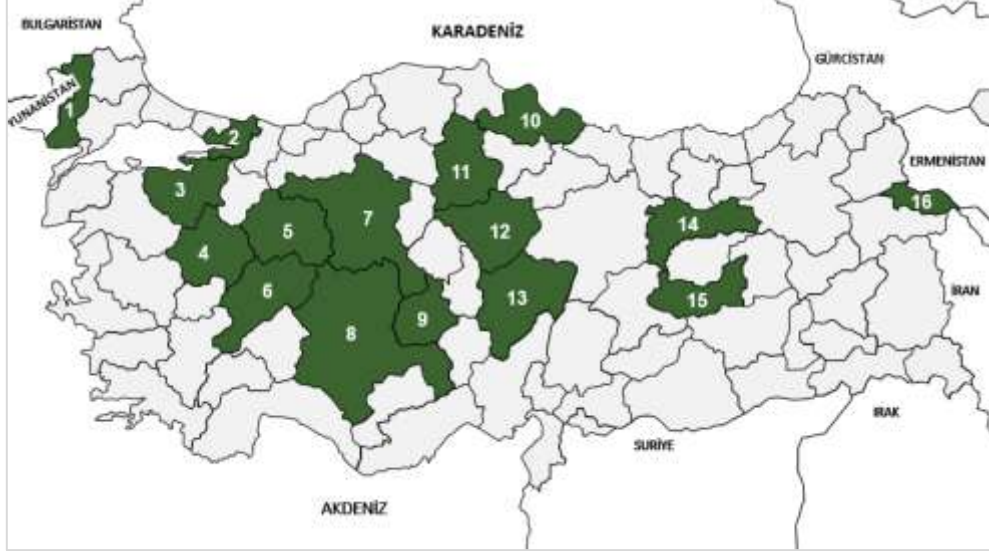
1990'lı yıllara kadar, BNYVV izolatları CP genine göre A- ve B-tip olmak üzere iki grupta toplanmıştır (Kruse ve ark., 1994; Koenig ve ark., 1995; Saito ve ark., 1996). 1997'de ise bir diğer BNYVV grubu, A-tipi ile yakın ilişkili ancak ilave bir RNA segmenti daha içeren (RNA-5), P-tip ise ilk olarak Fransa'nın Pithiviers bölgesinden izole edilmiş (Koenig ve ark., 1997) ve sonrasında bu tip BNYVV izolatları Kazakistan (Koenig ve Lennefors, 2000), İngiltere (Ward ve ark., 2007), İran (Nassaj-Hosseini ve ark., 2013) ve Almanya'da (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de saptanmıştır. A-tip ülkemiz de dahil olmak üzere (Kruse ve ark., 1994; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016, 2018) dünya çapında yaygınlık göstermekle birlikte; B-tip ise Avrupa'da sınırlı alanlarda, ayrıca Çin (Li ve ark., 2008) ve Japonya (Miyanishi ve ark., 1999)'da tespit edilmiştir. Ayrıca, daha sonraki yıllarda, bazı A- ve B-tip özelliğindeki Japon ve Çin izolatlarında farklı bir RNA-5 çeşidi bulunmuştur (Schirmer ve ark., 2005), ancak bu RNA-5 filogenetik olarak P tipi RNA-5'ten farklı olduğu için J-tipi RNA-5 olarak adlandırılmıştır (Miyanishi ve ark., 1999). Ardından, J-tip BNYVV izolatları Avrupa'da Almanya (Koenig ve ark., 2008), İtalya ve Hollanda (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de lokal alanlarda; Türkiye (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016)'de ise yaygın olarak saptanmıştır.

CP bölgesi, farklı BNYVV izolatları arasında en çok korunmuş olan bölgedir. Bu nedenle, farklı coğrafik kökenlerden gelen virüs izolatlarının sınıflandırılmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Schirmer ve ark., 2005). Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı coğrafik bölgelerinden elde edilen BNYVV izolatlarının, CP gen bölgesinin moleküler olarak karakterize edilmesi ve CP genine göre bulundukları streyn gruplarının ortaya konulması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Toprak örnekleri

Daha önce yürütülen bir çalışma ile, Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait incelenen toprak örneklerinin %38'inin BNYVV ile bulaşık olduğu saptanmıştır (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016). Bir önceki çalışma ile BNYVV ile bulaşık olarak belirlenen örnekler içerisinde, coğrafik lokasyonlarına göre seçilen 17 toprak örneği bu çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur (Şekil 1, Çizelge 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan toprak örneklerinin temin edildiği iller (Yeşil renkli ve numaralı alanlar örneklerin temin edildiği illeri göstermektedir). 1: Edirne, 2: Adapazarı, 3: Bursa, 4: Kütahya, 5: Eskişehir, 6: Afyonkarahisar, 7: Ankara, 8: Konya, 9: Aksaray, 10: Samsun, 11: Çorum, 12: Yozgat, 13: Kayseri, 14: Erzincan, 15: Elazığ, 16: Iğdır

Çizelge 1. Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) izolatlarının kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu için seçilen örnekler ve orijinleri

| İl             | İlçe        | Köy           | Örnek No  |
|----------------|-------------|---------------|-----------|
| Adapazarı      | Erenler     | Merkez        | 291       |
| Afyonkarahisar | Dinar       | İshaklı       | 259       |
| Aksaray        | Merkez      | Yenikent      | 581       |
| Ankara         | Ayaş        | Uğurçay       | 617       |
| Bursa          | Yenişehir   | Çardak        | 148       |
| Çorum          | Osmancık    | Güvercinlik   | 68        |
| Edirne         | Merkez      | Bosna         | 125       |
| Elazığ         | Merkez      | Yedigöze      | 44        |
| Erzincan       | Merkez      | -             | 52        |
| Eskişehir      | Çifteler    | Merkez        | 225       |
| Iğdır          | Karakoyunlu | Taşburun      | 9         |
| Kayseri        | Merkez      | Mahzemin      | 527       |
| Konya          | Yunak       | Saray         | 359       |
|                | Çeltik      | Hacıosmanoğlu | 373       |
| Kütahya        | Simav       | Gümele        | 602       |
| Samsun         | Vezirköprü  | Yukarı Narlı  | 61        |
| Yozgat         | Yenifakılı  | Merkez        | 355       |
| <b>16</b>      |             |               | <b>17</b> |

### Şeker pancarı tohumu

Bu çalışmada, BNYVV'ye hassas şeker pancarı (cv. Kasandra; *rz1* geni içeren) tohumu kullanılmış olup bu tohum Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

### Tuzak bitki testi yöntemi

Beet necrotic yellow vein virus ile bulaşık olduğu bilinen 17 toprak örneği tuzak bitki testi çalışmalarında kullanılmıştır (Çizelge 1, Şekil 1). Öncelikle seçilen bu topraklar 1:1 oranında steril kum ile karıştırılmış ve

ardından toprak-kum karışımları plastik saksılara doldurularak, her birine 8-10 adet BNYVV'e hassas şeker pancarı (cv. Kasandra) tohumu iki tekerrürlü olarak ekilmiştir. Saksılar iklim odasına yerleştirilip 20°C (gece) ve 25°C (gündüz) sıcaklıklarda ve 14 saat fotoperyotta tutularak, altı haftalık yetiştirme periyodu boyunca, haftada bir defa Hoagland besin solüsyonu ile sulanmıştır. Bu süre tamamlandığında, her bir saksıdaki bitkiler ayrı ayrı hasat edilmiş ve bitki kökleri musluk suyunda yıkanarak topraktan arındırılmıştır (Meunier ve ark., 2003). Daha sonra, bu bitkilerin kök bölgeleri alınmış ve RNA izolasyon çalışmalarında kullanılmıştır.

### **RNA izolasyonu ve reverse-transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR)**

Beet necrotic yellow vein virus ile enfekteli (17 adet) ve sağlıklı bitkilerin köklerinden toplam RNA'lar PureLink™ RNA Mini Kiti (Invitrogen, ABD) kullanılarak, kit protokolüne göre izole edilmiştir. BNYVV'nin RNA-2 segmenti üzerinde yer alan CP bölgenin çoğaltılmasında, Lennefors ve ark. (2004)'ün belirttikleri BNYVV/F (GAAGAAGATAGTACCAACATG) ve BNYVV/R (CCGAGCAGCAGCTAATTGCTA) primerleri kullanılmıştır.

Bu çalışmada, iki aşamalı RT-PCR yöntemi uygulanmıştır. Öncelikle, seçilen bu örneklerde Omniscript Reverse Transcription Kit (Qiagen, Almanya) ile firmanın belirttiği protokol takip edilerek, cDNA sentezi gerçekleştirilmiştir. PCR reaksiyonu ise; 10 µl 5XGC Buffer, 1 µl dNTP mix (10 mM), primerlerin her birinden 2.5 µl (10 µM), 1.5 µl DMSO, 0.5 µl Phusion High-Fidelity DNA Polymerase (Thermo Fisher Scientific, ABD) enzimi, 29.5 µl RNase-free su ve 2.5 µl cDNA'den oluşmuştur. Amplifikasyonlar thermocycler (Bio-Rad, ABD)'da 98°C'de 30 s başlangıç denatürasyon basamağının ardından, 25 döngü olacak şekilde; 98°C'de 10 s, 54.2°C'de 30 s, 72°C'de 30 s ve 1 döngü 72°C'de 5 dk ile tamamlanmıştır.

PCR ürünleri TBE tampon çözeltisinde hazırlanan %1'lik agaroz jelde (0.5 µg/ml etidium bromür içeren) elektroforez yöntemi ile analiz edilmiştir. Jeldeki PCR fragmentlerinin analizi ise GelDoc 2000 (Biorad, ABD) görüntüleme sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

### **Nükleotit dizi analizi ve Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının filogenetik ilişkilerinin araştırılması**

Çoğaltımı sağlanan BNYVV izolatlarına ait PCR ürünleri sekans hizmeti veren firmaya (Genoks, Ankara) gönderilmiş ve Sanger Dizileme Yöntemi ile dizi analizleri gerçekleştirilmiştir. Analiz sonrası, MEGA 7 programında (Kumar ve ark., 2016) Clustal W (Thompson ve ark., 1994) yöntemi kullanılarak BNYVV izolatlarına ait ileri ve geri yönde elde edilen ham sekans verileri hizalanmış, düzgün okunan kısımlar alınarak konsensus diziler oluşturulmuştur. Ardından, her bir izolatın CP gen bölgesine ait oluşturulan konsensus diziler hem kendi aralarındaki hem de dünyadaki diğer BNYVV izolatları ile genetik benzerlik ve farklılıkların incelenmesi amacıyla NCBI (National Centre for Biotechnology Information)'daki Basic Local Alignment Search Tool (BLAST)'n ve BLASTp parametreleri kullanılarak analiz edilmiştir. Daha sonra, Mega 7 yazılımında yer alan Tamura- Nei Modeli (Tamura ve Nei, 1993)'ne göre BNYVV izolatlarının genetik uzaklıkları belirlenmiş ve Maximum Likelihood (ML) algoritmasına göre (Felsenstein, 1981) filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Filogenetik analizde, bu çalışmada elde edilen 16 ve dünyanın farklı bölgelerine ait 54 olmak üzere, toplam 70 farklı BNYVV izolatına ait sekans verisi kullanılmıştır (Çizelge 5). Bootstrap değeri ise 1.000 olarak alınmıştır.

### **Bulgular ve Tartışma**

Bu çalışmada, Türkiye'nin farklı coğrafik lokasyonlardan elde edilen 17 BNYVV izolatının BNYVV-CP'ye özgü primerler kullanılarak RT-PCR yöntemi ile analiz edilmiş ve incelenen örneklerin tamamında, bu bölgeye spesifik beklenen büyüklükte (567 bp) amplifikasyon ürünü elde edilmiştir. Daha sonra, Iğdır (IGR-9), Elazığ (ELZ-44), Erzincan (ERC-52), Samsun (SMS-61), Çorum (CRM-68), Edirne (EDR-125), Bursa (BRS-148), Eskişehir (ESK-225), Adapazarı (ADP-291), Yozgat (YZT-355), Kayseri (KYS-527), Aksaray (AKS-581), Kütahya (KTY-602), Ankara (ANK-617) ve Konya (KNY-359 ve KNY-373) illeri şeker pancarı üretim alanlarından elde edilen, 16 BNYVV izolatının CP genine ait PCR ürünlerinin nükleotit dizileri elde edilmiş ve bu diziler OM323309-OM323324 numaraları altında NCBI'a kayıt edilmiştir (Çizelge 4). Ancak, Afyonkarahisar iline ait bir örneğin (259 no'lu) dizi analizi iki defa tekrarlanmasına rağmen, düzgün okuma sonucu elde edilememiştir.

Bu çalışmada incelenen BNYVV izolatlarının tamamının, diğer dünya izolatlarının birçoğunda olduğu gibi (Miyanishi ve ark., 1999; Lennefors ve ark., 2004; Zhuo ve ark., 2005), CP gen bölgesinin 567 bazdan

oluştugu ve bu bölgenin 189 amino asit (aa) kodladığı belirlenmiştir. Elde edilen BNYVV izolatları, CP gen bölgesi bakımından BLASTn analizi ile birbirleriyle karşılaştırıldığında; ELZ-44, CRM-68, BRS-148, ADP-291, KYS-527 ve KTY-602 izolatlarının birbirleri ile; EDR-125, ESK-225, YZT-355 ve AKS-581 izolatlarının kendi aralarında; IGR-9 ile ERC-52 izolatlarının ise birbirleriyle CP genine göre nükleotit düzeyinde %100 benzer oldukları belirlenmiştir. Öte yandan, diğer dört BNYVV izolatının (SMS-61, KNY-359, KNY-373 ve ANK-617) ise birbirleriyle nükleotit bakımından yüksek oranda benzerlik gösterdikleri (%98.41-%99.82) tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) izolatlarının kılıf protein genine göre nükleotit düzeyinde birbirleriyle göstermiş oldukları benzerlik oranları (%)

| İzolat adı     | No        | 1          | 2          | 3          | 4     | 5          | 6          | 7          | 8          | 9          | 10         | 11    | 12         | 13         | 14    | 15    | 16         |
|----------------|-----------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|-------|------------|------------|-------|-------|------------|
| <b>IGR-9</b>   | <b>1</b>  | *          | 98.59      | <b>100</b> | 98.59 | 98.59      | 98.77      | 98.59      | 98.77      | 98.59      | 98.77      | 98.59 | 98.77      | 98.59      | 98.59 | 98.41 | 98.59      |
| <b>ELZ-44</b>  | <b>2</b>  | 98.59      | *          | 98.59      | 99.65 | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | 99.65 | 99.82      | <b>100</b> | 99.65 | 99.82 | <b>100</b> |
| <b>ERC-52</b>  | <b>3</b>  | <b>100</b> | 98.59      | *          | 98.59 | 98.59      | 98.77      | 98.59      | 98.77      | 98.59      | 98.77      | 98.59 | 98.77      | 98.59      | 98.59 | 98.41 | 98.59      |
| <b>SMS-61</b>  | <b>4</b>  | 98.59      | 99.65      | 98.59      | *     | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65 | 99.82      | 99.65      | 99.65 | 99.47 | 99.65      |
| <b>CRM-68</b>  | <b>5</b>  | 98.59      | <b>100</b> | 98.59      | 99.65 | *          | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | 99.65 | 99.82      | <b>100</b> | 99.65 | 99.82 | <b>100</b> |
| <b>EDR-125</b> | <b>6</b>  | 98.77      | 99.82      | 98.77      | 99.82 | 99.82      | *          | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82 | <b>100</b> | 99.82      | 99.82 | 99.65 | 99.82      |
| <b>BRS-148</b> | <b>7</b>  | 98.59      | <b>100</b> | 98.59      | 99.65 | <b>100</b> | 99.82      | *          | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | 99.65 | 99.82      | <b>100</b> | 99.65 | 99.82 | <b>100</b> |
| <b>ESK-225</b> | <b>8</b>  | 98.77      | 99.82      | 98.77      | 99.82 | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | *          | 99.82      | <b>100</b> | 99.82 | <b>100</b> | 99.82      | 99.82 | 99.65 | 99.82      |
| <b>ADP-291</b> | <b>9</b>  | 98.59      | <b>100</b> | 98.59      | 99.65 | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | *          | 99.82      | 99.65 | 99.82      | <b>100</b> | 99.65 | 99.82 | <b>100</b> |
| <b>YZT-355</b> | <b>10</b> | 98.77      | 99.82      | 98.77      | 99.82 | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | *          | 99.82 | <b>100</b> | 99.82      | 99.82 | 99.65 | 99.82      |
| <b>KNY-373</b> | <b>11</b> | 98.59      | 99.65      | 98.59      | 99.65 | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | *     | 99.82      | 99.65      | 99.65 | 99.47 | 99.65      |
| <b>AKS-581</b> | <b>12</b> | 98.77      | 99.82      | 98.77      | 99.82 | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82 | *          | 99.82      | 99.82 | 99.65 | 99.82      |
| <b>KTY-602</b> | <b>13</b> | 98.59      | <b>100</b> | 98.59      | 99.65 | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | 99.65 | 99.82      | *          | 99.65 | 99.82 | <b>100</b> |
| <b>ANK-617</b> | <b>14</b> | 98.59      | 99.65      | 98.59      | 99.65 | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65 | 99.82      | 99.65      | *     | 99.47 | 99.65      |
| <b>KNY-359</b> | <b>15</b> | 98.41      | 99.82      | 98.41      | 99.47 | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.82      | 99.65      | 99.47 | 99.65      | 99.82      | 99.47 | *     | 99.82      |
| <b>KYS-527</b> | <b>16</b> | 98.59      | <b>100</b> | 98.59      | 99.65 | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | <b>100</b> | 99.82      | 99.65 | 99.82      | <b>100</b> | 99.65 | 99.82 | *          |

Türkiye'ye ait BNYVV izolatları BLASTn analizine göre dünya izolatları ile karşılaştırıldığında; ülkemiz BNYVV izolatlarının iki farklı gruba ayrıldıkları görülmüştür. Buna göre; ilk grupta yer alan iki izolat olan IGR-9 ve ERC-52 izolatlarının, A (P) tipi CP'sine sahip Çin, Fransa ve İran'a ait bahsedildiği sıraya göre, HXL291CP-1, Pithiviers ve IR-GR1 izolatlarıyla %99.65 oran ile en yüksek benzerliğe sahip olduğu saptanmıştır. İkinci grupta yer alan diğer 14 BNYVV izolatı ise, A-tip karakterde CP içeren İspanya, ABD ve Sırbistan'a ait BNYVV izolatları ile en yüksek benzerlik göstermişlerdir (%99.65-%100). Üstelik, ikinci grup içerisinde yer alan EDR-125, ESK-225, YZT-355 ve AKS-581 izolatlarının ise İspanya, ABD ve Sırbistan pancar üretim alanlarından izole edilen BNYVV izolatları ile baz dizisi bakımından %100 benzer oldukları belirlenmiştir. Türkiye'ye ait BNYVV izolatlarının birbirleriyle yapılan BLASTp analizine göre ise; IGR-9 ile ERC-52 izolatlarının kendi aralarında; ELZ-44, CRM-68, BRS-148, ADP-291, KYS-527 ve KTY-602 izolatlarının birbirleriyle %100 benzer oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan; EDR-125, ESK-225, YZT-355, KNY-373, AKS-581 ve ANK-617 izolatlarının ise kendi aralarında %100 benzer oldukları görülmüştür. SMS-61 izolatı en yüksek benzerliği %99.47 oran ile EDR-125, ESK-225, YZT-355, KNY-373, AKS-581 ve ANK-617 izolatları ile gösterirken, en düşük benzerlik gösterdiği izolatın %97.37 oran ile KNY-359 izolatı olduğu tespit edilmiştir. Öte yandan, KNY-359 izolatının ise, diğer izolatlarla benzerlik oranının %96.84-%98.42 olması dikkat çekmiştir (Çizelge 3). Kılıf protein geninin 62, 103 ve 172. pozisyonlarındaki aa'lerdeki farklılıklara göre A-tip ve B-tip olmak üzere BNYVV'nin iki ana grubunun ayırımı sağlanmaktadır (Kruse ve ark., 1994; Saito ve ark., 1996; Schirmer ve ark., 2005). Bu ayırım, CP'de meydana gelen sadece birkaç aa değişikliğine [A tipi (T<sub>62</sub>, S<sub>103</sub>, L<sub>172</sub>) ve B tipi (S<sub>62</sub>, N<sub>103</sub>, F<sub>172</sub>)] dayanmaktadır (Schirmer ve ark., 2005). Buna göre; bu çalışmada incelenen BNYVV izolatlarının tamamının A-tip CP yapısına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Elde edilen bu bulgu, ülkemizde şu ana kadar yürütülen çalışmalarla benzerlik göstermiştir (Kruse ve ark., 1994; Kutluk Yılmaz ve ark., 2007, 2016, 2018). Nitekim; A- ve B-tip BNYVV izolatları dört RNA segmentine sahip olup, A-tip CP içeren BNYVV izolatları dünyada yaygın olarak görülürken (Schirmer ve ark., 2005), B-tip CP içerenler ise genellikle Japonya ve Çin'de yaygın olmakla birlikte (Koenig ve Lenefors, 2000; Li ve ark., 2008; Zhuo ve ark., 2015); Avrupa'da da sınırlı alanlarda görüldüğü (Koenig ve ark., 2008) bildirilmiştir.

Çizelge 3. Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) izolatlarının kılıf protein genine göre amino asit düzeyinde birbirleriyle göstermiş oldukları benzerlik oranları (%)

| İzolat adı | No | 1     | 2     | 3     | 4     | 5     | 6     | 7     | 8     | 9     | 10    | 11    | 12    | 13    | 14    | 15    | 16    |
|------------|----|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| IGR-9      | 1  | *     | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.40 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 98.94 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 96.84 | 98.40 |
| ELZ-44     | 2  | 98.40 | *     | 98.40 | 98.94 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 98.42 | 100   |
| ERC-52     | 3  | 100   | 98.40 | *     | 98.40 | 98.40 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 98.94 | 98.94 | 98.40 | 98.94 | 96.84 | 98.40 |
| SMS-61     | 4  | 98.40 | 98.94 | 98.40 | *     | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 97.37 | 98.94 |
| CRM-68     | 5  | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.94 | *     | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 98.42 | 100   |
| EDR-125    | 6  | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | *     | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 100   | 100   | 99.47 | 100   | 97.89 | 99.47 |
| BRS-148    | 7  | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.94 | 100   | 99.47 | *     | 99.47 | 100   | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 98.42 | 100   |
| ESK-225    | 8  | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | *     | 99.47 | 100   | 100   | 100   | 99.47 | 100   | 97.89 | 99.47 |
| ADP-291    | 9  | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.94 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | *     | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 98.42 | 100   |
| YZT-355    | 10 | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | *     | 100   | 100   | 99.47 | 100   | 97.89 | 99.47 |
| KNY-373    | 11 | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | *     | 100   | 99.47 | 100   | 97.89 | 99.47 |
| AKS-581    | 12 | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 100   | *     | 99.47 | 100   | 97.89 | 99.47 |
| KTH-602    | 13 | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.94 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 99.47 | 99.47 | *     | 99.47 | 98.42 | 100   |
| ANK-617    | 14 | 98.94 | 99.47 | 98.94 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 100   | 100   | 99.47 | *     | 97.89 | 99.47 |
| KNY-359    | 15 | 96.84 | 98.42 | 96.84 | 97.37 | 98.42 | 97.89 | 98.42 | 97.89 | 98.42 | 97.89 | 97.89 | 97.89 | 98.42 | 97.89 | *     | 98.42 |
| KYS-527    | 16 | 98.40 | 100   | 98.40 | 98.94 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 100   | 99.47 | 99.47 | 99.47 | 100   | 99.47 | 98.42 | *     |

Bununla birlikte; bazı kaynaklarda, **R<sub>17</sub>T<sub>62</sub>I<sub>102</sub>S<sub>103</sub>L<sub>172</sub>** şeklinde aa dizilerine sahip BNYVV izolatları P-tipi olarak kabul edilmektedir (Kruse ve ark., 1994; Lennefors ve ark., 2004). Bu durum göz önüne alındığında; ülkemizin doğu bölgesinde yer alan illerden; Iğdır'a ait IGR-9 izolatı ile Erzincan'a ait ERC-52 izolatının CP gen bölgelerinde P-tipi BNYVV izolatları ile ilişkili aa'leri taşımaları [A (P)] dikkat çekmiştir. Nitekim; 5. RNA segmentini içeren (RNA-5) BNYVV izolatları (P- ya da J-tipi) Avrupa (Koenig ve Lennefors, 2000; Schirmer ve ark., 2005; Ward ve ark., 2007; Koenig ve ark., 2008; Liebe ve Varrelmann, 2022)'da ve İran (Nassaj-Hosseini ve ark., 2013)'da sınırlı sayıda örnekte tespit edilmesine rağmen; Çin, Japonya ve Türkiye'de ise yaygınlık göstermektedir (Miyanishi ve ark., 1999; Koenig ve Lennefors, 2000; Li ve ark., 2008; Zhuo ve ark., 2015; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016). Öte yandan, P-tipi BNYVV izolatların A-tipi izolatlarla yakından ilişkili olduğu da bilinmektedir (Koenig ve Lennefors, 2000; Meunier ve ark., 2003; Schirmer ve ark., 2005). Ayrıca, Samsun iline ait SMS-61 izolatının ise A ya da B-tipi BNYVV izolatlarının içerdiği aa motiflerinden farklı olarak, alışılmadık **T<sub>62</sub>S<sub>103</sub>F<sub>172</sub>** motifine sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Türkiye'ye ait Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) izolatlarının ve dünyadaki bazı BNYVV izolatlarının kılıf protein gen bölgelerinde farklılık görülen amino asit pozisyonları

| CP tipi     | İzolat adı                                                     | Amino asit pozisyon numaraları* |    |    |     |     |     |     |     |
|-------------|----------------------------------------------------------------|---------------------------------|----|----|-----|-----|-----|-----|-----|
|             |                                                                | 17                              | 62 | 80 | 102 | 103 | 126 | 172 | 182 |
| A           | A/B17/E12/UF79                                                 | K                               | T  | M  | V   | S   | N   | L   | R   |
| A           | ELZ-44/CRM-68/BRS-148/ ADP-291/KYS-527/KTY-602                 | .                               | .  | .  | .   | .   | .   | .   | K   |
| A           | SMS-61                                                         | .                               | .  | .  | .   | .   | .   | F   | .   |
| A           | KNY-359                                                        | .                               | .  | .  | .   | .   | .   | .   | K   |
| A           | HUK3/FAH/SPC/ EDR-125/ESK-225/YZT-355/ KNY-373/AKS-581/ANK-617 | .                               | .  | .  | .   | .   | .   | .   | .   |
| A (P)       | Kas3                                                           | R                               | .  | .  | I   | .   | .   | .   | .   |
| A (P)       | IGR-9/ERC-52                                                   | R                               | .  | .  | I   | .   | .   | .   | .   |
| B (Almanya) | GM/G1/CX1                                                      | .                               | S  | .  | .   | N   | .   | F   | .   |
| B (J)       | S12/ZYCP-4                                                     | .                               | S  | T  | .   | N   | H   | F   | .   |
| B (C)       | CH7                                                            | .                               | S  | .  | .   | N   | H   | F   | .   |

\*K: Lizin, T: Treonin, M: Metiyonin, V: Valin, S: Serin, N: Asparagin, L: Lösin, R: Arginin, F: Fenilalanin, I: İzolösin, H: Histidin. Nokta sembolü referans izolat ile aynı amino asiti içerdiğini göstermektedir.

Bu çalışmada incelenen BNYVV izolatları CP gen bölgesine göre dünya izolatları ile aa yönünden kıyaslandığında; ülkemiz izolatlarının iki farklı grupta toplandıkları belirlenmiştir. IGR-9 ve ERC-52 izolatları birinci grupta yer almış ve bu izolatlar A (P) tipi CP'ine sahip Çin, Fransa ve İran'a ait bahsedildiği sıraya göre HXL291CP-1, Pithiviers ve IR-GR1 izolatları ile %100 benzer bulunmuştur. Öte yandan; diğer 14 BNYVV izolatı ise ikinci grupta toplanmış olup A-tipi CP'inine sahip Avrupa izolatları ile yüksek oranda benzerlik göstermişlerdir. Bunlardan; EDR-125, ESK-225, YZT-355, KNY-373, AKS-581 ve ANK-617 izolatları ise İspanya'ya ait E12, ABD'ye ait UF79 ve Sırbistan'a ait A-CP izolatları ile %100 benzer oldukları belirlenmiştir. ELZ-44, CRM-68, BRS-148 ADP-291, KTH-602, KYS-527 ve SMS-61 izolatları ise İspanya, ABD ve Sırbistan'a ait BNYVV izolatları ile %99.47 oran ile en yüksek genetik benzerlik göstermişlerdir.

Diğer taraftan, bu çalışmada NCBI'da yer alan 54 BNYVV izolatı ve bu çalışmada elde edilen 16 BNYVV izolatına ait CP gen bölgesi dizileri kullanılarak filogenetik kıyaslamaları yapılmıştır (Çizelge 5). ML dendrogramı incelendiğinde; Türkiye'ye ait BNYVV izolatlarının tamamının A-tip CP içeren izolatlar ile birlikte aynı grup içerisinde yer aldıkları açıkça görülmüştür (Şekil 2). Son taksonomik düzenlemeye göre; A-tip CP içeren BNYVV izolatları; İtalya, A (P) ve Çin-X olmak üzere kendi içerisinde üç alt gruptan oluşmaktadır. Bu gruplandırmaya göre; incelenen 14 BNYVV izolatının (ELZ-44, SMS-61, CRM-68, BRS-148, EDR-125, ESK-225, ADP-291, YZT-355, KNY-359, KNY-373, KYS-527, AKS-581, KTY-602 ve ANK-617) dünyada en yaygın olarak görülen ve BNYVV'nin streyn tiplerinden biri olan, A-tip CP'ye sahip, İtalya grubu içerisinde bulundukları saptanmıştır. Ülkemize ait bu 14 BNYVV izolatının, İtalya (IV4), Fransa (FB), Macaristan (HUK3 ve HUM1), İspanya (SPC, S4 ve E12), Slovakya (SLN1), ABD (USM ve UF79), Brezilya (Brazilian), Belçika (B17), Avusturya (A), Japonya (JS30, T101 ve JIK6-2) ve Türkiye (TUK)'ye ait izolatlar ile aynı alt dalda bulundukları görülmektedir.

Diğer taraftan; IGR-9 ve ERC-52 izolatları ise, 14 izolattan farklı olarak, A (P) tipi CP'i içeren P-tip streyn grubunda yer alan izolatlarla aynı dalda toplandıkları tespit edilmiştir. Bu grup içerisinde yer alan diğer izolatlar ise, Fransa (FP ve FC), Çin (Har4, YaCP-5, CH4, Bao, Wu1, HXL291CP-1), Japonya (SH1), İran (IR-GR1) ve Kazakistan (KAS3) pancar üretim alanlarına aittir. A-tipin 3. alt grubunun tamamını ise, BNYVV'nin Çin-X streyn grubu içerisinde yer alan ve Çin'den izole edilen izolatlar (Wu2, CW11, CW1, DHXCP-1 ve CX5) oluşturmuştur (Şekil 2, Çizelge 5).

Dendrogramda B olarak belirtilen alt dal, BNYVV'nin B-tip karakterde CP içeren izolatlarından oluşmuş olup, kendi içerisinde B (Almanya), B (J-Japonya) ve B (C-Çin) olarak alt gruplara ayrılmıştır. Bu dal içerisindeki B-tip CP yapısına sahip BNYVV izolatlarının büyük çoğunluğunu Çin, Alman ve Japon izolatları oluşturmuştur (Şekil 2, Çizelge 5).

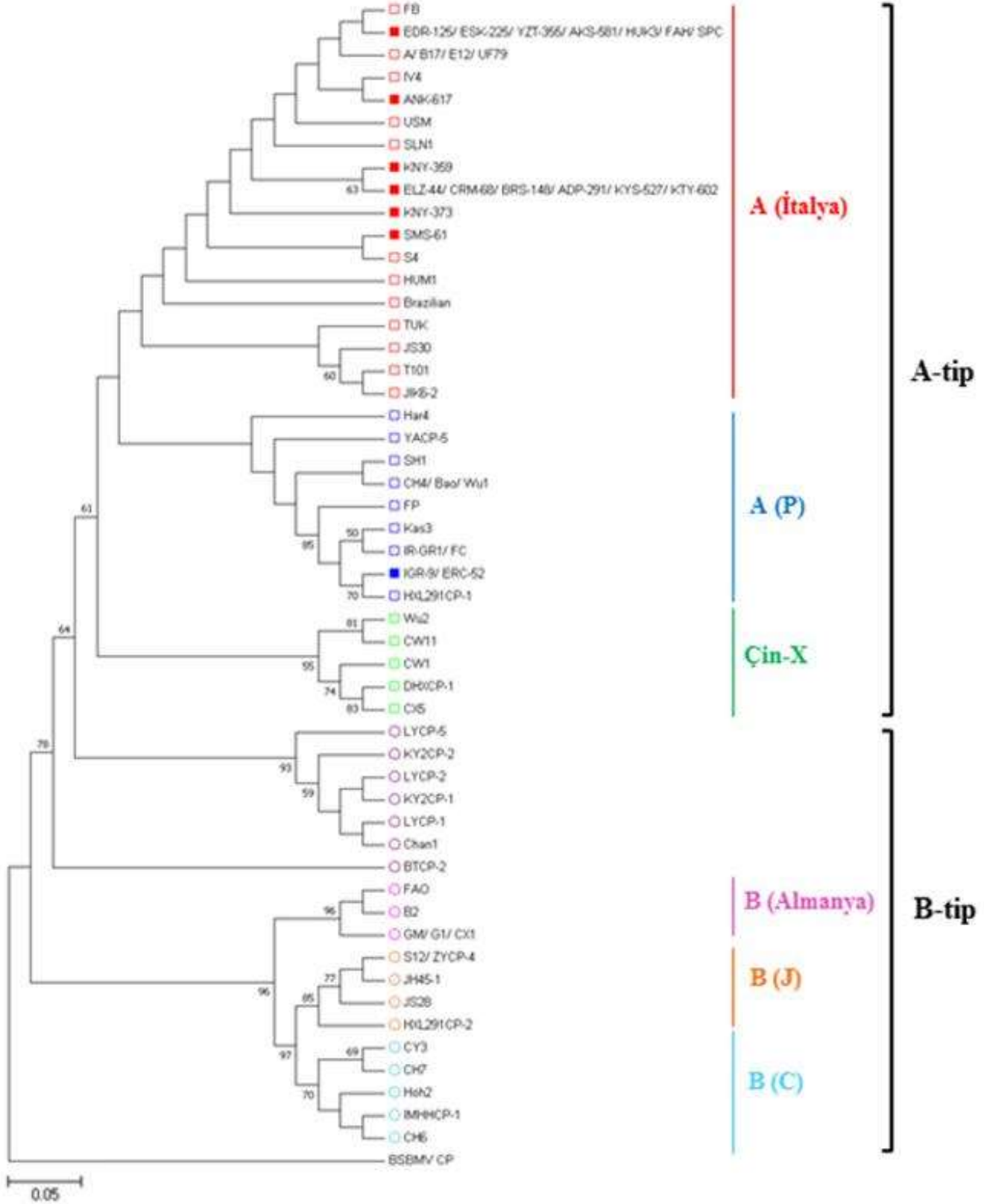
Böylelikle; hem nükleotit ve aa dizilerinin karşılaştırılması, hem de filogenetik analiz, Türkiye'nin farklı lokasyonlarına ait BNYVV izolatlarının CP gen bölgesine göre iki gruba ayrıldıklarını ve dolayısıyla genetik olarak farklılık gösterdiklerini desteklemiştir.

## Sonuç

Yürütülen bu çalışma sonucunda, Türkiye şeker pancarı üretim alanlarından elde edilen 16 BNYVV izolatının CP gen bölgesinin nükleotit dizileri elde edilmiş ve bu diziler GenBank'a kayıt edilmiştir. Dünya izolatları ile BLASTn analizi ve elde edilen filogenetik ağaç, Türkiye'ye ait BNYVV izolatlarının CP genine göre iki farklı gruba ayrıldıklarını göstermiştir. Buna göre; Iğdır (IGR-9) ve Erzincan (ERC-52) illerinden elde edilen BNYVV izolatlarının Çin, Fransa, Japonya, Kazakistan ve İran izolatlarının yer aldığı A (P)-tipi CP yapısına; diğer 14 BNYVV izolatının ise, dünyada en yaygın olarak görülen A-tip CP'ye sahip, İtalya grubu içerisinde bulundukları saptanmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi (PYO.ZRT.1904.12.015) tarafından desteklenmiş olup, çalışmada kullanılan toprak örnekleri TÜBİTAK (TOVAG: 1100188) projesi kapsamında toplanmıştır.



Şekil 2. Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının ve NCBI veri tabanında kayıtlı bazı BNYVV izolatlarının kılıf protein genine göre nükleotit dizileri esas alınarak oluşturulan filogenetik ağaç. Filogenetik analizde ML yöntemi ve Tamura-Nei modeli kullanılmıştır. Dendogramda bootstrap değerleri, dallarda % olarak gösterilmiş ve %50'nin altındaki değerler ağaçta yer almamıştır. Ölçek, aynı pozisyon için baz değişim miktarını göstermektedir (0.05). Beet soil-borne mosaic virus (BSBMV), filogenetik ağacın oluşturulmasında dış grup olarak kullanılmıştır. Referans izolatlara ait bilgiler Çizelge 5'de yer almaktadır.

Çizelge 5. Beet necrotic yellow vein virus'ün kılıf protein bölgesi esas alınarak uygulanan filogenetik analizde kullanılan izolatlar

| Ülke       | Lokasyon                   | İzolat adı | CP tipi     | GenBank kayıt no |
|------------|----------------------------|------------|-------------|------------------|
| Türkiye    | Karakoyunlu, Iğdır         | IGR-9      | A (P)       | OM323309         |
|            | Merkez, Elazığ             | ELZ-44     | A (İtalya)  | OM323310         |
|            | Merkez, Erzincan           | ERC-52     | A (P)       | OM323311         |
|            | Vezirköprü, Samsun         | SMS-61     | A (İtalya)  | OM323312         |
|            | Osmancık, Çorum            | CRM-68     | A (İtalya)  | OM323313         |
|            | Merkez, Edirne             | EDR-125    | A (İtalya)  | OM323314         |
|            | Yenişehir, Bursa           | BRS-148    | A (İtalya)  | OM323315         |
|            | Çifteler, Eskişehir        | ESK-225    | A (İtalya)  | OM323316         |
|            | Erenler, Adapazarı         | ADP-291    | A (İtalya)  | OM323317         |
|            | Yenifakılı, Yozgat         | YZT-355    | A (İtalya)  | OM323318         |
|            | Yunak, Konya               | KNY-359    | A (İtalya)  | OM323319         |
|            | Çeltik, Konya              | KNY-373    | A (İtalya)  | OM323320         |
|            | Merkez, Kayseri            | KYS-527    | A (İtalya)  | OM323321         |
|            | Merkez, Aksaray            | AKS-581    | A (İtalya)  | OM323322         |
|            | Simav, Kütahya             | KTY-602    | A (İtalya)  | OM323323         |
|            | Ayaş, Ankara               | ANK-617    | A (İtalya)  | OM323324         |
|            | Kastamonu                  | TUK        | A (İtalya)  | AB563026         |
| Avusturya  | Bruck/Leitha               | A4         | A (İtalya)  | AY696075         |
| İran       | -*                         | IR-GR1     | A (P)       | FM210683         |
| İspanya    | Ciudad Real                | SPC        | A (İtalya)  | AB563025         |
|            | -*                         | E12        | A (İtalya)  | EU330451         |
|            | Pozoamargo                 | S4         | A (İtalya)  | AY696111         |
| İtalya     | Veneto                     | IV4        | A (İtalya)  | AB563002         |
| Kazakistan | -*                         | Kas3       | A (P)       | AF197556         |
| Fransa     | Pithiviers                 | FP         | A (P)       | AB018628         |
|            | Barbare Cartigny           | FB         | A (İtalya)  | AB563013         |
|            | Hungerer                   | FAH        | A (İtalya)  | AB563014         |
|            | Corbeille                  | FC         | A (P)       | AB018627         |
|            | Obernai, Alsace            | FAO        | B (Almanya) | AB563012         |
| Japonya    | Shimizu, Tokachi           | SH1        | A (P)       | AB018621         |
|            | Shari, Abashiri            | S12        | B (J)       | AB018623         |
|            | Hokkaido, Iburi, Toya      | T101       | A (İtalya)  | AB562977         |
|            | Ikeda                      | JK6-2      | A (İtalya)  | LC637333         |
|            | Honbetsu                   | JH45-1     | B (J)       | LC637342         |
|            | Shari                      | JS28       | B (J)       | LC637345         |
|            | Shari                      | JS30       | A (İtalya)  | LC637346         |
| Almanya    | Mooz                       | GM         | B (Almanya) | AB563018         |
|            | Illkofen                   | G1         | B (Almanya) | AB563016         |
| Macaristan | Komarom                    | HUK3       | A (İtalya)  | AB563022         |
|            | Meggyeshaza                | HUM1       | A (İtalya)  | AB563021         |
| Belçika    | Kieldrecht                 | B17        | A (İtalya)  | AJ634735         |
|            | Mons-Haulchin              | B2         | B (Almanya) | AY696077         |
| Slovakya   | Novy Zivot                 | SLN1       | A (İtalya)  | AB563019         |
| ABD        | Roshfield, Minesota        | USM        | A (İtalya)  | AB563030         |
|            | Fort Morgan                | UF79       | A (İtalya)  | AJ810285         |
| Brezilya   | -*                         | Brazilian  | A (İtalya)  | MH106727         |
| Çin        | Hohhot, Inner Mangolia     | Hoh2       | B (C)       | EF473092         |
|            | Wuwei                      | CW1        | A (Çin-X)   | AB562991         |
|            | Wuwei                      | CW11       | A (Çin-X)   | AB562992         |
|            | Harbin                     | Har4       | A (P)       | EF473090         |
|            | Xinjiang                   | LYCP-1     | B           | KP316638         |
|            | Xinjiang                   | LYCP-5     | B           | KP316642         |
|            | Heilongjiang               | YACP-5     | B           | KP316600         |
|            | Gansu                      | DHXCP-1    | A (Çin-X)   | KP316603         |
|            | Heilongjiang               | KY2CP-2    | B           | KP316586         |
|            | Hohhot                     | CH4        | A (P)       | AB562987         |
|            | Yanji, Xingjiang           | CX5        | A (Çin-X)   | AB562996         |
|            | Bautou, Nei Menggu         | Bao        | A (P)       | EF473093         |
|            | Wuwei, Gansu               | Wu1        | A (P)       | EF473094         |
|            | Wuwei, Gansu               | Wu2        | A (Çin-X)   | EF473095         |
|            | Shuangyashan, Heilongjiang | HXL291CP-1 | A (P)       | KP316581         |
|            | Inner Mongolia             | BTCP-2     | B           | KP316550         |
|            | Changji, Xingjiang         | Chan1      | B           | EF473098         |
|            | Shihezi, Xingjiang         | CX1        | B (Almanya) | AB562994         |
|            | Zhangye, Gansu             | ZYCP-4     | B (J)       | KP316615         |
|            | Shuangyashan, Heilongjiang | HXL291CP-2 | B (J)       | KP316582         |
|            | Hohhot, Inner Mangolia     | CH6        | B (C)       | AB562989         |
|            | Hohhot, Inner Mangolia     | CH7        | B (C)       | AB562990         |
|            | Yinchuan, I.M              | CY3        | B (C)       | AB018625         |
|            | Region Hohhot              | IMHHCP-1   | B (C)       | KM676433         |
| ABD        | Fort Morgan                | UF10       | BSBMV       | AJ810291         |

\*:- İzolatın ait olduğu lokasyon ile ilgili bilgiye ulaşılamamıştır.

## Kaynaklar

- Abe H, Tamada T, 1986. Association of Beet necrotic yellow vein virus with isolates of *Polymyxa betae* Keskin. Japanese Journal of Phytopathology, 52, 235-247.
- Biancardi E, Lewellen RT, 2016. Introduction: *Pest and Diseases. Rhizomania*. Biancardi, E. Tamada, T. (ed.), Switzerland, Springer.
- Bragard C, Adkins S, Ali A, Gilmer D, Li D, Macfarlane S, Melcher U, Ratti C, Ryu KH, Wong SM, 2023. Rename all existing species in families *Benyviridae* and *Virgaviridae* to comply with the binomial species format. ([https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode\\_id=202402733&taxon\\_name=Benyvirus%20necrobetae](https://ictv.global/taxonomy/taxondetails?taxnode_id=202402733&taxon_name=Benyvirus%20necrobetae))
- Chiba S, Kondo H, Miyanishi M, Andika IB, Han CG, Tamada T, 2011. The evolutionary history of beet necrotic yellow vein virus deduced from genetic variation, geographical origin and spread, and the breaking of host resistance. Mol. Plant-Microbe Interact, 24, 207-221.
- Felsenstein J, 1981. Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. *Journal of Molecular Evolution*, 17 (6), 368-376.
- Gilmer D, Ratti C, 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: *Benyviridae*, Journal of General Virology, ICTV Report Consortium.
- Kajiyama T, Yoshizawa A, Yoshida T, Yanagisawa A, Yoshimura Y, Ohtsuchi K, Abe H, Niura T, 1990. Response of sugar beet varieties to rhizomania disease of sugar beet. *I. The yield and quality of sugar beet. Proceedings of Japanese Society of Sugar Beet Technologists*, 32, 53-58.
- Kaya R, 2009. Distribution of rhizomania disease in sugar beet growing areas of Turkey. Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (4), 332-340.
- Koch F, 1987. Bericht über eine in verschiedene zuckerrübenanbauggebiete der Turkseker in Anatolien und Thrazien zum stadium von wurzelerkrankungen. KWS Kleinwanzelebener Saatzzucht, AG, Einbeck, Germany.
- Koenig R, Jarausch W, Li Y, Commandeur U, Burgermeister W, Gehrke M, Luddecke P, 1991. Effect of recombinant beet necrotic yellow vein virus with different RNA compositions on mechanically inoculated sugar beets. Journal of General Virology, 72, 2243-2246.
- Koenig R, Lüddecke P, Haeberle AM, 1995. Detection of beet necrotic yellow vein virus strains, variants and mixed infections by examining single-strand conformation polymorphisms of immunocapture RT-PCR products. Journal of General Virology, 76, 2051-2055.
- Koenig R, Haeberle AM, Commandeur U, 1997. Detection and characterization of a distinct type of beet necrotic yellow vein virus RNA 5 in a sugar beet growing area in Europa. Archives of Virology, 142, 1499-1504.
- Koenig R, Lennefors BL, 2000. Molecular analyses of European A, B and P type sources of Beet necrotic yellow vein virus and detection of the rare P type in Kazakhstan. Archives of Virology, 145, 1561- 1570.
- Koenig R, Kastirr U, Holtschulte B, Deml G, Varrelmann M, 2008. Distribution of various types and P25 subtypes of Beet necrotic yellow vein virus in Germany and other European countries. Archives of Virology, 153, 2139-2144.
- Kruse M, Koenig R, Hoffman A, Kaufmann A, Commandeur U, Solevye 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. Journal of General Virology, 75, 1835-1842.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K, 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. Molecular Biology and Evolution, 33, 1870-1874.
- 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 Pathology, 56, 311-316.
- Kutluk Yılmaz ND, Sökmen M, Erkan E, 2010. Orta Karadeniz Bölgesi şeker pancarı üretim alanlarından elde edilen Beet necrotic yellow vein virus izolatlarının moleküler farklılıklarının ve patojenitelerinin belirlenmesi. TÜBİTAK Hızlı Destek Projesi, TOVAG 1080585, Kesin Sonuç Raporu.
- Kutluk Yılmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, Sevik MA, Tunalı B, Demirtas S, 2016. 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. European Journal of Plant Pathology, 144, 443-455.
- Kutluk Yılmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, 2018. P25 pathogenicity factor deletion mutants of Beet necrotic yellow vein virus occurring in sugar beet fields in Turkey. Journal of Plant Diseases and Protection, 125, 89-98.

- Kutluk Yılmaz ND, Kaya R, Değer T, 2019. Beet necrotic yellow vein virus'ün patojenite ile ilişkili P25 proteininde delesyon belirlenen yeni varyantları üzerine araştırmalar. TÜBİTAK-TOVAG 2150495 No'lu Proje Kesin Sonuç Raporu, 206s.
- Lennefors BL, Savenkov EI, Mukasa SB, Valkonen, JPT, 2004. Sequence divergence of four soilborne sugar beet-infecting viruses. *Virus Genes*, 31, 1, 57-64.
- Li M, Liu T, Wang B, Han CG, Li DW, Yu JL, 2008. Phylogenetic analysis of Beet necrotic yellow vein virus isolates from China. *Virus Genes*, 36, 429-432.
- Liebe S, Varrelmann M, 2022. Ongoing evaluation of Beet necrotic yellow vein virus towards *Rz1*-resistance breaking in Europe. *Plant Pathology*, 71, 1647-1659.
- Meunier A, Schmit J-F, 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. *App. Environ. Microbiol.*, 2356-2360.
- Miyanishi M, Kusume T, Saito M, Tamada T, 1999. Evidence for three groups of sequence variants of Beet necrotic yellow vein virus RNA 5. *Archives of Virology*, 144, 879-892.
- Nassaj Hosseini SM, Shams-Bakhsh M, Mehrvar M, Salmanian AH, 2013. Evolutionary characterization and genetic structure of Iranian isolates of Beet necrotic yellow vein virus *population based on p25 protein*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 829-842.
- Özmen CY, Khabbazi SD, Khabbazi AD, Gürel S, Kaya R, Oğuz MÇ, Turan F, Rezaei F, Kibar U, Gürel E, Ergül A, 2020. Genome composition analysis of multipartite BNYVV reveals of genetic re-assortment in the isolates of Asia Minor and Thrace. *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. *Journal of General Virology*, 88, 1611-1619.
- Rush CM, Heidel GB, 1995. Furovirus diseases of sugar beets in the United States. *Plant Dis.*, 79 (9), 868-875.
- Saito M, Kiguchi T, Kusume T, Tamada T, 1996. Complete nucleotide sequence of the Japanese isolate S of Beet necrotic yellow vein virus RNA and comparison with European isolates. *Archives of Virology*, 141, 2163-2175
- Schirmer A, Link D, Cognat V, Beuve M, Meunier A, Bragard C, Gilmer D, Lemaire O, 2005. Phylogenetic analysis of isolates of *Beet necrotic yellow vein virus* collected worldwide. *Journal of Gen. Virol.*, 86, 2897-2911.
- Strausbaugh CA, 2018. Incidence, distribution, and pathogenicity of fungi causing root rot in Idaho long-term sugar beet storage piles. *Plant Disease*, 102, 2296-2307.
- Strausbaugh CA, Eujayl IA, 2018. Influence of Beet necrotic yellow vein virus and freezing temperatures on sugar beet roots in storage. *Plant Disease*, 102, 932-937.
- Tamada T, Abe H, 1989. Evidence that Beet necrotic yellow vein virus RNA-4 is essential for efficient transmission by the fungus *Polymyxa betae*. *Journal of General Virology*, 70, 3391-3398.
- Tamada T, Shirako Y, 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. *Journal of General Virology*, 70, 3399-3409.
- 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. 3<sup>rd</sup> Symp. Int. Work. Group Plant Viruses Fungal Vectors*, pp: 49-52.
- Tamada T, 2002. Beet necrotic yellow vein virus. CMI/AAB description of plant viruses. Association of Applied Biologists. Wellesbourne UK.
- Tamada T, Kondo H, Chiba S, 2016. "*Genetic diversity of Beet necrotic yellow vein virus*". Rhizomania. Editörler: Biancardi, E., Tamada, T. Switzerland: Springer.
- Tamada, T., Uchino, H., Kusume, T., Iketani-Saito, M., Chiba, S., Andika, I. B. et al. (2021). Pathogenetic 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 Pathology*, 70, 219-232.
- Tamura K, Nei M, 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10, 512-526.
- 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.

- Ward E, Koenig R, Budge G, Garrido C, McGrath C, Stubbley H, and Boonham, N. (2007). Occurrence of two different types of RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus in the UK. *Archives of Virology*, 152, 59-73.
- Von Regenmortel MHV, Fauquet CM, Bishop DHL, Carstens EB, Estes MK, Maniloff J, Mayo MA, McGeoch DJ, Pringle CR, Wickner RB, 2000. *Virus Taxonomy. Classification and Nomenclature of Viruses, 7th Report of the International on Taxonomy of Viruses*, Academic Press, pp: 904-922.
- 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.
- Zhuo N, Jiang N, Zhang C, Zhang ZY, Zhang GZ, Han CG, Wang Y, 2015. Genetic diversity and population structure of Beet necrotic yellow vein virus in China. *Virus Res.*, 205, 54-62.



## Altordo düzeyinde sınıflandırılmış topraklarda bitki besin elementleri düzeylerindeki değişimler

 **Yakup Kenan KOCA\***

Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Adana

### Öz

Çeşitli faktörler sebebiyle topraklar da farklı fiziksel ve kimyasal özellikler göstermektedir. Farklı toprak çeşitlerini araştırmak üzere yapılan detaylı toprak etüd çalışmalarında, toprakların sahip olduğu ana materyal, yüzey ve yüzey altı horizonları yanı sıra fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre topraklar taksonomik olarak sınıflandırılırlar. Toprak taksonomisi, benzer genetik özelliklere ve ana materyale sahip toprakların sınıflandırılmasını sağlar. Bu çalışmada Adana ili Yumurtalık ilçesinde yeralan toprak serileri taksonomik olarak ele alınmıştır. Her seriye ait toprak profilinden horizon esasına göre örneklemeler yapılmış; horizonların kimi besin element düzeyleri belirlenmiş ve karşılaştırılmıştır. Çalışma alanında ordo düzeyinde Entisol, Inceptisol ve Vertisol topraklar bulunmaktadır. Bu ordolar içerisinde Entisollerin bir alt ordosu olan Psamment olarak tanımlanmış olan toprak serisinin diğer topraklara göre besin element düzeylerinin daha düşük olduğu belirlenmiştir. Buna karşın Xerept ve Xerert alt ordoları içerisinde tanımlanan toprak serileri ise diğer serilere göre yüksek besin elementi içeriğine sahiptirler.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak etüdları, toprak taksonomisi, toprak serisi, bitki besin elementi, Yumurtalık.

### Changes in plant nutrient elements in soils classified at the Suborder level

#### Abstract

Due to various factors, soils have different physical and chemical properties. In detailed soil study conducted to investigate different soil types, soils are classified taxonomically based on their parent material, pedon and epipedon horizons, as well as their physical and chemical properties. Soil taxonomy allows for the classification of soils with similar genetic characteristics and parent materials. In this study, soil series located in Yumurtalık district of Adana province were taxonomically examined. Samples were taken from soil profiles of each series according to the horizon basis; some nutrient element levels of horizons were determined and compared. In the study area, soils at the order level include Entisol, Inceptisol, and Vertisol. Within these orders, it was determined that the nutrient element levels of the soil series defined as Psamment, a suborder of Entisols, are lower compared to other soils. In contrast, soil series described within the suborders Xerept and Xerert have higher nutrient element content compared to other series.

**Keywords:** Soil survey, soil taxonomy, soil series, plant nutrient, Yumurtalık.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylar sonucu oluşmuş olan toprakların geçirmiş olduğu oluşum süreçleri sonunda, toprakların özellikleri de farklı olmaktadır. Bu özelliklerin bir kısmı oluştuğu anakaya/ana materyalden gelmekte iken (Aytop ve Şenol 2022), kimi özellikler ise gelişim gösterdiği iklim, topoğrafya ve kullanımı sonucu meydana gelmektedir (Aytop ve ark., 2023). Toprak oluşturan faktörlerinden biri olan zaman ise toprakların oluşumundan bugüne kadar geçirmiş olduğu süreci ifade etmektedir. Nitekim toprak biliminin ilk tanımlayıcılarında olan Dokuchayev ve Hilgard da farklı çevre koşullarında aynı ana materyalden farklı özellikteki toprakların oluşabileceğini belirtmiş ve bunda oluşumda toprak oluşturan faktörlerden iklim, topoğrafik koşulların ön plana çıktığını belirtmiştir (Dinç ve ark., 1999).

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 656 9750  
E-posta : ykkoca@cu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 28 Mart 2025  
Kabul Tarihi : 9 Mayıs 2025

e-ISSN : 2146-8141  
DOI : 10.33409/tbbbd.1667393

Toprak taksonomisi açısından toprak serisi, benzer genetik horizonlardan meydana gelmiş ve benzer ana materyalden oluşmuş toprak gruplarıdır (Dinç ve Şenol, 2009). Seriler arasındaki farklar özellikle arazide belirlenebilecek olan özellikler üzerinden değerlendirilmektedir. Bu özellikler, horizonların dizilimi, horizonlar arası renk, strüktür, tekstür, karbonat ve tuz miktarı vb. özellikler şeklinde belirtilmektedir. Buradaki önemli hususlardan birisi de bu özelliklerin arazide görülebilir olmasıdır.

Toprak bilimciler, açılan bir toprak profilindeki horizonları gözlemledikleri toprak özelliklerine göre tanımlarlar. Bu özellikler genellikle, renk, taşlılık, kireç içeriği gibi özellikleri içermektedir. Bundan dolayı horizon sınırının belirlenmesine ilişkin saha gözlemleri genellikle nicelikselidir (Weindorf ve ark., 2012). Bundan dolayı, gözlemlerin dışında profillerde bazı kimyasal analizlerin yapılması, horizonlardaki toprak özelliklerinin daha iyi anlaşılması açısından önemlidir (Hartemink ve ark., 2020).

Topraklar açısından önemli bir özellik olan toprağın sahip olduğu bitki besin element düzeyleri, toprak genesisi açısından kısmen önem arz etmektedir. Bitki besin elementlerinin çok önemli bir kısmı genel bir görüş olarak genetik özellik niteliğinde olmadığı varsayılmaktadır. Litratürde ordo düzeyinde toprakların verimliliğine yönelik kimi çalışmalar bulunsun da alt ordo düzeyinde bu tartışmalar yetersiz kalmaktadır. Bu çalışmada Adana ili Yumurtalık İlçesinde Xeric nem rejimi altında bulunan bölgede, daha önceden taksonomik olarak altordo düzeyinde Orthent, Fluvent, Psamment, Xerept, Xerert olarak tanımlanmış olan serilerin besin elementi ve verimlilik düzeyleri karşılaştırılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada Adana ilinin güneyinde yer alan Akdeniz kıyısındaki ilçelerinden biri olan Yumurtalık ilçesi ve yakın çevresinden ( $36^{\circ} 48' 38''$  ve  $36^{\circ} 46' 45''$  kuzey enlemleri ve  $35^{\circ} 40' 05''$  ve  $35^{\circ} 49' 12''$  doğu boylamları) (Şekil 1) daha önceden Koca (2014) tarafından tanımlanmış olan 17 seri toprağının horizon esasına göre alınmış 66 adet bozulmuş toprak örneği kullanılmıştır. Seriler taksonomik olarak ordo düzeyinde Entisol, Inceptisol ve Vertisol ordolarında sınıflandırılmışlardır. Çalışma alanına ait iklimsel veriler yorumlandığında, çalışma alanının toprak sıcaklık rejimi “thermic” ve toprak nem rejimi ise “xeric” olarak belirlenmiştir. Çalışma alanında yer alan serilerden 13 tanesi Entisol, 2 tanesi Inceptisol ve 2 tanesi de Vertisol olarak sınıflandırılmıştır. Söz konusu seriler ve taksonomik sınıflamaları Çizelge 1 de verilmektedir.



Şekil 1. Çalışma alanı coğrafi konumu

Çizelge 1. Çalışmada ele alınan toprak serileri ve taksonomik sınıfları

| Toprak Serisi    | Taksonomik Sınıfı   | Toprak Serisi | Taksonomik Sınıfı        |
|------------------|---------------------|---------------|--------------------------|
| Fettah Plajı     | Typic Xerorthents   | Söğütçe       | Mollic Xerofluvent       |
| Keltepe          |                     | Çorak Deresi  |                          |
| Küçük Yumurtalık |                     | Herekli       |                          |
| Çeşme Deresi     |                     | Kalemli       | Petrocalcic Calcixerepts |
| Tebeşirlik       |                     | Zeytinbeli    |                          |
| Koyaklı          | Typic Xerofluvents  | Duranağa      | Typic Calcixerepts       |
| Ayvalık          |                     | Yeniköy       | Chromic Haploxererts     |
| Yellibelen       |                     | İkisü Deresi  |                          |
| Yumurtalık       | Typic Xeropsamments |               |                          |

Entisol ordosu içerisinde tanımlanmış olan serilerden Fettah Plajı, Keltepe, Küçük Yumurtalık, Çeşme Deresi, Tebeşirlik ve Koyaklı serileri geçmişte maruz kaldıkları erozyon etkisinden dolayı sığ ve çok sığ profillere sahip olup yalnızca A ve C horizonlarına sahiptirler. Bu seriler alt ordo düzeyinde Orthent olarak tanımlanmışlardır. Entisol olarak tanımlanmış olan Ayvalık, Yellibelen, Söğütçe, Çorak Deresi, Herekli ve Kalemli serileri ise yan derelerin etkisini taşıması nedeniyle Fluvent olarak tanımlanmıştır. Entisol ordosu içerisinde yer alan Yumurtalık serisi, diğer Entisolardan farklı olarak, %35'ten daha az orjinal dokudaki kaya parçası içermesi ve kum olarak belirlenen tekstürünün alt ordo düzeyinde tanımlanan sınırlar içerisinde yer almasından dolayı Psamments alt ordosunda sınıflandırılmıştır.

Duranağa ve Zeytinbeli serileri ise iyi gelişmiş bir profile sahip olup, B horizonuna sahiptirler. Her iki seride de yüzeyde Ochric horizon tanımlanmıştır. Yüzey altında ise, Duranağa serisinde Cambic ve Calcic horizon; Zeytinbeli serisinde ise Cambic ve Petrocalcic horizonlar tanımlanmıştır. Tanımlanan alt horizonların tümü profilde ilk 100 cm derinlikte yer almaktadır. Tüm bunlardan dolayı, her iki seri de ordo düzeyinde Inceptisol ve alt ordo düzeyinde Xerept olarak sınıflandırılmıştır.

Yeniköy ve İkisü Deresi serileri yüksek miktarda genişleyen tabakalı kil minerali içermeleri nedeniyle karakteristik olarak şişme- büzülme özelliğine sahiptir. Söz konusu iki serinin profillerinde de yüzeyde ve çeşitli derinliklerde, derine inen çatlaklar ve belirgin kayma yüzeyleri gözlemlenmiştir. Bu özelliklerden dolayı her iki seri de Vertisol ordosunda sınıflandırılmıştır. Bölgenin nem rejimi de değerlendirmeye alındığında her iki seri de Xerert alt ordosunda sınıflandırılmıştır. Çalışma alanında Koca (2014) tarafından tanımlanmış olan serilerin kimi fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2, 3, 4, 5 ve 6'da yer almaktadır.

Çizelge 2. Çalışma alanında Orthent olarak tanımlanmış olan seriler ve kimi toprak özellikleri

| Seri Adı         | Horizon Adı | Derinlik (cm) | pH   | Tuz (mmhos/cm) | KDK  | Kireç (%) | Organik madde,% | Kil % | Silt % | Kum % | Tekstür Sınıfı |
|------------------|-------------|---------------|------|----------------|------|-----------|-----------------|-------|--------|-------|----------------|
| Fettah Plajı     | A           | 0-24          | 7,28 | 0,28           | 24,9 | 24,2      | 1,67            | 23,1  | 31,3   | 45,6  | L              |
|                  | AC          | 24-36         | 7,63 | 0,19           | 24,3 | 30,3      | 1,59            | 29,1  | 40,5   | 30,4  | CL             |
|                  | C1          | 36-63         | 7,68 | 0,15           | 25,4 | 37,1      | 0,93            | 20,3  | 38,3   | 41,4  | L              |
|                  | C2          | 63-97         | 7,81 | 0,14           | 15,3 | 37,1      | 0,41            | 7,5   | 13,7   | 78,8  | LS             |
| Keltepe          | A1          | 0-22          | 7,41 | 0,34           | 23,1 | 23,1      | 2,34            | 25,7  | 42,8   | 31,5  | L              |
|                  | A2          | 22-45         | 7,50 | 0,26           | 25,1 | 25,4      | 1,12            | 24,8  | 39,5   | 35,7  | L              |
|                  | C           | 45-61         | 7,55 | 0,18           | 26,4 | 24,6      | 0,82            | 31,5  | 38,9   | 29,6  | CL             |
|                  | Cr          | 61-72         | -    | -              | -    | -         | -               | -     | -      | -     | -              |
|                  | R           | 72+           | -    | -              | -    | -         | -               | -     | -      | -     | -              |
| Küçük Yumurtalık | Ap          | 0-14          | 7,40 | 0,43           | 32,2 | 25,8      | 1,35            | 41,6  | 35,2   | 23,3  | C              |
|                  | A2          | 14-35         | 7,56 | 0,22           | 33,5 | 25,0      | 1,43            | 42,1  | 34,3   | 23,6  | C              |
|                  | Ck          | 35-77         | 7,61 | 0,21           | 32,9 | 31,1      | 0,75            | 40,7  | 37,8   | 21,5  | C              |
|                  | Cr          | 77-105        | 7,60 | 0,31           | 32,6 | 32,2      | 0,95            | 42,0  | 38,6   | 19,4  | C              |
| Çeşme Deresi     | Ap          | 0-20          | 7,28 | 0,14           | 30,8 | 33,3      | 1,38            | 26,6  | 25,5   | 47,9  | SCL            |
|                  | A2          | 20-42         | 7,12 | 0,13           | 29,6 | 39,0      | 1,01            | 28,5  | 24,5   | 47,0  | SCL            |
|                  | C           | 42-69         | 7,35 | 0,14           | 29,2 | 34,8      | 0,47            | 26,4  | 20,9   | 52,7  | SCL            |
|                  | Cr          | 69-110        | -    | -              | -    | -         | -               | -     | -      | -     | -              |
| Tebeşirlik       | A           | 0-22          | 7,46 | 0,26           | 23,9 | 57,2      | 2,18            | 21,3  | 39,2   | 39,5  | L              |
|                  | CA          | 22-42         | 7,67 | 0,19           | 22,1 | 54,5      | 1,48            | 32,6  | 52,2   | 15,2  | SiCL           |
|                  | Ck          | 42-81         | 7,83 | 0,16           | 22,9 | 60,6      | 0,94            | 31,8  | 45,6   | 22,6  | CL             |
| Koyaklı          | Ap          | 0-15          | 7,35 | 0,17           | 19,9 | 60,2      | 1,74            | 27,2  | 45,4   | 27,4  | CL             |
|                  | A2          | 15-32         | 7,27 | 0,15           | 19,4 | 67,4      | 1,68            | 27,1  | 44,4   | 28,5  | CL             |
|                  | Ck          | 32-82         | 7,17 | 0,13           | 18,8 | 75,7      | 0,34            | 10,2  | 76,3   | 13,5  | SiL            |

Çizelge 3. Çalışma alanında Fluvent olarak tanımlanmış olan seriler ve kimi toprak özellikleri

| Seri Adı     | Horizon Adı | Derinlik (cm) | pH   | Tuz (mmhos/cm) | KDK cmol/kg | Kireç (%) | Organik madde, % | Kil % | Silt % | Kum % | Tekstür Sınıfı |
|--------------|-------------|---------------|------|----------------|-------------|-----------|------------------|-------|--------|-------|----------------|
| Ayvalık      | Ap          | 0-18          | 7,35 | 0,36           | 31,4        | 29,5      | 2,24             | 32,6  | 40,2   | 27,2  | CL             |
|              | AC          | 18-43         | 7,40 | 0,32           | 30,1        | 28,4      | 1,09             | 40,1  | 41,0   | 18,9  | SiC            |
|              | C           | 43-130        | 7,50 | 0,37           | 29,7        | 35,6      | 0,35             | 26,9  | 47,2   | 25,9  | L              |
| Yellibelen   | Ap          | 0-16          | 7,90 | 0,37           | 29,5        | 26,5      | 1,82             | 33,1  | 43,6   | 23,3  | CL             |
|              | A2          | 16-34         | 7,95 | 0,24           | 23,6        | 27,6      | 1,81             | 37,4  | 35,1   | 27,5  | CL             |
|              | AC          | 34-52         | 7,82 | 0,22           | 21,9        | 35,2      | 1,06             | 34,3  | 41,8   | 23,9  | CL             |
|              | C1          | 52-81         | 7,98 | 0,16           | 20,2        | 45,4      | 0,94             | 35,8  | 42,8   | 21,4  | CL             |
|              | C2          | 81-115        | 7,98 | 0,17           | 20,1        | 34,1      | 0,86             | 33,8  | 41,4   | 24,8  | CL             |
| Söğütçe      | Ap          | 0-19          | 7,22 | 0,10           | 28,7        | 12,9      | 1,34             | 11,2  | 30,3   | 58,5  | SL             |
|              | A2          | 19-62         | 7,52 | 0,15           | 23,1        | 12,1      | 0,95             | 7,4   | 33,5   | 59,1  | SL             |
|              | C           | 62-90         | 7,36 | 0,15           | 21,8        | 27,3      | 1,16             | 13,8  | 33,8   | 52,4  | SL             |
| Çorak Deresi | Ap          | 0-12          | 7,65 | 0,30           | 21,2        | 30,3      | 2,11             | 29,2  | 35,8   | 35,0  | CL             |
|              | A2          | 12-28         | 7,76 | 0,20           | 24,3        | 30,7      | 1,78             | 31,0  | 36,8   | 32,2  | CL             |
|              | C           | 28-53         | 7,75 | 0,18           | 25,3        | 28,0      | 0,77             | 24,7  | 32,9   | 42,4  | L              |
| Herekli      | Ap          | 0-15          | 7,48 | 0,14           | 30,1        | 35,6      | 1,33             | 27,3  | 40,3   | 32,4  | CL             |
|              | A2          | 15-48         | 7,43 | 0,18           | 29,7        | 42,8      | 1,09             | 29,6  | 32,8   | 37,6  | CL             |
|              | C           | 48-84         | 7,36 | 0,15           | 32,4        | 35,6      | 0,44             | 18,7  | 40,9   | 40,4  | L              |
|              | 2Ck         | 84-115        | 7,43 | 0,14           | 32,4        | 54,2      | 0,40             | 35,6  | 34,3   | 30,1  | CL             |
| Kalemli      | Ap          | 0-13          | 7,38 | 0,35           | 20,2        | 23,1      | 1,68             | 45,2  | 31,1   | 23,5  | C              |
|              | A2          | 13-28         | 7,40 | 0,25           | 19,0        | 29,2      | 1,72             | 46,1  | 27,6   | 26,3  | C              |
|              | AC          | 28-46         | 7,43 | 0,18           | 40,3        | 26,5      | 1,20             | 54,4  | 18,3   | 27,3  | C              |
|              | C1          | 46-67         | 7,51 | 0,17           | 33,2        | 25,8      | 1,05             | 37,7  | 37,5   | 24,8  | CL             |
|              | C2          | 67-110        | 7,43 | 0,17           | 31,4        | 34,1      | 0,76             | 27,8  | 43,8   | 28,4  | CL             |

Çizelge 4. Çalışma alanında Psamment olarak tanımlanmış olan seri ve kimi toprak özellikleri

| Seri Adı   | Horizon Adı | Derinlik (cm) | pH   | Tuz (mmhos/cm) | KDK  | Kireç (%) | Organik madde, % | Kil % | Silt % | Kum % | Tekstür Sınıfı |
|------------|-------------|---------------|------|----------------|------|-----------|------------------|-------|--------|-------|----------------|
| Yumurtalık | Ap          | 0-15          | 7,20 | 0,23           | 13,6 | 30,3      | 1,22             | 7,14  | 3,81   | 89,0  | S              |
|            | C           | 15-89         | 7,32 | 0,23           | 14,2 | 53,8      | 0,32             | 5,21  | 5,25   | 89,5  | S              |

Çizelge 5. Çalışma alanında Xerept olarak tanımlanmış olan seriler ve kimi toprak özellikleri

| Seri Adı   | Horizon Adı | Derinlik (cm) | pH   | Tuz (mmhos/cm) | KDK  | Kireç (%) | Organik madde, % | Kil % | Silt % | Kum % | Tekstür Sınıfı |
|------------|-------------|---------------|------|----------------|------|-----------|------------------|-------|--------|-------|----------------|
| Duranağa   | Ap          | 0-15          | 7,69 | 0,24           | 41,7 | 5,7       | 1,97             | 50,2  | 22,9   | 26,9  | C              |
|            | A2          | 15-30         | 7,66 | 0,14           | 42,6 | 7,2       | 1,85             | 52,4  | 22,3   | 25,3  | C              |
|            | Bw1         | 30-53         | 7,64 | 0,18           | 42,8 | 5,3       | 1,18             | 49,3  | 23,9   | 26,8  | C              |
|            | Bw2         | 53-79         | 7,69 | 0,12           | 44,6 | 10,2      | 1,77             | 43,6  | 24,7   | 21,7  | C              |
|            | Ck          | 79-130        | 7,76 | 0,13           | 27,5 | 48,5      | 0,85             | 29,0  | 38,1   | 32,9  | CL             |
| Zeytinbeli | Ap          | 0-15          | 7,21 | 0,15           | 36,3 | 30,7      | 2,08             | 34,3  | 33,7   | 32,0  | CL             |
|            | A2          | 15-28         | 7,15 | 0,20           | 20,0 | 30,3      | 1,93             | 37,8  | 24,2   | 38,0  | CL             |
|            | Bw1         | 28-50         | 7,06 | 0,15           | 22,5 | 26,3      | 1,86             | 35,4  | 30,3   | 34,3  | CL             |
|            | Bw2         | 50-68         | 7,17 | 0,16           | 32,3 | 31,8      | 1,49             | 37,7  | 26,4   | 35,9  | CL             |
|            | Ckm         | 69-110        | -    | -              | -    | -         | -                | -     | -      | -     | -              |

Çizelge 6. Çalışma alanında Xerert olarak tanımlanmış olan seriler ve kimi toprak özellikleri

| Seri Adı     | Horizon Adı | Derinlik (cm) | pH   | Tuz (mmhos/cm) | KDK  | Kireç (%) | Organik madde,% | Kil % | Silt % | Kum % | Tekstür Sınıfı |
|--------------|-------------|---------------|------|----------------|------|-----------|-----------------|-------|--------|-------|----------------|
| Yeniköy      | Ap          | 0-19          | 7,29 | 0,18           | 37,9 | 32,2      | 2,03            | 45,6  | 27,5   | 26,9  | C              |
|              | Ad          | 19-43         | 7,10 | 0,11           | 38,9 | 20,5      | 1,83            | 50,0  | 23,1   | 26,9  | C              |
|              | A3ss        | 43-75         | 7,16 | 0,11           | 41,5 | 18,9      | 1,07            | 54,2  | 19,3   | 26,5  | C              |
|              | ACss        | 75-106        | 7,22 | 0,09           | 41,8 | 19,3      | 1,03            | 54,4  | 22,0   | 23,6  | C              |
|              | C           | 106-+         | 7,34 | 0,17           | 39,5 | 19,7      | 0,86            | 56,5  | 18,7   | 24,8  | C              |
| İkisu Deresi | Ap          | 0-10          | 7,67 | 0,18           | 35,7 | 14,4      | 2,04            | 55,3  | 17,2   | 27,5  | C              |
|              | Ad          | 10-28         | 7,68 | 0,20           | 35,4 | 15,1      | 2,13            | 54,0  | 20,4   | 25,6  | C              |
|              | A3ss        | 28-70         | 7,78 | 0,18           | 41,6 | 15,1      | 1,06            | 45,9  | 32,4   | 21,6  | C              |
|              | ACss        | 70-103        | 7,71 | 0,16           | 41,6 | 36,0      | 1,03            | 54,2  | 22,1   | 23,7  | C              |
|              | Ck          | 103-+         | 7,97 | 0,18           | 32,0 | 41,7      | 0,73            | 44,9  | 24,6   | 30,5  | C              |

Horizon esasına göre alınmış olan 66 adet bozulmuş toprak örneği, hava kuru ortamda kurutulduktan sonra öğütülerek 2 mm. açıklığa sahip elekten elenmiş ve analize hazır hale getirilmiştir. Örneklerde makro besin elementlerinden Ca, K ve Mg ile mikro besin elementlerinden Cu, Fe, Mn ve Zn analizleri yapılmıştır. Alınabilir K, Ca ve Mg: analizleri 1N Amonyum Asetat yöntemiyle (Kacar, 2016); mikro elementler ise DTPA TEA ekstraksiyon çözeltisiyle yapılmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978; Kacar, 2016).

## Bulgular ve Tartışma

Birbirinden farklı genetik özelliklere sahip olan serilerin kimi besin element düzeyleri de farklılıklar göstermektedir. Çalışma alanındaki seriler alt ordo düzeyinde ayrı ayrı ele alınmıştır.

### Fluvent Toprakların Genel Özellikleri

Çalışma kapsamında Entisol ordosunun Fluvent alt ordosu olarak tanımlanmış olan Ayvalık, Yelibelen, Söğütçe, Çorak Deresi, Herekli ve Kalemli seri topraklarına ait kimi besin elementleri Çizelge 7’de yer almaktadır. Taksonomik olarak Fluvent topraklar akarsuyun etkisi ile depolanmış genç ana materyallerden oluşmaktadır. Genellikle A-C horizon dizilimine sahiptirler.

Çalışma alanındaki Fluvent toprakların Ca içerikleri 4580 ile 9702 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki tüm topraklar yüksek düzeyde Ca içeriğine sahiptir. Nitekim Koca (2014) tarafından yapılan çalışmada da toprakların tümünde Ca içeriğinin yüksek olduğu, toprakların kireç içeriği bakımından zengin olduğu belirtilmiştir. Seriler arasındaki değişimlere bakıldığında ise, Kalemli serisinin hem yüzey hem de yüzey altı topraklarının diğer topraklara nazaran daha yüksek Ca içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Buna karşın en düşük Ca içeriğine sahip topraklar ise Çorak Deresi topraklarıdır.

Genellikle toprakların alınabilir K miktarları 40-500 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki Fluvent toprakların K içeriği ise en düşük 34 ppm ile Söğütçe serisinin C horizonunda; en yüksek 275 ppm ile Kalemli serisinin A2 horizonunda belirlenmiştir. Alınabilir K açısından en düşük K içeriğine sahip Söğütçe serisinin C horizonu hariç diğer topraklar orta, yüksek ve çok yüksek K değerine sahiptirler. En düşük K içeriğine sahip Söğütçe serisi topraklarının benzer ana materyal üzerinde gelişim gösteren diğer serilerden en önemli farkı, sahip olduğu orta-kaba tekstürüdür. Nitekim analiz sonuçlarına göre bu seri topraklarının toprak tekstürü profil boyunca kumlu tın olarak tanımlanmıştır. Potasyum noksanlığı kumlu, hafif tekstürlü topraklar üzerinde yetiştirilen bitkilerde daha çok görülür (Bolat ve Kara, 2017). Bundan dolayı bu seri topraklarında yapılacak olan tarımsal üretim faaliyetlerinde K gübrelemesi önem arz etmektedir.

Fluvent olarak tanımlanmış olan serilerin Mg içerikleri bakımından en düşük 128 ppm ile Söğütçe serisi; en yüksek 1347 ppm ile Çorak Deresi serisidir. Alınabilir Mg bakımından 160 ppm çok fakir sınıfı için sınır değeri olarak kabul edilirse Söğütçe serisi profil boyunca alınabilir Mg bakımından çok fakir bir seri olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu seri toprakları yanı sıra Herekli serisinin C horizonu da çok düşük düzeyde Mg içeriğine sahiptir. Diğer seri toprakları ise yeter ve fazla düzeylerde alınabilir Mg içermektedir. Mg gübrelemesi açısından özellikle K gübrelemesine benzer şekilde Söğütçe serisi topraklarında yapılan tarımsal üretimlerde Mg noksanlık belirtilerine dikkat edilmelidir.

Çizelge 7. Çalışma kapsamındaki Fluvent toprakların kimi analiz sonuçları

| Seri         | Horizon | Ca   | K   | Mg   | Cu<br>(ppm) | Fe   | Mn    | Zn   |
|--------------|---------|------|-----|------|-------------|------|-------|------|
| Yelibelen    | Ap      | 6855 | 215 | 393  | 1,17        | 2,65 | 7,81  | 0,15 |
|              | A2      | 7206 | 229 | 418  | 1,19        | 2,88 | 9,12  | 0,16 |
|              | AC      | 6677 | 193 | 297  | 1,26        | 4,97 | 5,54  | 0,03 |
|              | C1      | 7292 | 101 | 360  | 1,34        | 4,89 | 4,82  | 0,03 |
|              | C2      | 6753 | 87  | 460  | 1,04        | 4,27 | 4,02  | 0,18 |
| Kalemlı      | Ap      | 9465 | 258 | 292  | 1,59        | 4,83 | 12,18 | 0,10 |
|              | A2      | 9702 | 275 | 311  | 1,77        | 5,10 | 11,62 | 0,11 |
|              | AC      | 9345 | 142 | 274  | 1,43        | 4,62 | 7,81  | 0,08 |
|              | C1      | 8633 | 102 | 208  | 1,27        | 5,06 | 7,81  | 0,02 |
|              | C2      | 7663 | 73  | 164  | 0,66        | 2,69 | 4,64  | 0,01 |
| Söğütçe      | Ap      | 6870 | 66  | 130  | 0,26        | 2,18 | 4,26  | 0,10 |
|              | A2      | 6522 | 65  | 128  | 0,30        | 1,99 | 3,70  | 0,03 |
|              | C       | 6740 | 34  | 140  | 0,20        | 1,72 | 3,49  | 0,19 |
| Herekli      | Ap      | 7307 | 135 | 171  | 1,18        | 3,97 | 27,29 | 0,22 |
|              | A2      | 7428 | 80  | 193  | 1,13        | 5,29 | 25,16 | 0,44 |
|              | C       | 7782 | 43  | 139  | 0,24        | 4,80 | 20,19 | 0,04 |
|              | 2Ck     | 6934 | 69  | 230  | 0,43        | 5,05 | 10,74 | 0,02 |
| Çorak Deresi | Ap      | 6075 | 181 | 495  | 2,14        | 6,03 | 18,91 | 0,18 |
|              | A2      | 6083 | 188 | 499  | 1,99        | 6,47 | 22,02 | 0,17 |
|              | C       | 5465 | 77  | 480  | 1,97        | 6,62 | 11,70 | 0,05 |
|              | 2A      | 5506 | 119 | 1258 | 2,40        | 8,78 | 8,21  | 0,07 |
|              | 2C      | 4580 | 91  | 1347 | 1,44        | 7,26 | 7,32  | 0,03 |
| Ayvalık      | Ap      | 7155 | 230 | 466  | 3,73        | 5,80 | 32,15 | 0,33 |
|              | AC      | 7219 | 98  | 365  | 1,85        | 6,48 | 15,16 | 0,80 |
|              | C       | 6772 | 75  | 434  | 1,45        | 7,35 | 11,80 | 0,02 |

Tarım topraklarında toplam Cu içeriği 1-50 ppm arasında değişmektedir. Buna karşın alınabilir Cu düzeyi ise genellikle 1 ppm den daha düşüktür (Kacar, 2016). Lindsay ve Norvell (1978) ise 0,2 ppm düzeyini yeter düzey olarak kabul etmiştir. Çalışma alanındaki Fluventlerin alınabilir Cu içerikleri 0,20 ile 3,73 ppm arasında değişmektedir. Seri ve horizon düzeyinde değerlendirildiğinde ise en düşük Cu içeriği Söğütçe serisinin C horizonunda; en yüksek Cu içeriği ise Ayvalık serisinin yüzey horizonunda belirlenmiştir. Alınabilir Cu bakımından tüm topraklar sınır değerinin üzerinde olup yeterlidir.

Topraklarda Fe miktarı ana materyale bağlı olarak değişmekle birlikte %1-20 arasındadır. Toplam Fe ile çözünebilir Fe arasındaki oran ise çok düşüktür (Kacar 2016). Çalışma alanında tanımlanan Fluvent toprakların Fe içerikleri 1,72 ile 8,78 ppm arasında değişmektedir. En düşük Fe içeriği Söğütçe serisinin C horizonunda, en yüksek Fe içeriği ise Çorak Deresi serisinin 2A horizonunda tespit edilmiştir. Seri düzeyinde bakıldığında Çorak Deresi ve Ayvalık serilerinin tüm horizonlarının yüksek düzeyde Fe içerdiği belirlenmiştir. Yelibelen, Kalemlı ve Herekli derileri de yeter düzeyde Fe içermektedir. Buna karşın Söğütçe serisinin de tüm horizonlarının noksan düzeyde demir içerdiği görülmektedir.

Topraklarda alınabilir Mn miktarları 0,2-5 ppm arasında değişmektedir (Kacar, 2016). Çalışma alanında yeralan Fluvent toprakların Mn içeriği en düşük Söğütçe serisinin C horizonunda (3,49 ppm); en yüksek Ayvalık serisinin Ap horizonunda (32,15 ppm) belirlenmiştir. Noksan/yeter sınır değerinin 1,4 ppm olduğundan tüm toprakların tüm horizonları Mn düzeyi bakımından yeter düzeyindedir. Serilerin Mn düzeyleri karşılaştırıldığında Söğütçe serisinin tüm horizonlarının Mn düzeyi diğer serilerden nispeten daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Toprak pH'sından en fazla etkilenen mikro besin elementlerinden birisi olan Zn, çalışma alanındaki Fluventlerde 0,01-0,80 ppm arasında değişmektedir. Serilerin ve horizonların çok önemli bir kısmı çok az düzey olarak kabul edilen 0,2 ppm düzeyin altında Zn düzeyine sahiptir. Yalnızca Herekli serisinin Ap ve A2 horizonları ile, Ayvalık serisinin Ap ve AC horizonları az düzeyde Zn içermektedir. Çinko noksanlığı daha çok bazik ve kireçli topraklar görülmektedir (Gardiner ve Miller, 2008; Bolat ve Kara, 2017). Koca (2014) tarafından yapılan çalışmada da, çalışma alanındaki tüm serilerin ve horizonlarının orta-yüksek kireç içeriğine sahip olduğu belirtilmiştir. Çalışma alanındaki düşük çinko içeriğinin yüksek kireçten kaynaklandığı değerlendirilmiştir.

## Orthent Toprakların Genel Özellikleri

Çalışma kapsamında Entisol ordosunun Orthent altordosu olarak tanımlanmış olan Tebeşirlik, Koyaklı, Çeşme Deresi, Keltepe, Küçük Yumurtalık ve Fettah Plajı serileri bulunmaktadır. Bu topraklar normal erozyon yüzeylerinde oluşan genç topraklar olabildiği gibi, toprak işleme veya diğer faktörler nedeniyle hızlandırılmış erozyon yüzeylerinde de oluşabilmektedir. Çalışma alanındaki Orthentlerin kimi analiz sonuçları Çizelge 8’de verilmektedir.

Çizelge 8. Çalışma kapsamındaki Orthent toprakların kimi analiz sonuçları

| Seri             | Horizon | Ca   | K   | Mg  | Cu<br>(ppm) | Fe   | Mn    | Zn   |
|------------------|---------|------|-----|-----|-------------|------|-------|------|
| Tebeşirlik       | A       | 6066 | 77  | 140 | 0,36        | 2,33 | 8,43  | 0,18 |
|                  | CA      | 6570 | 57  | 87  | 0,27        | 3,35 | 3,42  | 0,02 |
|                  | Ck      | 7445 | 49  | 86  | 0,23        | 3,21 | 1,22  | 0,05 |
| Koyaklı          | Ap      | 6261 | 49  | 137 | 0,45        | 2,04 | 4,95  | 0,15 |
|                  | A2      | 6603 | 39  | 137 | 0,44        | 2,26 | 6,49  | 0,06 |
|                  | Ck      | 6822 | 11  | 76  | 0,21        | 1,58 | 1,33  | 0,01 |
| Çeşme Deresi     | Ap      | 7710 | 129 | 160 | 0,76        | 2,47 | 5,41  | 0,13 |
|                  | A2      | 6882 | 185 | 202 | 0,69        | 3,17 | 6,05  | 0,05 |
|                  | C       | 7042 | 88  | 182 | 0,33        | 2,97 | 4,04  | 0,01 |
| Keltepe          | A1      | 7592 | 165 | 560 | 1,41        | 6,09 | 19,33 | 0,35 |
|                  | A2      | 7601 | 162 | 564 | 1,37        | 5,57 | 20,46 | 0,34 |
|                  | C       | 7487 | 68  | 546 | 0,83        | 5,51 | 9,70  | 0,05 |
| Küçük Yumurtalık | Ap      | 7262 | 203 | 422 | 0,71        | 5,10 | 16,21 | 0,16 |
|                  | A2      | 7352 | 194 | 423 | 0,89        | 5,23 | 18,22 | 0,11 |
|                  | Ck      | 7911 | 170 | 634 | 0,63        | 5,56 | 7,10  | 0,05 |
|                  | Cr      | 7468 | 107 | 705 | 0,99        | 6,62 | 7,97  | 0,04 |
| Fettah Plajı     | A       | 5810 | 127 | 291 | 1,65        | 9,19 | 50,48 | 0,21 |
|                  | AC      | 6703 | 96  | 335 | 1,81        | 7,87 | 15,62 | 0,05 |
|                  | C1      | 5648 | 51  | 252 | 0,92        | 6,66 | 9,64  | 0,02 |
|                  | C2      | 4355 | 20  | 162 | 0,27        | 4,31 | 7,46  | 0,03 |

Çalışma alanındaki Orthent toprakların Ca içerikleri en düşük Fettah Plajı serisinin C2 horizonunda (4355 ppm); en yüksek Küçük Yumurtalık serisinin Ck horizonunda (7911 ppm) olarak belirlenmiştir. Tüm topraklar Ca bakımından zengindir. Koca (2014) tarafından yapılan çalışmada da toprakların kireç ve Ca içeriğinin yüksek olduğu belirtilmiştir. Orthent olarak tanımlanan seriler içerisinde profilde kireç içeriğinin oldukça değişken olduğu belirlenmiştir.

Alınabilir K açısından en düşük K içeriğine sahip Koyaklı serisinin Ck horizonu (11 ppm) en yüksek ise Küçük Yumurtalık serisinin Ap horizonu (203 ppm) olarak belirlenmiştir. Koyaklı serisinin A2 ve Ck horizonları ile Fettah Plajı serisinin C2 horizonu çok düşük K içeriğine sahiptir. Orthent olarak tanımlanan seriler K açısından karşılaştırıldığında ise, Küçük Yumurtalık serisinin Cr horizonu hariç diğer tüm horizonları çok yüksek düzeyde K içermektedir.

Orthent olarak tanımlanmış olan serilerin Mg içerikleri bakımından en düşük 76 ppm ile Koyaklı serisinin Ck horizonu; en yüksek 705 ppm ile Küçük Yumurtalık serisinin Cr horizonudur. Seri düzeyinde değerlendirildiğinde Koyaklı ve Tebeşirlik serilerinin Mg bakımından diğer serilere göre daha düşük Mg içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Keltepe ve Küçük Yumurtalık serileri ise diğer serilere göre Mg bakımından daha zengindir.

Çalışma alanındaki Orthentlerin alınabilir Cu içerikleri 0,21 ile 1,81 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki tüm toprakların Cu içeriği Lindsay ve Norvell (1978) tarafından sınır değeri olarak belirtilen 0,2 ppm üzerinde olduğu belirlenmiştir. Seri düzeyinde ise Fettah Plajı ve Keltepe serileri diğer serilere nazaran daha yüksek Cu içeriğine sahiptir.

Çalışma alanında tanımlanan Orthent toprakların Fe içerikleri 1,58 ile 9,19 ppm arasında değişmektedir. En düşük Fe içeriği Koyaklı serisinin Ck horizonunda, en yüksek Fe içeriği ise Fettah Plajı serisinin yüzey horizonunda tespit edilmiştir. Seriler bazında Fettah Plajı serinin C2 horizonu hariç diğer horizonlarının Fe bakımından zengin olduğu görülmektedir.

Çalışma alanında yer alan Orthent toprakların Mn içeriği en düşük Tebeşirlik serisinin Ck horizonunda (1,22 ppm); en yüksek Fettah Plajı serisinin yüzey horizonunda (50,48 ppm) belirlenmiştir. Tebeşirlik ve Koyaklı

serilerinin Ck horizonları hariç tüm horizonlar Mn bakımından yeterlidir. Fethah Plajı, Keltepe ve Küçük Yumurtalık serileri diğer serilere nazaran daha yüksek Mn içeriğine sahiptir.

Önemli mikro besin elementlerinden biri olan Zn, çalışma alanındaki Orthentlerde 0,01-0,35 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki orthentlerin çok önemli bir kısmı çok az düzeyinde Zn içermektedir. Yalnızca Fethah Plajı ve Keltepe serilerinin yüzey horizonları diğer horizonlara nazaran kısmen yüksek Zn içeriğine sahiptir; ancak buna karşın yine de sınıflama olarak az düzeyde Zn içermektedirler.

### Psamment Toprakların Genel Özellikleri

Çalışma kapsamında Entisol ordosunun Psamment altordosu olarak tanımlanmış olan tek seri Yumurtalık serisidir. Stabil kıy kumulları üzerinde oluşan bu seri toprakları sığ derinliğe sahip olup, profil boyunca kum tekstüre sahiptir. Seri topraklarının kimi analiz sonuçları Çizelge 9'da verilmektedir.

Çizelge 9. Çalışma alanındaki Psamment toprağın kimi analiz sonuçları

| Seri       | Horizon | Ca   | K  | Mg  | Cu<br>(ppm) | Fe   | Mn   | Zn   |
|------------|---------|------|----|-----|-------------|------|------|------|
| Yumurtalık | Ap      | 4654 | 61 | 137 | 0,29        | 2,78 | 6,26 | 0,49 |
|            | C       | 4353 | 12 | 101 | 0,03        | 1,37 | 3,10 | 0,03 |

Seri topraklarında Ca yüzeyde 4654 ppm; yüzey altında 4353 ppm'dir. Seri toprakları alınabilir Ca bakımından zengindir. Alınabilir K düzeyi yüzeyde 61 ppm iken yüzey altında 12 ppm'e düşmektedir. Seri toprakları K içeriği bakımından yüzeyde düşük ve yüzey altında çok düşük K içermektedir. Yüzeyde alınabilir Mg 137 ppm iken; yüzey altında 101 ppm düzeyindedir. Hem yüzey hem de yüzey altı Mg bakımından çok fakir olarak sınıflandırılmışlardır. Cu düzeyi yüzeyde 0,29 ppm iken yüzey altında 0,03 ppm düzeyindedir. Cu bakımından yüzey toprağı yeterli olarak sınıflandırılmakta iken, yüzey altı toprağı ise noksan olarak sınıflandırılmıştır. Seri topraklarında Fe 1,37 ile 2,78 ppm arasında değişim göstermektedir. Hem yüzey hem de yüzey altı toprakları Fe bakımından noksan olarak değerlendirilmektedir. Yüzeyde 6,26 ppm olan Mn düzeyi yüzey altında 3,10 ppm'e düşmektedir. Hem yüzey hem de yüzey altı Mn bakımından yeter düzeydedir. Zn ise hem yüzey hem de yüzey altında çok az düzeydedir.

### Xerepts Toprakların Genel Özellikleri

Çalışma kapsamında Inceptisol ordosunun Xerepts altordosu olarak tanımlanmış olan Zeytinbeli ve Duranağa serileri kil/killi tın tekstüre sahiptir. Entisol ordosu içerisinde tanımlanmış olan Fluvent, Orthent ve Psammentlere göre daha iyi gelişim gösteren bir B horizonuna sahiptirler. Xerept olarak tanımlanmış olan toprakların kimi özellikleri Çizelge 10'da verilmiştir.

Çizelge 10. Çalışma alanındaki Xerepts toprakların kimi analiz sonuçları

| Seri       | Horizon | Ca    | K   | Mg  | Cu<br>(ppm) | Fe    | Mn    | Zn   |
|------------|---------|-------|-----|-----|-------------|-------|-------|------|
| Zeytinbeli | Ap      | 8862  | 210 | 201 | 1,65        | 3,45  | 12,97 | 0,15 |
|            | A2      | 8854  | 230 | 215 | 1,62        | 3,25  | 12,28 | 0,14 |
|            | Bw1     | 8915  | 142 | 210 | 1,55        | 3,78  | 11,05 | 0,07 |
|            | Bw2     | 8803  | 126 | 199 | 1,46        | 3,71  | 10,18 | 0,06 |
| Duranağa   | Ap      | 10470 | 481 | 454 | 2,48        | 7,52  | 52,83 | 0,32 |
|            | A2      | 10540 | 436 | 453 | 2,70        | 7,98  | 60,43 | 0,32 |
|            | Bw1     | 10570 | 192 | 390 | 2,40        | 9,38  | 48,45 | 0,20 |
|            | Bw2     | 10750 | 179 | 404 | 2,42        | 10,31 | 47,37 | 0,13 |
|            | Ck      | 10723 | 177 | 217 | 0,24        | 4,27  | 10,45 | 0,03 |

Çalışma alanında yeralan Xereptlerde alınabilir Ca 8803 ile 10750 ppm arasında değişmektedir. En düşük Ca içeriği Zeytinbeli serisinin Bw2 horizonunda; en yüksek Ca içeriği ise Duranağa serisinin Bw2 horizonunda belirlenmiştir. Alınabilir Ca bakımından her iki serinin tüm horizonları iyi/yüksek olarak sınıflandırılmışlardır. Göreceli olarak Duranağa serisinin toprakları Zeytinbeli serisinin topraklarına göre daha yüksek Ca içeriğine sahiptir.

Alınabilir K bakımından Zeytinbeli serisinin Bw1 ve Bw2 kısmen düşük olarak belirlenmiştir. Bu iki horizon hariç diğer tüm horizonlar çok yüksek K içeriğine sahiptir. Xereptler içerisinde en yüksek K değeri (481 ppm) Duranağa serisinin yüzey horizonunda belirlenmiştir.

Alınabilir Mg değerleri Xereptlerde 199-454 ppm arasında değişmektedir. En düşük Mg değeri Zeytinbeli serisinin Bw2 horizonunda; en yüksek Mg değeri ise Duranağa serisinin yüzey horizonunda belirlenmiştir. Her iki seri topraklarında da Mg yeter düzeydedir. İki seri horizonları karşılaştırıldığında ise Duranağa serisinin Zeytinbeli serisine göre daha yüksek Mg içerdiği değerlendirilmiştir.

Cu değerleri bakımından her iki serinin tüm horizonları yeter düzeye sahiptir. En düşük Cu değeri (0,24 ppm) Duranağa serisinin Ck horizonunda belirlenmiştir. En yüksek Cu değerine (2,70 ppm) sahip horizon ise Duranağa serisinin yüzey horizonlarıdır. Xerept olarak tanımlanmış olan iki seri Cu bakımından kıyaslandığında Duranağa serisinin Ck horizonu hariç tüm horizonları Zeytinbeli serisinden daha yüksek Cu içeriğine sahip olduğu görülmektedir.

Alınabilir Fe içeriği bakımından çalışma alanındaki Xerept topraklar genellikle orta ve iyi düzeydedir. En düşük Fe içeriği (3,25 ppm) Zeytinbeli serisinin A2 horizonunda; en yüksek Fe içeriği (10,31 ppm) ise Duranağa serisinin Bw2 horizonunda belirlenmiştir. İki seri karşılaştırıldığında ise alınabilir Fe bakımından Duranağa serisinin Zeytinbeli serisine nazaran daha yüksek Fe içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir.

Çalışma alanındaki Xereptlerin tümü Mn bakımından zengindir. En düşük Mn Zeytinbeli serisinin Bw2 horizonunda; en yüksek Mn ise Duranağa serisinin A2 horizonunda belirlenmiştir. Lindsay ve Norwell (1978) tarafından sınır değeri 1,4 ppm olarak belirlenmiştir. Bu değer esas alındığında çalışma alanındaki tüm seriler ve horizonlar Mn bakımından yeter düzeydedir.

Zn bakımından Xereptler diğer topraklara benzer özellikler göstermektedir. Xereptlerde Zn 0,03 ile 0,32 ppm arasında değişmekte olup, genellikle az ve çok az düzeyde Zn içermektedir. En yüksek Zn içeriği Duranağa serisinin yüzey horizonlarında belirlenmiştir. 0,32 ppm düzeyinde olan bu değer bile Lindsay ve Norwell (1978) tarafından yapılan sınıflamada az olarak değerlendirilmektedir.

### Xererts Toprakların Genel Özellikleri

Çalışma kapsamında Vertisol ordosunun Xererts altordosu olarak tanımlanmış olan Yeniköy ve İkisu Deresi serileri yüksek miktarda şişen kil içermektedirler. Kurak dönemlerde geniş çatlakların görüldüğü bu topraklar genellikle derin bir profile sahiptirler. Xerert toprakların kimi besin elementi analiz sonuçları Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 11. Çalışma alanındaki Xerert toprakların kimi analiz sonuçları

| Seri         | Horizon | Ca   | K   | Mg   | Cu<br>(ppm) | Fe    | Mn    | Zn   |
|--------------|---------|------|-----|------|-------------|-------|-------|------|
| Yeniköy      | Ap      | 9028 | 213 | 351  | 1,94        | 4,06  | 10,38 | 0,22 |
|              | Ad      | 8769 | 196 | 406  | 1,84        | 4,32  | 10,11 | 0,13 |
|              | A3ss    | 8937 | 163 | 731  | 2,56        | 11,13 | 37,77 | 0,12 |
|              | ACss    | 8898 | 163 | 893  | 2,32        | 10,10 | 32,20 | 0,07 |
|              | C       | 8311 | 168 | 1046 | 2,16        | 9,82  | 29,59 | 0,05 |
| İkisu Deresi | Ap      | 8792 | 429 | 535  | 1,96        | 5,15  | 11,54 | 2,14 |
|              | Ad      | 9175 | 428 | 558  | 1,75        | 4,69  | 12,04 | 1,44 |
|              | A3ss    | 8750 | 183 | 555  | 1,82        | 7,15  | 7,77  | 0,08 |
|              | ACss    | 8372 | 183 | 608  | 1,52        | 6,06  | 6,34  | 0,14 |
|              | Ck      | 6971 | 114 | 520  | 0,69        | 3,58  | 3,26  | 0,01 |

Her iki serinin tüm horizonlarında alınabilir Ca düzeyi oldukça yüksektir. Loue (1987) tarafından yapılan değerlendirmede 2860 ppm düzeyin üzerinde alınabilir Ca değeri yüksek olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki Xerert toprakların tümünde bu değer in çok üzerinde Ca bulunmaktadır.

Alınabilir K bakımından da Xerertlerin yüksek düzeyde K içerdiği belirlenmiştir. Rehm ve ark. (1996) tarafından topraklarda alınabilir K düzeyi 121-160 ppm arası yüksek, 161 ppm düzeyin üzeri çok yüksek olarak tanımlanmıştır. Çalışma alanındaki Xerert toprakların tüm horizonlarında alınabilir K düzeyi İkisu Deresinin Ck horizonu hariç çok yüksektir.

Çalışma alanındaki Xerert toprakların alınabilir Mg değerleri 351-1046 ppm arasında değişmektedir. Bu değerlere göre bu toprakların alınabilir Mg değerleri FAO (2006)'ya göre yeterli ve fazla düzeylerindedir. En

düşük Mg değerine sahip horizon Yeniköy serisinin yüzey horizonu iken, aynı serinin C horizonunda ise en yüksek değere sahiptir.

Alınabilir Cu değerleri bakımından çalışma alanındaki Xerertlerin tüm horizonlarında Lindsay ve Norwell (1978)'e göre yeter düzeydedir. En düşük alınabilir Cu değeri 0,69 ppm ile İkisu Deresinin Ck horizonunda belirlenmiş iken; en yüksek Cu değeri ise 2,56 ppm ile Yeniköy serisinin A3ss horizonunda belirlenmiştir. İki seri alınabilir Cu bakımından karşılaştırıldığında ise, Yeniköy serisinin İkisu Deresi serisine göre kısmen daha yüksek içeriğe sahip olduğu belirlenmiştir.

Xerert topraklar alınabilir Fe bakımından da orta ve iyi düzeylerdedir. İkisu Deresi serisinin Ck horizonu çalışma alanındaki en düşük (3,58 ppm) Fe içeriğine sahiptir. En yüksek (11,13 ppm) Fe ise Yeniköy serisinin A3ss horizonundadır. İki seri karşılaştırıldığında Yeniköy serisinin kısmen de olsa İkisu Deresi topraklarından daha yüksek Fe içerdiği belirlenmiştir.

Xerert toprakların tüm horizonları alınabilir Mn bakımından zengindir. En düşük Mn İkisu Deresi serisinin Ck horizonunda belirlenmiş olmasına karşın bu değer bile Lindsay ve Norwell (1978)'e göre yeter düzeydedir. En yüksek Mn ise (37,77 ppm) Yeniköy serisinin A3ss horizonunda bulunmaktadır. Yeniköy serisinin özellikle alt horizonlarında yüksek düzeyde Mn bulunmaktadır.

Çalışma alanındaki Xerertlerin alınabilir Zn düzeyleri diğer serilere benzer özellikle göstermekte olup yeter düzeyin altındadır. En düşük Zn (0,01 ppm) İkisu Deresi serisinin Ck horizonunda belirlenmiştir. Diğer horizonlardan farklı olarak İkisu Deresi serisinin yüzey horizonları yeter düzeyde (2,14 ve 1,44 ppm) Zn içermektedir.

### Çalışma alanı Topraklarının Alt Ordo Düzeyinde Ortalama Besin Elementi İçerikleri

Çalışma alanındaki toprakların ortalama besin elementi içerikleri Çizelge 12'de verilmiştir. Entisol ordosunun bir alt ordosu olan Fluvent, Orthent ve Psammentler genel olarak Inceptisolun alt ordosu olan Xerept ve Vertisolün alt ordosu olan Xerert topraklardan daha düşük alınabilir besin elementi içermektedir. Bu çalışmada ele alınan hemen hemen tüm besin elementleri için geçerli bir durumdur.

Çizelge 12. Çalışma alanında yeralan toprakların ortalama besin elementleri içerikleri

| Ordo     | Ca   | K   | Mg  | Cu<br>(ppm) | Fe   | Mn    | Zn   |
|----------|------|-----|-----|-------------|------|-------|------|
| Fluvent  | 7121 | 129 | 386 | 1,34        | 4,87 | 11,90 | 0,14 |
| Orthent  | 6830 | 102 | 305 | 0,76        | 4,55 | 11,18 | 0,10 |
| Psamment | 4504 | 36  | 119 | 0,16        | 2,08 | 4,68  | 0,03 |
| Xerepts  | 9832 | 241 | 305 | 1,84        | 5,96 | 29,56 | 0,16 |
| Xererts  | 8600 | 224 | 620 | 1,86        | 6,61 | 16,10 | 0,44 |
| Ortalama | 7377 | 147 | 347 | 1,19        | 4,81 | 14,68 | 0,17 |

Ca: Çalışma alanı topraklarında Ca 4504-9832 ppm arasında değişmekte olup, toprakların ortalama Ca değeri 7377 ppm'dir. Çalışma alanındaki besin elementleri içerisinde en yüksek bulunan besin elementidir. Bu bakımdan toprakların Ca değerleri Günel (2006) ile benzerlik göstermektedir. Fluvent, Orthent ve Psamment toprakların ortalama Ca değeri bu değer altındadır. Xerept ve Xerertler ise ortalama Ca değerinin üzerindedir.

K: Genellikle toprakların alınabilir K miktarları 40-500 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanındaki topraklarda da alınabilir K, 11-481 ppm arasında değişmektedir. Çalışma alanında 147 ppm ortalama K bulunmaktadır. Kumlu Entisollerde özellikle Psammentlerde K ve mikro besin elementlerinden bir veya birkaçının noksanlığına rastlanılabilir (Dinç ve ark., 2001). Nitekim bu çalışmada da ortalama en düşük K değerine sahip topraklar Psammentlerdir. Psammentleri yine Entisol ordosunun alt ordosu olan Orthentler takip etmiştir. En yüksek K değerleri ise Xerepts ve Xerertlerde bulunmaktadır.

Mg: Türkiye topraklarının Mg içeriği oldukça değişkenlik göstermektedir. Yalçın ve Çimrin (2019) çalışma alanındaki topraklarının hemen hemen tamamında Mg yeterli bulurken; Turan ve ark. (2010) çalışma alanındaki toprakların %73'ünde yeterli düzeyde Mg olduğunu belirtmişlerdir. Taşkın ve ark. (2015) tarafında yapılan çalışmada ise toprakların %75'inde Mg noksanlığı olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada topraklardaki Mg değerinin 76-1347 ppm arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Çalışma alanı toprakları ortalama Mg düzeyi 347 ppm'dir. Çalışma alanındaki kimi toprak serileri Mg bakımından fakirdir.

Özellikle Yumurtalık, Söğütçe, Koyaklı ve Tebeşirlik serileri düşük Mg içeriğine sahip topraklardır. Bu toprakların ortak özelliği hepsinin taksonomik olarak Entisol ordosunda yer almalarıdır. Buna karşın Çorak Deresi ve Yeniköy serileri en yüksek Mg içerisine sahip toprakları barındırmaktadır. Bu iki serinin de ortak özelliği horizonlarının ince tekstüre sahip olmasıdır. Özellikle Xerert olarak tanımlanmış olan toprak serileri çalışma alanındaki en yüksek Mg içeriğine sahiptir.

Cu: Çalışma alanındaki toprakların Cu değeri 0,03 ile 3,73 ppm arasında değişmekte olup, toprakların ortalama Cu içeriği 1,19 ppm'dir. Çalışma alanında yer alan Psammentler ile Orthentlerin ortalama Cu içerikleri genellikle düşüktür. Buna karşın Xerept ve Xerert olarak tanımlanmış olan seriler ise ortalamanın üzerinde Cu içeriğine sahiptir. Lindsay ve Norwell (1978) tarafından 0,2 ppm yeter düzey olarak tanımlanmıştır. Bu değer altında yaygın Cu bulunması durumunda topraklarda yetersizlik söz konusudur. Çalışma alanındaki toprakların hemen hemen tamamı bu sınır değerinde Cu içeriğine sahiptir. Yalnızca Psamment olarak tanımlanmış olan Yumurtalık serisinin alt horizonu bu sınır değerinden düşüktür. Tümsavaş (2003) ve Turan ve ark. (2010) tarafından farklı bölgede yapılan çalışmada da tüm toprakların Cu yönünden varsıl olduklarını bildirmişlerdir. Bakırın özellikle yüzey horizonlarında diğer horizonlara göre daha yüksek olması bitki koruma ürünlerinin kullanımı kaynaklı olduğu düşünülmektedir.

Fe: Çalışma alanında yer alan toprakların Fe içerikleri 1,37-11,13 ppm arasında değişim göstermektedir. Toprakların ortalama Fe içeriği 4,81 ppm olarak belirlenmiştir. Entisollerin alt ordosu olan Orthent ve Psammentlerin ortalama Fe içerikleri bu değer altındadır. Fluventler Entisoller içerisinde en yüksek Fe ortalamasına sahiptirler. En yüksek ortalama Fe Xerertlerde bulunmaktadır. Lindsay ve Norwell (1978) tarafından belirtilen sınır değerleri kapsamında çalışma alanı topraklarının 9 tanesinde Fe noksanlığı bulunmaktadır. 19 toprakta orta düzeyde Fe içermektedir. Diğer topraklarda Fe noksanlığı bulunmamaktadır. Bu sonuçlar Turan ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. Söz konusu çalışmada da toprakların %10'unda yetersiz düzeyde Fe noksanlığı belirlenmiştir.

Mn: Çalışma alanı topraklarında Mn 1,22-60,43 ppm arasında değişmekte olup ortalama Mn içeriği 14,68 ppm'dir. Entisol olarak tanımlanmış olan tüm seriler ortalamanın altında Mn içeriğine sahiptir. En düşük Mn içeriğine sahip alt ordo kaba tekstüre sahip olan Psammentlerdir. Bunu Orthent ve Fluventler izlemektedir. En yüksek ortalama Mn içeriğine sahip alt ordo ise Xereptlerdir. Xerept olarak tanımlanmış olan Duranağa serisi tüm horizonlarında yüksek düzeyde Mn içeriğine sahiptir.

Zn: Çalışma alanındaki topraklarda ortalama yaygın Zn 0,17 ppm'dir. Fluvent, Orthent ve Xereptlerde ortalama daha düşük düzeyde Zn bulunmaktadır. En yüksek Zn içeriği Xerert alt ordosunda bulunmaktadır. İnce tekstürlü topraklarda çinko miktarı, kaba tekstürlü topraklara göre daha fazladır (Kacar, 2016). Yapılan çalışma sonuçlarına göre de Psamment olarak tanımlanmış olan ve kaba bünyeye sahip toprakların çalışma alanında en düşük Zn içeriğine sahip olduğu; buna karşın profil boyunca kil tekstüre sahip olan Xerertlerin diğer topraklara göre daha yüksek Zn içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte kireç düzeyinin yüksek olması da yaygın çinkonun düşük olmasına etkenlerden birisidir. Toprakların alınabilir Zn düzeyinin düşük olmasında çalışma alanındaki toprakların yüksek kireç içerikleri de etki etmektedir.

## Sonuç

Toprakların fiziksel ve kimyasal verimlilikleri gerek ana materyal gerekse uzun süreli arazi kullanımları sonucu değişkenlik gösterebilmektedir. Bu farklılıklar sonuçta tarımsal üretim açısından önem arz etmektedir. Bu çalışmada toprakların kimi besin elementleri düzeyleri taksonomik açıdan alt ordo düzeyinde incelenmiştir.

Taksonomik olarak ordo düzeyinde tanımlanmış olan Entisollerin alt ordosu olan Psamment, Orthent ve Fluventler genel olarak diğer alt ordolara göre daha düşük besin elementi içeriğine sahiptirler. Entisollerin alt ordoları kendi içerisinde değerlendirildiğinde ise Psammentler en düşük besin elementi içeriğine sahip olan alt ordodur. Literatürde de kum tekstüre sahip toprakların genellikle kimyasal verimliliğinin düşük olduğuna yönelik çalışmalar bulunmaktadır. Bu çalışmada da profil boyunca kum tekstüre sahip olan Psammentlerin düşük verimliliğe sahip olduğu da ortaya konmuştur. Psammentlerde K başta olmak üzere birçok besin elementinin noksanlığı sıklıkla görülebilmektedir. Bu durum özellikle besin elementlerinin toprak kolloidleri tarafından tutulamamasından kaynaklanmaktadır. Kum tekstürlü topraklarda bitki

besleme daha fazla dikkat gerektirmektedir. Özellikle Psammentlerde sulamaya dikkat edilmesi, sulama ile gübre kayıplarının önlenmesi gerekmektedir.

Buna karşın Xerept ve Xerert alt ordoları yüksek besin elementi içeriğine sahiptirler. Genellikle orta ve ince bünyeye sahip olmaları bunda etkili olmaktadır. Ancak kimyasal verimliliklerinin yüksek olmasının yanı sıra kimi dönemlerde fiziksel verimliliklerinin düşük olması özellikle Xerert alt ordosu için dikkat edilmesi gereken hususlardan birisidir. Bu çalışmada tek bir lokasyonda altordo düzeyinde tanımlanmış olan seriler değerlendirilmiştir. Türkiye gibi taksonomik olarak ordo ve buna bağlı olarak altordo düzeyinde çok farklı topraklar bulunmaktadır. Xeric nem rejimi dışındaki nem rejimleri altında gelişim gösteren toprakların da incelenmesi, farklı arazi kullanım türlerinin de altordo düzeyinde topraklara etkisinin de araştırılmasının literatüre zenginlik kazandıracağı düşünülmektedir.

## Kaynaklar

- Aytop H, Şenol S, 2022. Farklı Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Mikail Çayı Mikro Havzası Toprakları. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 9(1), 85-96.
- Aytop H, Koca YK, Şenol S, 2023. The importance of using soil series-based geochemical background values when calculating the enrichment factor in agricultural areas. Environmental Geochemistry and Health, 45(8), 6215-6230.
- Bolat İ, Kara Ö, 2017. Bitki besin elementleri: kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 19(1): 218-228.
- FAO, 2006. Guidelines for soil description. Editor: Jahn, R., Blume, H. P., Asio, V. B., Spaargaren, O., & Schad, P.. FAO.
- Gardiner DT, Miller RW, 2008. Soils in our environment. 11th Edition, Pearson/Prentice Hall, Upper Saddle Hill, Ne Jersey, USA.
- Günel H, 2006. Ardışık iki topografya'da yer alan toprakların oluşumları ve sınıflamaları. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG), 23(2), 59-68
- Hartemink AE, Zhang Y, Bockheim JG, Curi N, Silva SHG, Grauer-Gray J, ... Krasilnikov P, 2020. Soil horizon variation: A review. Advances in Agronomy, 160(1), 125-185.
- Kacar B, 2016. Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analizleri. Nobel Akademi. Yayın No: 1524, Ankara
- Koca YK, 2014. Toprak etüdlerinde uzman gereksinimini azaltacak yöntemlerin Adana ili örneğinde araştırılması. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Lindsay WL, Norwell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Sci. Soc. Am. J., 42:421-428
- Loue AT, 1987. Les Oligo-Elements in Agriculture. Editions de la nouvelle librairie (IS). Paris.
- Taşkın MB, Balcı M, Soba MR, Kaya EC, Özer P, Tanyel G, Kabaoğlu A, Turan MA, Taban S, 2015. Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt durumları. Toprak Su Dergisi, 4(2), 30-40.
- Turan MA, Katkat AV, Özsoy G, Taban S, 2010. Bursa ili alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(1), 115-130.
- Tümsavaş Z, 2003. Bursa İli Vertisol büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleriyle belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 17(2): 9-21.
- Yalçın M, Çimrin KM, 2019. Şanlıurfa-Siverek'te yaygın toprak gruplarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. KSÜ Tarım ve Doğa Derg 22(1):1-13.
- Weindorf DC, Zhu Y, Haggard B, Lofton J, Chakraborty S, Bakr N, ... Legoria M, 2012. Enhanced pedon horizonation using portable X-ray fluorescence spectrometry. Soil Science Society of America Journal, 76(2), 522-531.



## Ticari firmaların önerdiği organik gübre kullanım dozlarının kavun üretimindeki etkileri

 Ahmet Şafak MALTAŞ\*

Akdeniz Üniversitesi Finike MYO Bahçe Tarımı Programı, Antalya

### Öz

Bu araştırmada, işlenmiş organik gübre üreten 4 farklı ticari firmanın, kavun üreticilerine önermiş oldukları kullanım dozlarının, kavun bitkisinin beslenmesine, meyve kalitesi ve verimine olan etkileri araştırılmıştır. Ticari firmaların önerdiği dozlarda kullanılan organik gübre uygulamalarının hepsi kavun yapraklarında bulunan azot, potasyum, demir ve mangan elementlerinin konsantrasyonlarını artırmıştır. Yapraklarda bulunan fosfor elementinin konsantrasyonu ise sadece tavuk ve küçükbaş hayvan gübresi uygulamalarında artmıştır. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak; meyve dış kabuk renginin L\*, C\* ve h değerleri ile meyve içi renginin C\* değeri genellikle azalmıştır. Kavun meyvelerinin verimi incelendiğinde; ticari firmalar tarafından önerilen dozlarda uygulanan tüm organik gübre uygulamaları meyve verimini artırmıştır. En yüksek meyve verimi büyükbaş hayvan gübresi dozundan elde edilmiş olup, ticari firmalar tarafından önerilen küçükbaş hayvan gübresi dozundan %8.36, verimikompost dozundan %15.89 ve tavuk gübresi dozundan %15.13 oranında daha yüksektir. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak suda çözülebilir kuru madde (SÇKM) değeri ve meyve içi sertlik değeri kontrol uygulamasına oranla artmıştır. Organik gübre uygulamalarının meyve pH değeri üzerine olan etkileri incelendiğinde ise en yüksek değer küçükbaş hayvan gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde; özellikle kavun bitkisinin verim değerleri dikkate alındığında, açık tarla kavun yetiştiriciliği için en uygun organik gübre kullanım dozunun, büyükbaş hayvan gübresi üreten firma tarafından belirlendiği tespit edilmiştir. Benzer çalışmalar diğer bitkiler içinde yapılmalıdır.

**Anahtar Kelimeler:** Kavun, bitki beslenmesi, organik gübre, meyve verimi ve kalitesi.

## The effects of organic fertilizer doses recommended by commercial companies on melon production

### Abstract

In this study, the effects of the doses recommended to melon producers by 4 different commercial companies producing processed organic fertilizers on melon plant nutrition, fruit quality and yield were investigated. All of the organic fertilizer applications used at the doses recommended by the commercial companies increased the concentrations of nitrogen, potassium, iron and manganese elements in melon leaves. The concentration of phosphorus element in the leaves increased only in chicken and ovine manure treatments. L\*, C\* and h values of fruit outer skin color and C\* value of fruit inner color generally decreased due to organic fertilizer treatments. When the yield of melon fruits was examined; all organic fertilizer treatments applied at the doses recommended by commercial companies increased the fruit yield. The highest fruit yield was obtained from bovine manure dose and it was 8.36%, 15.89% and 15.13% higher than the doses recommended by commercial companies such as bovine manure dose, vermicompost dose and chicken manure dose, respectively. Water soluble dry matter (WDSM) value and in-fruit firmness value increased due to organic fertilizer treatments compared to the control treatment. When the effects of organic fertilizer applications on fruit pH value were examined, the highest value was obtained from ovine manure application. When the results obtained from the research were evaluated; it was determined that the most appropriate organic fertilizer usage dose for open field melon cultivation was determined by the company producing cattle manure, especially considering the yield values of melon plant. Similar studies should be conducted for other crops.

**Keywords:** Melon, plant nutrition, organic fertilizer, fruit yield and quality.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (535) 378 8686

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 4 Şubat 2025

Kabul Tarihi : 28 Mayıs 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1633104

## Giriş

Kavun (*Cucumis melo* ssp. *melo*), yapısında bulundurduğu mineral maddeler, vitaminler, antioksidan özellikte bileşikler ve insan sağlığı üzerine olan olumlu etkiler nedeniyle dünyada en çok tüketilen meyvelerden biridir (Rolim ve ark. 2020; Manchali ve ark. 2021). Kavun meyvesi A ve C vitaminleri, riboflavin ve tiamin, folik asit açısından oldukça zengin bir kaynaktır (Dishri ve Thakur 2024). 100 gram kavun meyvesinin 17 mg fosfor, 12 mg kalsiyum, 8 g karbonhidrat, 1 g diyet lif ve 31 kcal enerji içerdiği bildirilmiştir (Enujiugha ve ark. 2023). Ayrıca kavun, düşük enerji kapsamına rağmen; yüksek su,  $\beta$ -karoten ve potasyum içeriği nedeniyle de önemli meyvelerin başında gelmektedir (Gurjar ve ark. 2024). Kavun, tüylü gövde yapısına sahip, kazık köklü tek yıllık bir bitkidir. Kavun türü, şekil, boyut, et rengi, tatlılık, sertlik, asitlik, aroma, şeker bileşimi gibi meyve özellikleri açısından son derece yüksek genetik varyasyon göstermektedir (Mamatha 2016; Sudhakara ve Manchali, 2016; Lija ve Beevy 2021). Ilıman iklimlerde daha iyi gelişen kavun bitkisi optimum gelişimi için 18-24°C aralığında sıcaklık istemektedir (Weng ve ark. 2022). Ayrıca yetiştirme ortamının 30°C'nin üzerine çıkması veya 10°C'nin altına düşmesi durumunda kavun bitkisinin gelişimini ve verimi düşmektedir (Kumar ve Reddy 2021; Moreno-Delafuente ve ark. 2021). 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. Artan çevresel duyarlılık ve sürdürülebilir tarım uygulamalarıyla birlikte, organik gübrelerin üretiminde ve kullanımında belirgin bir artış gözlenmektedir (Kalkan ve ark. 2017). Kullanılan organik gübreler toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmekte ve sürdürülebilir toprak verimliliğine katkı sağlamaktadır (Bhunia ve ark. 2021).

Bitkisel üretimde kullanılmak üzere organik gübre kaynağı olarak bitkisel ve hayvansal olmak üzere pek çok alternatif bulunmaktadır. Üretim miktarları ve kullanım miktarları düşünüldüğünde organik gübre kaynaklarından en yaygın kullanılanların başında büyükbaş hayvan gübresi, küçükbaş hayvan gübresi, vermikompost ve tavuk gübresi gelmektedir. Organik gübreler kaynaklarından alındıktan sonra doğrudan kullanıldığında üreticiler açısından çeşitli sorunlar barındırdığı bilinmektedir (Bhunia ve ark. 2021). Organik gübrelerin etkili ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi için, içerdiği potansiyel sorunların giderilmesi önemlidir. Bu amaçla, organik gübrelerin ön işleminden geçirilmesi için en yaygın yöntemlerden biri kompostlaştırmadır (Maltaş ve ark. 2018). Bu nedenle günümüzde organik gübreleri kompostlayarak işledikten sonra üreticilere satan ticari firmalar bulunmaktadır. Ticari organik gübre üreticileri, her bir ürün için içeriğine ve kullanım amacına bağlı olarak farklı uygulama dozları önermektedir. Bu nedenle farklı gübre kaynakları için üreticilere önerilen her gübrenin bir biri ile kıyaslanması gerekmektedir. Ticari firmalar kıyaslama durumunu üreticilere bırakmaktadır. Bu çalışma, üreticilere sunulan farklı işlenmiş organik gübrelerin, her bir firmanın kavun üreticilerine önerdiği dozlarda uygulanarak karşılaştırılmasının gerekli olduğu düşüncesiyle planlanmış; bu doğrultuda, söz konusu gübrelerin kavun yetiştiriciliğinde verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmak amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi Finike Meslek Yüksekokulu'na ait 1 nolu uygulama arazisinde tarla koşullarında, 5 farklı uygulama ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çalışmanın birinci ve ikinci yetiştirme dönemlerinde ölçülen yıllık ortalama yağış, yıllık ortalama sıcaklık ve yıllık ortalama nem değerleri sırası ile 921.7 mm ve 634.5 mm 20.30 °C ve 20.52 °C, %56.33 ve %58.88 dür.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı özellikleri

| Toprak özelliği                  | Toprak analizi sonucu |
|----------------------------------|-----------------------|
| Organik madde (%)                | 1.83                  |
| Kireç (%)                        | 25.3                  |
| pH                               | 7.24                  |
| EC (dS/m)                        | 0.32                  |
| Tekstür                          | Kumlu tın             |
| Toplam Azot (%)                  | 0.09                  |
| Alınabilir Fosfor (ppm)          | 43.0                  |
| Değişebilir Potasyum (me/100 g)  | 0.75                  |
| Değişebilir Kalsiyum (me/100 g)  | 15.87                 |
| Değişebilir Magnezyum (me/100 g) | 1.62                  |

Araştırma konuları oluşturulurken her organik gübreyi üreten ticari firmanın kavun bitkisi için önerdiği kullanım dozları dikkate alınmıştır. Bu kapsamda oluşturulan araştırma konuları; U1: kimyasal gübre, U2: 1700 kg ha<sup>-1</sup> küçükbaş hayvan gübresi+kimyasal gübre, U3: 1750 kg ha<sup>-1</sup> büyük baş hayvan gübresi+kimyasal gübre U4: 800 kg ha<sup>-1</sup> vermikompost+kimyasal gübre, U5: 1700 kg ha<sup>-1</sup> tavuk gübresi+kimyasal gübre olarak belirlenmiştir. Organik gübre uygulamaları fide dikimden 12 gün önce parsellere homojen şekilde uygulanmış ve 0-20 cm toprak derinliğine karıştırılmıştır. Araştırmada kullanılan organik gübrelerin firma beyanlarına göre içeriği Çizelge 2'de verilmektedir. Kimyasal gübreleme olarak, 14 kg da<sup>-1</sup> Amonyum Sülfat, 12 kg da<sup>-1</sup> MAP, 40 kg da<sup>-1</sup> 16.8.24, 5 kg da<sup>-1</sup> Potasyum Sülfat ve 3 kg da<sup>-1</sup> magnezyum sülfat gübreleri damlama sulama yöntemi ile toplamda 12 seferde uygulanmıştır. Araştırmada Memory F1 kavun çeşidi kullanılmıştır. Kavun fideleri pratik yetiştiriciliğe uygun olacak şekilde, sıra arası 2 metre ve sıra üzeri 0.8 metre olacak şekilde her iki yetiştirme döneminde de Mart ayının 3. haftası dikilmiştir. Hasatlar, her iki yetiştirme döneminde de Haziran ayının 2. ve 3. haftası olacak şekilde yapılmıştır. Araştırmada yabancı ot gelişiminin engellenmesi amacı ile dikimden 10 gün sonra siyah malç çekilmiştir. Deneme sırasında çekilmiş olan bazı görseller Şekil 1'de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede kullanılan kompostlaştırılmış ticari organik gübrelerin firma beyanlarına göre bazı özellikleri.

| Kriter                      | Analiz sonucu |          |              |       |
|-----------------------------|---------------|----------|--------------|-------|
|                             | Küçükbaş      | Büyükbaş | Vermikompost | Tavuk |
| pH                          | 8-10          | 7-9      | 6.0-8.0      | 6.20  |
| Toplam organik madde (%)    | 70            | 35       | 45           | 72.06 |
| EC dS/m                     | 7.5           | 11.2     | 6.0          | 2.60  |
| Toplam azot (%)             | 1.5           | 1.0      | 3.0          | 2.20  |
| Toplam fosfor (%)           | -             | -        | 1.5          | 1.76  |
| Toplam potasyum (%)         | 2             | -        | 1.0          | 1.62  |
| Toplam hümk-fulvik asit (%) | 28            | 15       | 25           | 61.5  |
| C/N oranı                   | 18            | 18.84    | 9.1          | 17.4  |



Şekil 1. Denemenin bazı aşamalarından görüntüler

Deneme toprağının özelliklerinin belirlenmesi amacı ile deneme kurulmadan alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (1:2.5<sup>-1</sup> toprak su karışımı) (Bower and Wilcox 1965), pH (1:2.5<sup>-1</sup> toprak su karışımı) (Jackson, 1967), kireç (CaCO<sub>3</sub>) (Evliya, 1964), organik madde (Black, 1965), tekstür (Bouyoucos, 1955), toplam N (Black, 1957), alınabilir P (Olsen ve Sommer 1982), ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg (Kacar, 1972) analizleri yapılmıştır. Yaprak örneklemede kavun bitkisinin en uç kısmından geriye doğru sayarak gelişmesini tamamlamış 5. ve 6. yapraklar alınmıştır. Her parselden 20 adet yaprak alınmıştır. Yaprak örnekleri yıkandıktan sonra 65 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal 2008). Bitki analizleri için kavun 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 (Kacar ve İnal 2008) ICP-OES cihazında okunmuştur.

Kavun meyvelerinde suda çözülebilir kuru madde (SÇKM) miktarı belirlemek üzere meyve örnekleri katı meyve sıkacağından geçirilmiş ve meyve usaresi elde edilmiştir. Bu süzüntüden alınan örneklerde bulunan SÇKM değerleri dijital refraktometre ile (Hanna HI96801, Hanna Instruments, USA) belirlenmiştir. Çalışmada meyve içi sertliği el penetromesi yardımıyla meyve ikiye bölündükten sonra meyve içinden üç farklı noktadan ölçülmüştür.

Kavun meyvelerinin renk ölçümleri Minolta CR-400 (MINOLTA Camera Co, LTD Ramsey, NJ) marka renk ölçer ile L\*, C\* ve h renk düzleminde belirlenmiştir (McGuire, 1992). Meyvelerin dış kabuk renginin belirlenmesi için ekvator bölgesinden üç farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Meyve eti rengini belirlemek için meyveler kesildikten sonra meyvenin iç kısmından 3 farklı noktadan ölçüm yapılmıştır. Dekara verim değeri, her parselden elde edilen toplam verim değerlerinin dekara çevrilmesi ile hesaplanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Uygulamalarının kavun bitkisinin yapraklarının makro besin elementi konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 3'de verilmiştir. Kavun yaprakların azot, fosfor ve potasyum beslenmesi üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksyonunun etkileri önemli bulunmuştur. Kavun bitkisinin yaprakları için bildirilen (Jones ve ark. 1991) sınır değerler dikkate alındığında, kavun yapraklarının azot konsantrasyonu kontrol uygulamasında noksan olarak belirlenmiştir. Kavun yapraklarında bulunan azot konsantrasyonunun, bütün organik gübre uygulamalarında yeterli düzeyde olduğu tespit edilmiştir. Yaprak sınır değerlerine göre kıyaslandığında; bütün uygulamalarda, potasyum konsantrasyonunun noksan, fosfor ve magnezyum konsantrasyonunun yeterli ve kalsiyum konsantrasyonunun fazla olduğu belirlenmiştir.

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

| Uygulamalar | N (%)    |          |       | P (%)    |          |       | K (%)    |          |        | Ca (%)   |          |      | Mg (%)   |          |      |
|-------------|----------|----------|-------|----------|----------|-------|----------|----------|--------|----------|----------|------|----------|----------|------|
|             | 1. dönem | 2. dönem | Ort.  | 1. dönem | 2. dönem | Ort.  | 1. dönem | 2. dönem | Ort.   | 1. dönem | 2. dönem | Ort. | 1. dönem | 2. dönem | Ort. |
| U1          | 3,97 c   | 4.16c    | 4.07c | 0,33b    | 0.32c    | 0.33c | 2,84 c   | 3.09b    | 2.97c  | 3,82     | 3,93     | 3,88 | 0,38     | 0,41     | 0,39 |
| U2          | 4,68b    | 4.82b    | 4.75b | 0,45a    | 0.47a    | 0.46a | 3,71 a   | 3.66a    | 3.69a  | 3,23     | 3,31     | 3,27 | 0,40     | 0,38     | 0,39 |
| U3          | 5,50a    | 5.75a    | 5.63a | 0,35 b   | 0.35c    | 0.35c | 3,27b    | 3.38ab   | 3.33b  | 3,30     | 3,20     | 3,25 | 0,39     | 0,43     | 0,41 |
| U4          | 4,69b    | 5.09b    | 4.89b | 0,32 b   | 0.34c    | 0.33c | 3,70a    | 3.51a    | 3.61a  | 3,68     | 3,89     | 3,78 | 0,45     | 0,47     | 0,46 |
| U5          | 5,35a    | 6.08a    | 5.72a | 0,42 a   | 0.42b    | 0.42b | 3,11bc   | 3.31ab   | 3.21bc | 3,33     | 3,33     | 3,33 | 0,40     | 0,43     | 0,42 |
| Önemlilik   | **       | **       | **    | **       | ***      | ***   | **       | **       | ***    | ö.d.     | ö.d.     | ö.d. | ö.d.     | ö.d.     | ö.d. |
| Minimum     | 3,97     | 4,16     | 4,07  | 0,32     | 0,32     | 0,33  | 2,84     | 3,09     | 2,97   | 3,23     | 3,2      | 3,25 | 0,38     | 0,38     | 0,39 |
| Maksimum    | 5,5      | 6,08     | 5,72  | 0,45     | 0,47     | 0,46  | 3,71     | 3,66     | 3,69   | 3,82     | 3,93     | 3,88 | 0,45     | 0,47     | 0,46 |

\* : Significant at  $P \leq 0.05$ , \*\* : Significant at  $P \leq 0.01$ , \*\*\* : Significant at  $P \leq 0.001$ , ö.d: Önemsiz

Kavun yapraklarında bulunan azot konsantrasyonu incelendiğinde, her iki dönemde de minimum azot konsantrasyonu kontrol uygulamasında elde edilmiştir. Organik gübre uygulamaları kavun yapraklarının azot konsantrasyonunu artırmış ve kavun yapraklarında bulunan en yüksek azot konsantrasyonu 1. dönemde U3 uygulamasından 2. dönem de ise U5 uygulamasından elde edilmiştir. Kavun yapraklarında bulunan fosfor konsantrasyonu incelendiğinde ise en düşük fosfor konsantrasyonu kontrol, U3 ve U4 uygulamalarından elde edilirken, kavun yapraklarında bulunan en yüksek fosfor konsantrasyonu her iki dönemde U2 uygulamasından elde edilmiştir. Kavun yapraklarının potasyum konsantrasyonu incelendiğinde, en düşük potasyum konsantrasyonu her iki dönemde de kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kavun yapraklarında bulunan en yüksek potasyum konsantrasyonları ise U2 ve U4 uygulamalarından elde edilmiştir. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak yaprakların besin elementi konsantrasyonunun arttığı pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir (Ayoola ve Makinde 2007; Bagheri ve ark. 2021). Kavun yapraklarının azot elementi konsantrasyonunun 1. yetiştirme dönemine oranla ikinci yetiştirme döneminde tüm organik gübre uygulamalarında daha yüksek çıkmıştır. Bu durum organik gübrenin birikim etkisinden kaynaklandığı düşünülmektedir (Anwar ve ark. 2005; Bhunia ve ark. 2021).

Organik gübre uygulamalarının kavun bitkisinin yapraklarının mikro besin elementi konsantrasyonu üzerine etkileri Çizelge 4'de verilmiştir. Yaprakların demir ve mangan beslenmesi üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksyonunun etkileri önemli bulunmuştur. Kavun bitkisi yapraklarının mikro element beslenmesi için bildirilen sınır değerler (Jones ve ark. 1991) dikkate alındığında demir, çinko ve bakır elementlerinin tüm uygulamalarda yeterli konsantrasyonda olduğu ancak mangan konsantrasyonunun tüm

uygulamalarda noksan olduğu belirlenmiştir. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak kavun yapraklarında bulunan demir ve mangan elementlerinin konsantrasyonu artmıştır. Yüksek pH ve kireç içeriğine sahip topraklarda demir, mangan, çinko ve bakır elementlerinin alınabilirliği düşmektedir (Kuang ve ark. 2021; Kadifeci ve ark. 2024). Denemenin yürütüldüğü toprağın özellikleri dikkate alındığında, kavun yapraklarında bulunan demir ve mangan konsantrasyonunun, ticari firmaların önerdiği tüm organik gübre uygulamalarında kontrole oranla artmış olması oldukça önemli bir bulgudur. Kavun yapraklarında bulunan çinko elementi miktarı incelendiğinde ise, en yüksek değer U2 uygulamasından elde edildiği ve kontrol uygulamasına göre % 23.06 daha yüksek olduğu görülmektedir.

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

| Uygulamalar | Fe (ppm) |          |          | Zn (ppm) |          |          | Mn (ppm) |          |          | Cu (ppm) |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|             | 1. dönem | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem | 2. dönem | Ortalama |
| U1          | 128,30b  | 123.13c  | 125.72c  | 20,37    | 21.43    | 20.90    | 26,50c   | 26.73d   | 26.62d   | 10.53    | 9.90     | 10.22    |
| U2          | 179,30ab | 182.70ab | 181.00ab | 25,60    | 25.83    | 25.72    | 35,50b   | 35.97b   | 35.73b   | 9,21     | 8.89     | 9.05     |
| U3          | 199,00a  | 205.03a  | 202.01a  | 24,03    | 24.53    | 24.28    | 34,20b   | 34.53bc  | 34.37b   | 8,67     | 8.20     | 8.43     |
| U4          | 175,63ab | 166.30b  | 170.97b  | 20,53    | 22.17    | 21.35    | 32,17b   | 32.83c   | 32.50c   | 8,19     | 8.49     | 8.34     |
| U5          | 173,23ab | 176.40ab | 174.82b  | 24,06    | 24.81    | 24.45    | 42,40a   | 42.90a   | 42.65a   | 8.00     | 8.57     | 8.28     |
| Önemlilik   | **       | **       | **       | ö.d.     | ö.d.     | ö.d.     | **       | **       | **       | ö.d.     | ö.d.     | ö.d.     |
| Minimum     | 128.30   | 123.13   | 125.72   | 20.37    | 21.43    | 20.90    | 26.50    | 26.73    | 26.62    | 8.00     | 8.20     | 8.28     |
| Maksimum    | 199.00   | 205.03   | 202.00   | 25.60    | 25.83    | 25.72    | 42.40    | 42.90    | 42.65    | 10.53    | 9.90     | 10.22    |

\* : Significant at  $P \leq 0.05$ , \*\* : Significant at  $P \leq 0.01$ , ö.d.: Önemli

Organik gübre uygulamalarının kavun bitkisinin meyvesinin kabuk dış rengi ve meyve eti rengi üzerine olan etkileri Çizelge 5'de verilmiştir. Meyvelerin kabuk dış renginin L\*, C\* ve h değerleri üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksiyonunun etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca meyve eti renginin C\* değeri üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksiyonunun etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak meyve dış kabuk renginin L\*, C\* ve h değerlerinin genellikle düştükleri belirlenmiştir. Ayrıca meyve içi rengin de C\* değerinin düştüğü tespit edilmiştir. Organik gübre uygulamalarının meyve eti rengi üzerine etkili olduğu bildirilmektedir (Maltaş, 2023).

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

| Uygulamalar | Meyve dış kabuk rengi |          |        |          |          |        |          |          |        | Meyve eti rengi |          |       |          |          |        |          |          |        |
|-------------|-----------------------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|-----------------|----------|-------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|
|             | L değeri              |          |        | C değeri |          |        | h değeri |          |        | L değeri        |          |       | C değeri |          |        | h değeri |          |        |
|             | 1. dönem              | 2. dönem | Ort.   | 1. dönem | 2. dönem | Ort.   | 1. dönem | 2. dönem | Ort.   | 1. dönem        | 2. dönem | Ort.  | 1. dönem | 2. dönem | Ort.   | 1. dönem | 2. dönem | Ort.   |
| U1          | 77,95 a               | 78.39a   | 78.17a | 60,89a   | 59.73a   | 60.31a | 93,91a   | 94.68a   | 94.30a | 75,04           | 75.87    | 75.45 | 36,80a   | 37.00a   | 36.90a | 115,98   | 115.83   | 115.91 |
| U2          | 73,43 c               | 74.31b   | 73.87b | 46,75b   | 47.59c   | 47.17c | 89,13b   | 88.83b   | 88.98c | 75,03           | 76.25    | 75.64 | 31,85b   | 32.32b   | 32.09b | 114,21   | 113.27   | 113.74 |
| U3          | 76,8 ab               | 77.29a   | 77.08a | 52,46b   | 51.20bc  | 51.83b | 90,75b   | 90.30b   | 90.53b | 76,34           | 76.71    | 76.53 | 31,23b   | 31.71b   | 31.47b | 116,25   | 117.05   | 116.65 |
| U4          | 76,54ab               | 76.69ab  | 76.61a | 51,92b   | 52.54b   | 52b23b | 90,80b   | 90.38b   | 90.59b | 70,13           | 70.63    | 70.37 | 28,47b   | 27.86c   | 28.16c | 116,23   | 116.74   | 116.49 |
| U5          | 74,99bc               | 74.26b   | 74.63b | 49,19b   | 48.75bc  | 48b97c | 90,78b   | 90.24b   | 90.51b | 71,13           | 71.25    | 71.19 | 32,44b   | 33.29b   | 32.87b | 116,90   | 116.75   | 116.83 |
| Önemlilik   | **                    | **       | ***    | **       | ***      | **     | **       | ***      | **     | ö.d.            | ö.d.     | ö.d.  | **       | **       | ***    | ö.d.     | ö.d.     | ö.d.   |
| Minimum     | 73.43                 | 74.26    | 73.87  | 46.75    | 47.59    | 47.17  | 89.13    | 88.83    | 88.98  | 70.13           | 70.63    | 70.37 | 28.47    | 27.86    | 28.16  | 114.21   | 113.27   | 113.74 |
| Maksimum    | 77.95                 | 78.39    | 78.17  | 60.89    | 59.73    | 60.31  | 93.91    | 94.68    | 94.30  | 76.34           | 76.71    | 76.53 | 36.80    | 37.00    | 36.90  | 116.90   | 116.75   | 116.83 |

\* : Significant at  $P \leq 0.05$ , \*\* : Significant at  $P \leq 0.01$ , \*\*\* : Significant at  $P \leq 0.001$ , ö.d.: Önemli

Organik gübre uygulamalarının kavun bitkisinin bazı meyve kalite kriterleri ve verimi üzerine olan etkileri Çizelge 6'da verilmiştir. Meyvelerin SÇKM, meyve içi sertlik ve meyve verimi değerleri üzerine uygulamaların ve dönem\*uygulama interaksiyonunun etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca meyve suyu pH değeri üzerine dönem\*uygulama interaksiyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. Ticari firmaların kavun bitkisi için üreticilere önerdiği dozlara kullanılan her organik gübre kimyasal gübreyle oranla verimi artırdığı belirlenmiştir. Kavun bitkisinin verim değeri kontrole oranla en düşük U4 uygulamasında (%24.79), en yüksek U3 uygulamasında (%44.62) artış göstermiştir. Ticari firmaların önerdiği dozlar kendi içerisinde kıyaslandığında ise U3 uygulaması hariç diğer uygulamalar arasında kavun

bitkisinin verim değeri açısından istatistiksel olarak farklılık bulunmamaktadır. Bu durum U1, U2 ve U4 gübrelerini üreten firmaların, kavun için önerdiği dozların, verim değeri açısından aynı etkiyi oluşturduğunu göstermiştir. Ancak tüm organik gübreler kıyaslandığında üreticiler açısından en önemli kriterler olan verim değeri üzerine en etkili kullanım dozu önerisinin U3 gübresinden elde edilmiştir.

Çizelge 6. Uygulamaların kavun bitkisinin meyve kalitesi ve verimi üzerine etkileri

| Uygulamalar | SÇKM (%) |          |          | Meyve pH'sı |          |          | Meyve içi sertlik (N) |          |          | Verim (ton/da) |          |          |
|-------------|----------|----------|----------|-------------|----------|----------|-----------------------|----------|----------|----------------|----------|----------|
|             | 1. dönem | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem    | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem              | 2. dönem | Ortalama | 1. dönem       | 2. dönem | Ortalama |
| U1          | 7,30c    | 7.70b    | 7.50b    | 6,46        | 6.53     | 6.50bc   | 4,24b                 | 4.68b    | 4.46c    | 2.24c          | 2.59bc   | 2.42c    |
| U2          | 9,10ab   | 9.37a    | 9.23a    | 6,73        | 6.77     | 6.75a    | 5,63a                 | 5.68a    | 5.66a    | 3.28b          | 3.17b    | 3.23b    |
| U3          | 7,87c    | 8.33b    | 8.10b    | 6,55        | 6.61     | 6.58ab   | 4,37b                 | 4.54b    | 4.45c    | 3.53a          | 3.47a    | 3.50a    |
| U4          | 8,03bc   | 7.77b    | 7.90b    | 6,46        | 6.41     | 6.43bc   | 4,85ab                | 5.01ab   | 4.93b    | 2.97bc         | 3.06b    | 3.02b    |
| U5          | 9,43a    | 9.70a    | 9.57a    | 6,36        | 6.32     | 6.34c    | 5,06ab                | 6.09a    | 5.58ab   | 3.16b          | 2.92bc   | 3.04b    |
| Önemlilik   | *        | **       | **       | ö.d.        | ö.d.     | **       | **                    | **       | ***      | **             | **       | **       |
| Minimum     | 7.30     | 7.70     | 7.50     | 6.36        | 6.32     | 6.34     | 4.24                  | 5.68     | 4.46     | 2.24           | 2.59     | 2.42     |
| Maksimum    | 9.43     | 9.70     | 9.57     | 6.73        | 6.77     | 6.75     | 5.63                  | 6.09     | 5.66     | 3.53           | 3.47     | 3.50     |

\* : Significant at  $P \leq 0.05$ , \*\* : Significant at  $P \leq 0.01$ , \*\*\* : Significant at  $P \leq 0.001$ , ö.d: Önemsiz

Çalışmada kullanılan organik gübre üreten firmaların açık tarla kavun yetiştiriciliği için önerdiği dozları özellikle benzer koşullarda üretim yapan üreticiler açısından yeniden değerlendirmelerinin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Organik gübre uygulamaları kavunun meyve içi sertliği değerini kontrole uygulamasına oranla genellikle artırmıştır. Organik gübre uygulamaları ile yetiştirilen kavunların daha uzun raf ömrünün olabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca bir diğer dikkat edilmesi gereken konunun kavun bitkisinin hasat edilmesi genellikle dış rengine göre yapılmaktadır. Organik gübre uygulamalarının meyve içi sertliği yükselttiği dikkate alındığında, özellikle meyvelerin hemen tüketilecek olduğu durumlarda, dış kabuk rengi yeterli olgunluk belirtisi verse bile; meyvelerin bir süre daha geç hasat edilmesinin faydalı olabileceği öngörülmektedir. Organik gübrelerin meyvelerin SÇKM değerlerin kontrol uygulamasına oranla artırdığı belirlenmiştir. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak meyve kalite kriterlerinin arttığını bildiren çalışmalar bulunmaktadır (Negi ve ark. 2021; Aitbayeva ve ark. 2022; Agustono ve ark. 2023).

## Sonuç

İşlenmiş organik gübre üreten ticari firmaların, kavun üreticilerine önermiş oldukları büyükbaş hayvan gübresi, küçükbaş hayvan gübresi, vermikompost ve tavuk gübresi kullanım dozlarının, kavun yapraklarında bulunan makro element kapsamı üzerine etkileri incelendiğinde, azot ve potasyum elementleri bütün organik gübre uygulamalarında artarken; fosfor elementinin kapsamı sadece tavuk ve küçükbaş hayvan gübresi uygulamalarında artmıştır. Yaprakların mikro element kapsamı değerlendirildiğinde ise demir ve mangan beslenmesi bakımından ticari firmaların önerdiği organik gübre dozları kontrole oranla artış sağlamıştır. Organik gübre uygulamalarına bağlı olarak; meyve dış kabuk renginin L, C ve h değerleri ile meyve içi renginin C\* değeri genellikle azalmıştır. Kavun meyvelerinin verimi ve kalitesi incelendiğinde tüm organik gübre uygulamaları meyve verimini, SÇKM değerini ve meyve içi sertlik değerini kontrole oranla artırmıştır. Meyve pH değeri incelendiğinde ise en yüksek değer küçükbaş hayvan gübresi uygulamasından elde edilmiştir.

Ticari firmaların önerdiği dozlar kendi içerisinde kıyaslandığında en yüksek verim değeri büyükbaş hayvan gübresi uygulamasından elde edilmiştir. Önerilen büyük baş hayvan gübresi dozundan elde edilen kavun verimi ticari firmalar tarafından önerilen küçükbaş hayvan gübresi dozundan %8.36, vermikompost dozundan %15.89 ve tavuk gübresi dozundan %15.13 oranında daha yüksektir. Çalışmadan elde edilen özellikle verim değerleri dikkate alındığında kavun yetiştiriciliği açısından en iyi organik gübre dozu önerisi büyükbaş hayvan gübresi üreten firma tarafından önerilen doz olarak belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan küçükbaş hayvan gübresi, vermikompost ve tavuk gübresi üreten firmaların, açık tarla kavun yetiştiriciliği yapan üreticilere önerdiği kullanım dozlarını özellikle kum içeriği yüksek toprak koşulları için yeniden değerlendirmelerinin faydalı olabileceği düşünülmektedir. Organik gübrelerin kullanım dozlarını karşılaştıran benzer çalışmalar, diğer bitkiler içinde yapılmalıdır.

## Kaynaklar

- Agustono A, Irawan E, Suci Andriani I. 2023. Organic Fertilizer and Technical Efficiency in Melon Cultivation in Wonogiri, Central Java. *International Journal of Current Science Research and Review*, 6(04), 2643-2648.
- Aitbayeva AT, Zorzhonov BD, Kossanov SU, Koshmagambetova MZ, Balgabayeva RK. 2022. Effect of biological and organic fertilizers on growth processes, productivity and quality of melon fruits under Southeastern Kazakhstan. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 1043, No. 1, p. 012048). IOP Publishing.
- Anwar M, Patra DD, Chand S, Alpesh K, Naqvi AA, Khanuja SPS. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(13-14), 1737-1746.
- Ayoola OT, Makinde EA. 2007. Complementary organic and inorganic fertilizer application: influence on growth and yield of cassava/maize/melon intercrop with a relayed cowpea. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 1(3), 187-192.
- Bagheri S, Hassandokht MR, Mirsoleimani A, Mousavi A. 2021. Effects of palm leaf biochar on the availability of soil nutrients, leaf nutrient concentration, and physiological characteristics of melon plants (*Cucumis melo* L.) under drought stress. *Acta Agrobotanica*, 73(1).
- Bhunias S, Bhowmik A, Mallick R, Mukherjee J. 2021. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 823.
- Bhunias S, Bhowmik A, Mallick R, Mukherjee J. 2021. Agronomic efficiency of animal-derived organic fertilizers and their effects on biology and fertility of soil: A review. *Agronomy*, 11(5), 823.
- 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.
- Dishri M, Thakur N. 2024. Melon. *Nutraceuticals from Fruit and Vegetable Waste*, 349-402.
- Enujiughva VN, Adeyemo MB, Adisa AM. 2023. Nutritional and safety implications of consuming melon seeds and impacts on international trade: A review. *Food and Humanity*, 1, 241-249.
- Evliya H. 1964. *Kültür Bitkilerinin Beslenmesi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 36: 292-294.
- Gurjar PS, Berwal MK, Samadia DK, Ram H, Verma AK. 2024. Optimizing snap melon (*Cucumis melo* var. *momordica*) puree processing, sustainable long-term preservation and value addition. *Journal of Food Science and Technology*, 1-11.
- Jackson MC, 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jones JB Jr, Wolf B, Mills HA. 1991. *Plant analysis handbook*. Mikro-Makro Publishing, Inc. Georgia 30607, USA.
- 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.
- Kadifeci H, Dikici H, Demir ÖF. 2024. Effect of Active Lime on the Availability of Metal Micronutrients. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 11(2), 347-356.
- Kalkan H, Gözükar G, Kaplan M. 2017. Sera güzlük domates yetiştiriciliğinde yeni eğilim: sıvı organik gübre tüketimi. *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences* 2(3): 92-100.
- Kuang X, Si K, Song H, Peng L, Chen A. 2021. Lime-phosphorus fertilizer efficiently reduces the Cd content of rice: physicochemical property and biological community structure in Cd-polluted paddy soil. *Frontiers in Microbiology*, 12, 749946.
- Kumar R, Reddy KM. 2021. Impact of climate change on cucurbitaceous vegetables in relation to increasing temperature and drought. *Advances in Research on Vegetable Production Under a Changing Climate Vol. 1*, 175-195.
- Lija M, Beevy SS. 2021. A Review on the diversity of Melon. *Plant Science Today*, 8(4), 995-1003.
- Maltaş AŞ. 2023. Kompostlaştırılmış büyükbaş hayvan gübresinin aşısız karpuz üretimindeki kullanım etkinliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 11(2) 75 - 81.
- Maltaş AŞ, Kaya İ, Kaplan M. 2018. Organik Gübre Kalitesine Genel bir Bakış: Yabancı Ot Varyasyonu. *Akademia Disiplinlerarası Bilimsel Araştırmalar Dergisi* 4 (1), 1-7
- Mamatha S. 2016. *Studies on Genetic Diversity Using Morphological Characters and Health Beneficial Components in Muskmelon (Cucumis melo L.)* (Doctoral dissertation, University of Horticulture Sciences).
- Manchali S, Murthy C, Vishnuvardana KN, Patil BS. 2021. Nutritional composition and health benefits of various botanical types of melon (*Cucumis melo* L.). *Plants*, 10(9), 1755.
- Mcguire RG. 1992. Reporting of objective color measurements. *HortScience*, 27: 1254-1255.

- Moreno-Delafuente A, Morales I, Garzo E, Fereres A, Viñuela E, Medina P. 2021. Changes in melon plant phytochemistry impair *Aphis gossypii* growth and weight under elevated CO<sub>2</sub>. *Scientific Reports*, 11(1), 2186.
- Negi YK, Sajwan P, Uniyal S, Mishra AC. 2021. Enhancement in yield and nutritive qualities of strawberry fruits by the application of organic manures and biofertilizers. *Scientia Horticulturae*, 283, 110038.
- 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.
- Rolim PM, Seabra LMAJ, de Macedo GR. 2020. Melon by-products: Biopotential in human health and food processing. *Food Reviews International*, 36(1), 15-38.
- Sudhakara T, Manchali S. 2016. Characterization of muskmelon local types of Karnataka for growth and yield attributing traits. *Res. Environ. Life Sci*, 9, 1210-1214.
- Weng J, Rehman A, Li P, Chang L, Zhang Y, Niu Q. 2022. Physiological and transcriptomic analysis reveals the responses and difference to high temperature and humidity stress in two melon genotypes. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(2), 734.



## Endüstriyel kenevirde lif verimi-Bor ilişkisi

Esat TOKGÖZ<sup>1</sup>, Kutluhan GÜNGÖR<sup>1</sup>, Hanife AKÇA<sup>2</sup>, Mehmet İPEK<sup>3</sup>,  
Mehmet Satı SEZER<sup>4</sup>, Mert DURMUŞ<sup>5</sup>, Süleyman TABAN<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ankara

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

<sup>3</sup>İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Taşköprü-Kastamonu

<sup>4</sup>İl Tarım ve Orman Müdürlüğü, Kastamonu

<sup>5</sup>Kırıkkale Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Metalurji ve Malzeme Anabilim Dalı, Kırıkkale

### Öz

Çalışmada bor (B) noksan alanlarda yetiştirilen endüstriyel kenevirin (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) B uygulamasına tepkisini ortaya koymak ve B uygulamasının endüstriyel kenevirin gelişimi ve lif verimi üzerine etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Endüstriyel kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesi Kastamonu ili, Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen Köyü sınırları içerisinde 23.04.2023 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde üretici tarlasında (41.51126 K, 34.02726 D, yükseklik 708 m) yürütülmüştür. Denemede topraklara 0, 0.2 ve 0.4 kg B da<sup>-1</sup> olacak şekilde % 20.8 B içeren Etidot-67 (Disodyum oktaborat tetrahidrat, Na<sub>3</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>.4H<sub>2</sub>O) gübresinden çözelti formunda toprak yüzeyine püskürtülmüş ve çapa kullanılarak toprakla karıştırılmıştır. Toprak analiz sonuçları göre ekimle birlikte 8 kg N da<sup>-1</sup>, 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> ve 8 kg K<sub>2</sub>O da<sup>-1</sup> 15-15-15 gübresi uygulanmış, üst gübreleme olarak ise bitkiler yaklaşık 30 cm boya ulaştığında 4 kg N da<sup>-1</sup> olacak şekilde üre uygulanmıştır. Hasat sonrası bitkilerde yapılan ölçüm ve analizler sonucunda, endüstriyel kenevir bitkisinde yaş ve kuru ağırlık ile bitki boyu ve teknik sap uzunluğu uygulanan B'a bağlı olarak artmış ve B'lu gübrelemenin bu parametreler üzerine etkili olduğu belirlenmiştir. Kontrol uygulamasına 0.4 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında yaş ağırlık miktarında % 28.8, kuru ağırlık miktarında % 27.2, lif veriminde % 73.5 ve lif randımanında ise % 41.2 oranında artış olmuştur. Kontrole göre 0.4 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında bitki boyu % 20.7 ve teknik sap uzunluğu % 24.4 oranında artmıştır. Bor uygulanmadığında endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında B konsantrasyonu kritik konsantrasyonun (< 20 mg B kg<sup>-1</sup>) altında olduğu belirlenirken 0.4 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında yaprakta ve lifte B konsantrasyonu artmış ve endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında belirlenen B noksanlığı B uygulaması ile normal düzeye çıkmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), sap verimi, lif verimi, lif randımanı, bor konsantrasyonu

## Fiber yield-Boron relationship in industrial hemp

### Abstract

The aim of the study was to evaluate the response of industrial hemp (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) grown in boron (B) deficient areas to boron application and to determine the effects of B application on the growth and fiber yield of industrial hemp. The field experiment conducted with industrial hemp plants was carried out on the date of 23.04.2023 within the borders of Kızılcaörhen village, Taşköprü-Kastamonu region, in the producer's field (41.51126 N, 34.02726 E, altitude 708 m) according to the randomized block trial design with three replications. In the experiment, Etidot-67 (Disodium Octaborate Tetrahydrate, Na<sub>3</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>.4H<sub>2</sub>O) fertilizer containing 20.8% B was applied to the soil as 0 (control), 0.2 and 0.4 kg B da<sup>-1</sup> B and the B fertilizers in solution form were sprayed homogeneously on the soil surface and also mixed well with the soil using a hoe. According to the soil analysis results, 8 kg N da<sup>-1</sup>, 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> and 8 kg K<sub>2</sub>O da<sup>-1</sup> 15-15-15 fertilizer was applied together with planting, and 4 kg N da<sup>-1</sup> urea fertilizer was applied as top dressing on the date of 20.05.2023 when the plants reached approximately 30 cm in height. As a result of the measurements and plant analyses made on the plants obtained after harvest, it was determined that the fresh and dry weight, plant height and technical stem length of the industrial hemp plant increased depending on the B applied and that B fertilization was effective on these parameters. When 0.4 kg B da<sup>-1</sup> was applied to the control application, there was an increase of

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 651 8732

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 9 Mayıs 2025

Kabul Tarihi : 25 Mayıs 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1695753

28.8% in fresh weight, 27.2% in dry weight, 73.5% in fiber yield and 41.2% in fiber ratio. When 0.4 kg B da<sup>-1</sup> was applied compared to the control, plant height increased by 20.7% and technical stem length increased by 24.4%. When B was not applied, the boron concentration in the leaves and fibers of the industrial hemp plant was determined to be below the critical concentration (< 20 mg B kg<sup>-1</sup>). In contrast, when 0.4 kg B da<sup>-1</sup> was applied, the B concentration in the leaves and fibers increased. The boron deficiency determined in the leaves of the industrial hemp plant increased to normal levels with B application.

**Keywords:** Industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) stem yield, fiber yield, boron concentration.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Endüstriyel kenevir (*Cannabis sativa* L.), Orta Asya kökenli tek yıllık bir bitki olup tüm dünyada kültüre alınmış ve yaklaşık 10.000 yıldır gıda, yağ, tekstil lifi ve tıbbi kimyasallar için kullanıldığı tahmin edilen bir bitkidir (Sausserde ve ark., 2013; Papastylianou ve ark., 2018). Endüstriyel kenevir % 0.3'ten daha az oranda tetrahidrokannabinol (THC) içermesinden dolayı ilaç sektöründe değeri olmayan bir kenevir türüdür. Genellikle tekstil sanayinde, kâğıt ve kompozit malzemelerin yapımında kullanılmaktadır.

Son yıllarda, dünyada olduğu gibi ülkemizde de endüstriyel kenevir ekim alanları ve üretimi ile kullanımını giderek artmaktadır. Gerçekten de Kenevir Yetiştiriciliği ve Kontrolü Hakkında Yönetmelik'in yayımlandığı yıl olan 2016'da Ülkemizde 45 da alanda 7 ton lif üretim gerçekleşmiş ve lif verimi 156 kg da<sup>-1</sup> iken, 2024 yılında ekim alanı 8845 da'a ulaşmış ve 1216 ton lif alınmış olup ortalama lif verimi 137 kg da<sup>-1</sup> olmuştur (Anonim, 2024).

Lif üretim için kenevir yetiştiriciliğinde sık ekim yapılmakta ve dolayısıyla birim alanda bitki yoğunluğunun artmasıyla bitki boyu artmakta buna karşın gövde çapı ve dallanma azalmakta (Amaducci ve ark., 2002; Van der Werf ve ark., 1995; Yazıcı ve ark., 2020; Westerhuis, 2016) ve sonuçta lif verimi artmaktadır.

Borun yüksek bitkiler için mutlak gerekli bitki besin elementi olarak belirlenmesinden (Warington, 1923) günümüze değin geçen sürede yapılan çalışmalarda; bitki bünyesinde hücre duvarının sentezinde görev alması yanında, karbohidrat ve protein metabolizmasında, doku farklılaşması, oksin ve fenol metabolizmasında, membran permeabilitesinde, polen çimlenmesinde ve polen tüpü büyümesinde ve hücre uzaması ile hücre bölünmesi, önemli roller üstlendiği belirlenmiştir (Marschner, 1995).

Bor noksanlığı, bilinen en yaygın mikro element noksanlığı olup dünyada 80 ülkede ve 132 bitki çeşidinde noksanlığı tespit edilmiştir (Gupta, 1993; Shorrocks, 1997). Nitekim denemenin yürütüleceği Kastamonu-Taşköprü yöresinde toprakların % 67,5'inde borun noksan düzeyde olduğunu belirlenmiştir (Taban ve ark., 2004).

Bitkilerde bor noksanlığında hücre duvarları kalınlaşır, gevrekleşir ve kırılır (Spurs, 1957). Yaprak sapında, gövde ve yaprak damarlarında çatlama ve mantarlaşma görülür (Shelp, 1988). Ayrıca, bitkilerde bor noksanlığında protein sentezi azalmakta ve noksanlığın devam etmesi halinde bitkinin genç organlarında, amonyum azotu, çözünebilir organik azot ve amino asit birikimi görülür (Amberger, 1975). Kenevir bitkisinde semptomlar ilk olarak genç dokularda, genellikle yaşla birlikte kalınlaşan çarpık (kıvrılmış) yapraklar olarak ortaya çıkmakta, intervenal kloroz ve ardından nekroz belirginleşmekte ve genel olarak, vejetatif büyüme zayıf olmakta noksanlığın devamında ise büyüme noktaları tipik olarak ölmekte ve tomurcuklar veya çiçekler deforme olabilmekte veya ölebilmektedir (Todd, 2023).

Bitkilerin ihtiyaç duydukları bor miktarı oldukça azdır. Gerek duyulan borun fazla olması, bor noksanlığında olduğu gibi bitkinin gelişmesi üzerine olumsuz etki yapmakta ve gelişme çoğu kez durmaktadır. Normal beslenen bitkiler 25-100 mg kg<sup>-1</sup> arasında bor içerirler. Scaife ve Turner (1983) tarafından bitki kuru maddesinde 20 mg kg<sup>-1</sup> borun kritik düzey olarak tanımlanmış olsa da bitkilerin bor kapsamaları arasında dikkate değer farklılıkların olduğu ve bitkilerin bor kapsamalarının yetiştirildikleri ortamlarda bulunan yarayışlı bor miktarı ile yakından ilgili olduğunu rapor etmişlerdir. Corrado ve ark. (2022), İtalya'da Caserta bölgesinden temin ettikleri 7 farklı kenevir tohumları ile sera koşullarında Hoagland besin çözeltisi ile yetiştirdikleri ve 8 gün sonra hasat ettikleri kenevir çeşitlerinde bor konsantrasyonunun taze ağırlık cinsinden 7.44-14.3 µg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Hajarian (2022), kenevir bitkisinde bor için yeterlilik aralığının 30-150 mg kg<sup>-1</sup> arasında olduğunu rapor etmiştir.

Bryson and Mills (2014), Amerika Birleşik Devletlerinde kenevir üretimi yapılan alandan alınan 25 farklı kenevir çeşidi yaprağında bor konsantrasyonunu 56-105 mg kg<sup>-1</sup> arasında, Kalinowski ve ark. (2020), serada yetiştirilen 13 farklı kenevir çeşidinde belirlenen bor konsantrasyonunu 26-91 mg kg<sup>-1</sup> arasında, Suchoff ve ark. (2021) 2017-2020 yılları arasında Kuzey Carolina Tarım ve Tüketici Hizmetleri Bakanlığı'na sunulan 6.119 *Cannabis sativa* bitkisi üzerinde yapılan bir anketten elde edilen verilerden kenevir çeşitlerinde

belirlenen bor konsantrasyonunu 30-90 mg kg<sup>-1</sup> arasında, Landis ve ark. (2019), beş farklı kenevir çeşidinden bor konsantrasyonunu 23-57 mg kg<sup>-1</sup> arasında, Grandon (2023) ise 2019-2020 yılları arasında 537 farklı kenevir çeşidinde bor konsantrasyonunu 36-86 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

Kastamonu Taşköprü yöresinde son yıllarda ekim sahası giderek artan kenevirin sarımsakla münavebeli olarak ekimi yapılmaya başlanmıştır. Bu çalışmada amaç; tarla koşullarında yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde gelişim ve lif verimi üzerine borlu gübrelemenin etkisini araştırmaktır.

## Materyal ve Yöntem

### Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesi Kastamonu ili, Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen Köyü sınırları içerisinde 23.04.2023 tarihinde tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde üretici tarlasında (41.51126 K, 34.02726 D, yükseklik 708 m) yürütülmüştür.

Deneme kenevir tohumları iş genişliği 2.56 m olan 18 sıralı ekim mibzeri ile sıra arası 14.2 cm ve sıra üstü ise 3-4 cm olacak şekilde 2.56 X 2 = 5.12 m<sup>2</sup> büyüklüğündeki parsellere m<sup>2</sup>'de ortalama 160 bitki olacak şekilde 3.7 kg da<sup>-1</sup> tohum (*Cannabis sativa* L, cv: Vezir) ekilmiştir. Denemede yer alan uygulamaların birbirinden etkilenmemesi için her parsel arasında 0.5 m ve bloklar arasında ise 1.0 m boşluklar bırakılmıştır.

Jackson (1962) tarafından bildirilen verimlilik ilkesine göre deneme alanının birkaç noktasından (0-20 cm derinlikte) toprak örneği alınmış, havada kuru duruma gelinceye dek kurutulmuş, iri kesekler ezilmiş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

Toprak örneğinde tekstür, hidrometre yöntemine göre (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH), saf su ile 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneklerinde Grewelling ve Peech (1960)'e göre; kalsiyum karbonat (kireç), Hızalan ve Ünal (1966)'a göre; elektriksel iletkenlik (EC), 1:2.5 oranında sulandırılmış toprak örneklerinde Anonymous (1951)'e göre; organik madde, Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde modifiye Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre belirlenmiştir. Toprak örneklerinde toplam azot Bremner (1965) tarafından açıklanan Kjeldahl yöntemine göre yapılmıştır. Bitkiye yarayışlı fosfor, toprakların Olsen ve ark. (1954)'e göre 0.5 N NaHCO<sub>3</sub> (pH: 8.5) ile ekstrakte edilmesiyle; değişebilir K, Ca ve Mg, Prat (1965)'a göre 1 N NH<sub>4</sub>OAc (pH 7.0) ile ekstrakte edilmesiyle; bitkiye yarayışlı B Bingham (1982) tarafından geliştirilen sıcak su yöntemine göre ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometry, Perkin Elmer Model DV 2100) cihazı ile ve bitkiye yarayışlı Zn, Fe, Cu ve Mn, Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekilde ICP-OES cihazı ile belirlenmiştir.

Analiz sonucunda deneme toprağının kil tekstürlü, organik maddece yetersiz (13.3 g kg<sup>-1</sup>), alkalın reaksiyonlu (pH 8.15) ve tuzsuz (EC: 0.272 mhos cm<sup>-1</sup>) olduğu belirlenmiştir. Bor konsantrasyonu çok düşük (0.35 mg kg<sup>-1</sup>) olan toprağın toplam N konsantrasyonu 1.1 g kg<sup>-1</sup> (yeterli), bitkiye yarayışlı P 4.72 mg kg<sup>-1</sup> (düşük), 1 NH<sub>4</sub>OAc ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg sırasıyla 178 mg kg<sup>-1</sup> (yeterli), 5254 mg kg<sup>-1</sup> (fazla) ve 434 mg kg<sup>-1</sup> (yeterli); DTPA ekstrakte edilebilir Fe, Cu, Zn, Mn sırasıyla 9.11 mg kg<sup>-1</sup> (iyi), 1.52 mg kg<sup>-1</sup> (yeterli), 0.43 mg kg<sup>-1</sup> (az) ve 10.4 mg kg<sup>-1</sup> (az) olarak saptanmıştır.

### Gübreleme

Kenevir bitkisi ile yürütülen tarla denemesinde bor ekimle birlikte topraktan çözelti şeklinde a) 0 (kontrol), b) 0.2 kg B da<sup>-1</sup> ve c) 0.4 kg B da<sup>-1</sup> olacak şekilde % 20.8 bor içeren Etidot-67 (Disodyum oktaborat tetrahidrat, Na<sub>3</sub>B<sub>8</sub>O<sub>13</sub>.4H<sub>2</sub>O) gübresinden toprak yüzeyine püskürtülmüş ve çapa kullanılarak toprakla iyice karıştırılmıştır. Toprak analiz sonuçları göre ekimle birlikte 15-15-15 gübresinden 8 kg N da<sup>-1</sup>, 8 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> da<sup>-1</sup> ve 8 kg K<sub>2</sub>O da<sup>-1</sup>, üst gübreleme olarak ise bitkiler yaklaşık 30 cm boya ulaştığında 4 kg N da<sup>-1</sup> üre uygulanmıştır.

### Hasat ve bitki örneklerinin alınması

Her bir parselde yer alan bitkiler 5 Eylül 2023 tarihinde orak yardımıyla toprak yüzeyinden (birinci boğum) kesilerek hasat edilmiştir.

Her parselden hasat edilen kenevir bitkileri arazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden hasat edilen bitkiler dikkatli bir şekilde yere serilmiş ve içlerinden 10 bitki tesadüfi olarak seçilmiş, etiketlenmiş ve tartılarak taze ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden seçilen 10 bitkinin bitki boyu,

teknik sap uzunluğu ölçülerek kayıt altına alınmıştır. Daha sonra parsellere göre alınan bitkiler ayrı ayrı paketlenerek analizler için laboratuvara gönderilmiştir.

### Lif ve yaprak örneklerinin alınması

Laboratuvara onarlı demetler halinde getirilen kenevir bitkileri dikkatli bir şekilde tek tek ayrılmış ve doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Her bir parselden elde edilen kenevir bitkileri üzerinde bulunan yapraklar Grandon (2023) tarafından belirtildiği şekilde her bir bitkiden bir en son gelişimini tamamlamış olgun yapraklar elle toplanmış, sırasıyla 0.02 M HCl ve distile su ile yıkanmış ve daha sonra sabit ağırlığa ulaşana kadar 65°C'de hava sirkülasyonlu bir kurutma odasında kurutulmuş ve analiz için krom-nikel bıçaklı değirmende öğütülmüştür.

Yaprak örnekleri alınan kenevir bitkilerinin sapsarı ilk dallanmanın olduğu yerden kesilerek elde edilen ve teknik sap olarak adlandırılan bitkiler distile su dolu küvetlere yatırılmış ve lifler elle soyularak ana saptan ayrılmış, toplanmış ve doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları alınmıştır. Her bir parselden lifleri alınan kenevir sapsarı da doğal ortamda kurutularak kuru ağırlıkları alınmış ve analiz için krom-nikel bıçaklı değirmende öğütülmüştür. Lifi soyularak alınmış ve kurutulmuş teknik sap ağırlığından ve kurutulmuş lif ağırlığından yararlanılarak lif randımanı Yazıcı (2023)'e göre hesaplanmıştır.

Lif randımanı (%) = (100 x Lif ağırlığı) / Teknik sap ağırlığı

### Lif ve yaprak örneklerinin analizi

Öğütülmüş yaprak ve lif örnekleri konsantre HNO<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> karışımı kullanılarak mikrodalga (Berghof-MWS-2 Model 24) yakma setinde yakılmış ve toplam B konsantrasyonları ICP-OES (Inductively Coupled Plasma-Optical Emission Spectrometresi, Perkin Elmer Model DV 2100, Waltham, MA, ABD) ile belirlenmiştir.

Yaprak ve lif örneklerinde yapılan analizlerin doğruluğunu Amerika Birleşik Devletleri Ulusal Standartlar ve Teknoloji Enstitüsü'nden (NIST) alınan sertifikalı domates bitkisi yaprağı (Standart Referans Malzemesi 1573a) ve buğday unu (Standart Referans Malzemesi 1567a) örnekleri kullanılarak kontrol edilmiştir.

### Deneme alanının meteorolojik verileri

Kastamonu ilinde her mevsim yağış görülmekle birlikte en fazla yağış sonbahar ayında gerçekleşmektedir. Ortalama yıllık toplam yağış miktarı 485.1 mm'dir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak aylardır. Bölgede ölçülen en yüksek sıcaklık 42.2 °C, en düşük sıcaklık -26.9 °C ve yıllık sıcaklık ortalaması 9.9 °C'dir (Anonim, 2025). Kastamonu iline ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar içinde gerçekleşen ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Kastamonu ilinin uzun yıllar içinde gerçekleşen iklim değerleri, 1930-2024 (Anonim, 2025)

| Meteorolojik veriler                       | Aylar |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|--------------------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                                            | O     | Ş     | M     | N     | M     | H     | T     | A     | E     | E     | K     | A     |
| Ort. Sıcaklık (°C)                         | -9.90 | 0.90  | 4.40  | 9.60  | 14.10 | 17.50 | 20.20 | 20.00 | 15.90 | 10.90 | 5.30  | 1.00  |
| Ort. En Yüksek Sıcaklık (°C)               | 3.30  | 6.20  | 10.90 | 16.70 | 21.30 | 24.70 | 27.90 | 28.20 | 24.00 | 18.20 | 11.10 | 5.00  |
| Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)                | -4.50 | -3.40 | -0.80 | 3.40  | 7.60  | 10.50 | 12.40 | 12.30 | 9.00  | 5.20  | 0.90  | -2.30 |
| Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)          | 2.30  | 3.50  | 4.50  | 5.70  | 7.10  | 8.40  | 9.40  | 9.40  | 7.30  | 5.40  | 3.80  | 2.10  |
| Ortalama Yağışlı Gün Sayısı                | 12.38 | 11.28 | 12.17 | 12.85 | 14.53 | 11.96 | 5.71  | 5.71  | 6.65  | 8.99  | 9.58  | 12.02 |
| Aylık Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm) | 29.60 | 27.00 | 36.20 | 51.00 | 75.40 | 73.90 | 31.70 | 31.70 | 31.10 | 34.20 | 28.80 | 33.60 |
| Uzun Yıllar Ort. Yağış (mm)                | 485.1 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

### İstatistiki analiz

Araştırma sonunda elde edilen verilerin önemliliği OriginPro2021 paket programı kullanılarak yapılmış ve ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu ise OriginPro2021 paket programı kullanılarak Tukey (HSD) Testi ile belirlenmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

### Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi üzerine etkisi

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi olumlu yönde etkilenmiş ve yaş ve kuru ağırlığında önemli (sırasıyla  $p<0.01$ ,  $p<0.05$ ) düzeyde artış belirlenmiştir (Çizelge 2). Bor uygulanmadığında yaş ağırlık  $1720 \text{ kg da}^{-1}$  iken  $0.4 \text{ kg B da}^{-1}$  uygulandığında yaş ağırlık miktarında % 28.8 oranında artarak  $2215 \text{ kg da}^{-1}$  olmuştur. Cockson ve ark. (2019), besin çözeltilisinde yetiştirdikleri kenevir bitkisinde gelişim uygulanan bora bağlı olarak arttığını ve bor eksik olan koşullarda yetiştirilen bitkilerin optimum bor uygulanan (kontrol) bitkilere oranla % 28 daha az biyokütle ürettiğini ve bunun nedeninin ise bor eksikliği olan koşullar nedeniyle apikal büyüyen ucun ölümünden kaynaklandığını belirtmişlerdir.

Çizelge 2. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde yaş ve kuru ağırlık üzerine etkileri

| Uygulamalar, $\text{kg B da}^{-1}$ | Yaş ağırlık, $\text{kg da}^{-1}$ | Kuru ağırlık, $\text{kg da}^{-1}$ |
|------------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| $B_0$                              | $1720 \pm 55.6 \text{ b}$        | $1215 \pm 29.5 \text{ b}$         |
| $B_{0.2}$                          | $1986 \pm 21.4 \text{ a}$        | $1399 \pm 33.9 \text{ ab}$        |
| $B_{0.4}$                          | $2215 \pm 80.6 \text{ a}$        | $1545 \pm 59.7 \text{ a}$         |
| F değeri                           | 18.3**                           | 14.7*                             |

Değerler üç tekerrürün ortalaması  $\pm$  standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \*\* $p<0.01$ ; \* $p<0.05$

Endüstriyel kenevirde yaş ağırlık üzerine  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamaları arasında önemli fark belirlenmezken her iki uygulamada belirlenen artış kontrole göre önemli olmuştur. Endüstriyel kenevir kuru ağırlığında bor uygulaması ile elde edilen verim miktarı kontrol uygulamasında kuru ağırlık  $1215 \text{ kg da}^{-1}$  iken  $0.4 \text{ kg B da}^{-1}$  uygulandığında kuru ağırlık % 27.2 oranında artarak  $1545 \text{ kg da}^{-1}$  olmuştur (Çizelge 2). Endüstriyel kenevirde kuru ağırlık üzerine  $B_0$  ile  $B_{0.2}$  uygulaması arasında ve  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamaları arasında belirlenen fark önemli bulunmamıştır.

Bor eksikliğinden en çok zarar gören kısım, bitkilerin uç büyüme noktası ve çiçek organları (Güneş ve ark., 2002) olması nedeniyle kenevir bitkisinde bor uygulanmadan yetiştirilen bitkilerde gelişim ve buna bağlı olarak verim miktarı düşük olmuştur. Gerçekten de, denemenin yürütüldüğü alandaki toprağının bor konsantrasyonunun “çok az” ( $0.35 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) olması nedeniyle, bor uygulanmadan yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde gelişim olumsuz yönde etkilenmiş ve buna bağlı olarak en düşük verim  $B_0$  (kontrol) uygulamasında elde edilmiş ve uygulanan bora bağlı olarak verim artmıştır.

Bor noksan alanda yetiştirilen bitkilere bor uygulandığında bitkilerin kök gelişimi olumlu yönde etkilenerek (Neales, 1960; Middleton ve ark., 1978) bitkinin generatif (Dell ve ark., 2002) ve vejetatif organlarının (İqtidar ve Rahman, 1984; Salinas ve ark., 1986; Ramon ve ark., 1989) gelişimi artırmakta ve dolayısıyla bor noksan alanlarda yetiştirilen bitkilerin gelişimini artırmaktadır. Dolayısı ile bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisi uygulanan bora olumlu tepki vermiş ve yaş ve kuru ağırlığının artmasına neden olmuştur. Zhukov ve Bedak (1963), yaptıkları çalışmada kenevirde bor uygulamalarına bağlı olarak sap veriminin kontrole göre % 8-27 oranında arttığını ve araştırma sonucunda kenevir bitkisinin bor gereksiniminin  $27.0 \text{ g da}^{-1}$  olduğunu belirlemişlerdir.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında Narlısaray ve Futura 75 çeşitleri ile yürüttüğü tarla denemesinde ortalama bitki yaş ağırlığını 2020 yılında sırasıyla  $2341 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $2194 \text{ kg da}^{-1}$ , 2021 yılında ise sırasıyla  $1743 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $1435 \text{ kg da}^{-1}$ , kuru sap ağırlıklarını ise 2020 yılında sırasıyla  $1049 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $751 \text{ kg da}^{-1}$ , 2021 yılında ise sırasıyla  $831 \text{ kg da}^{-1}$  ve  $513 \text{ kg da}^{-1}$  olarak belirlemiştir. Denememizde  $B_0$ ,  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamalarında elde edilen verim miktarlarının Avrupa’da farklı ülkelerde  $580\text{-}1950 \text{ kg da}^{-1}$  arasında elde edilen (Fortenbery ve Bennett, 2004) verim miktarı ile Kuzey Amerika’da  $250\text{-}2800 \text{ kg da}^{-1}$  arasında elde edilen (Small, 2016) verim miktarları ile uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

### Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde lif verimi ve lif randımanı üzerine etkisi

Lif verimi ve lif randımanı bor uygulamalarına bağlı olarak artmış ve bu artış istatistiki olarak önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 3). Bor uygulanmadığında lif verimi  $121 \text{ kg da}^{-1}$  iken  $0.4 \text{ kg B da}^{-1}$  uygulandığında lif veriminde % 73.5 oranında artarak  $210 \text{ kg da}^{-1}$  olmuştur. Endüstriyel kenevirde lif verimi

üzerine  $B_0$  ve  $B_{0.2}$  uygulamaları arasında önemli fark belirlenmezken  $B_{0.4}$  uygulamasında belirlenen artış kontrole ve  $B_{0.2}$  uygulamasına göre önemli olmuştur.

Çizelge 3. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde lif verimi ve lif randımanı üzerine etkileri

| Uygulamalar, kg B da <sup>-1</sup> | Lif verimi, kg da <sup>-1</sup> | Lif randımanı, % |
|------------------------------------|---------------------------------|------------------|
| $B_0$                              | 121±3.26 b                      | 9.63±0.40 b      |
| $B_{0.2}$                          | 160±10.80 b                     | 11.5±0.60 ab     |
| $B_{0.4}$                          | 210±11.30 a                     | 13.6±0.73 a      |
| F değeri                           | 23.40*                          | 9.74*            |

Değerler üç tekerrürün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \* $p<0.05$

Gizlenci ve ark. (2019), başarılı kenevir yetiştiriciliğinde Narlısaray endüstriyel kenevir çeşidinde 120-180 kg da<sup>-1</sup> lif alınabileceğini rapor etmişlerdir. 2023 yılı TÜİK verilerine göre (Anonim, 2024) kenevir tarımı yapılan illerden elde edilen ortalama lif verimi 170 kg da<sup>-1</sup> iken, çalışmamızda kontrol uygulamasında elde edilen lif verimi miktarının ortalamanın altında, 0.4 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında ise ortalamanın üstünde olduğu belirlenmiştir. Bor uygulamasının endüstriyel kenevirde lif verimi üzerine etkili olduğu anlaşılmaktadır.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında Narlısaray ve Futura 75 çeşitleri ile yürüttüğü tarla denemesinde lif verimini 2020 yılında sırasıyla 284 kg da<sup>-1</sup> ve 211 kg da<sup>-1</sup>, 2021 yılında ise sırasıyla 236 kg da<sup>-1</sup> ve 115 kg da<sup>-1</sup> olarak belirlemiştir.

Lif randımanı bor uygulanmadığında % 9.63 iken  $B_{0.4}$  uygulamasında % 41.2 artışla % 13.6 olmuştur. Endüstriyel kenevirde lif randımanı üzerine  $B_0$  ve  $B_{0.2}$  uygulamaları arasında ve  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamaları arasında önemli fark belirlenmemiştir. Ancak lif randımanı üzerine  $B_{0.4}$  uygulaması ile kontrole uygulaması arasındaki fark önemli bulunmuştur. Farklı endüstriyel kenevir çeşitlerinde kurutulmuş sapların lif randımanı %18-25 arasında değiştiği rapor edilmiştir (Gizlenci ve ark., 2019)

Yazıcı (2023), Narlısaray ve Futura 75 endüstriyel kenevir çeşitleri ile yürüttüğü çalışmada lif randımanını 2020 yılında sırasıyla % 27.1 ve % 28.3, 2021 yılında ise sırasıyla % 28.6 ve % 31.1 olarak belirlemiştir.

### Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde bitki boyu ve teknik sap uzunluğu üzerine etkisi

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinin gelişimi olumlu yönde etkilenmiş bitki boyu ile lif verimi üzerine etkili olan ve çenek yapraklardan (cotyledon) dallanmanın başladığı veya yaprakların karşılıklı durumundan alması (Bitkilerde gövde üzerinde, sağda ve solda karşılıklı gelmeyecek şekilde değişik aralıklarla biten yaprak ve dalların diziliş biçimi) duruma geçtiği noktaya kadar olan uzunluk olarak tanımlanan teknik sap (Gizlenci ve ark., 2019) uzunluğu uygulanan bora bağlı olarak artmış ve bu artış önemli ( $p<0.05$ ) bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde bitki boyu ve teknik sap uzunluğu üzerine etkileri

| Uygulamalar, kg B da <sup>-1</sup> | Bitki boyu, cm | Teknik sap uzunluğu, cm |
|------------------------------------|----------------|-------------------------|
| $B_0$                              | 246±8.98 b     | 160±4.75 b              |
| $B_{0.2}$                          | 279±2.15 a     | 182±12.10 ab            |
| $B_{0.4}$                          | 297±3.86 a     | 199±2.48 a              |
| F değeri                           | 20.10*         | 6.56*                   |

Değerler üç tekerrürün ortalaması ± standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir. \* $p<0.05$

Bor uygulanmadığında bitki boyu 246 cm ve teknik sap uzunluğu 160 cm iken 0.2 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında bitki boyu 279 cm'ye, teknik sap uzunluğu 182 cm'ye ve 0.4 kg B da<sup>-1</sup> uygulandığında ise bitki boyu 297 cm'ye, teknik sap uzunluğu 199 cm'ye ulaşmıştır.

Bor noksanlığında bitkilerde büyüme uçlarındaki gelişme önemli ölçüde gerilemekte ve yapraklarda tepe tomurcuğunun dinlenme haline geçmesi sonucu bitkinin gelişimi önemli oranda olumsuz yönde etkilenmektedir (Pethiyagoda ve Krishnapillai 1971; Lovatt ve Dugger, 1984; Lukaszewski ve Blevins, 1996). Bor noksanlığında bitkinin boğum aralarının kısalmasına, bitkide çalılışma ve bodurlaşma görülmesine neden olmaktadır (Güneş ve ark., 2010). Bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevire uygulanan borun bitkinin bor konsantrasyonunu artırmış ve sonuçta bitkinin boyu ve teknik sap uzunluğu artmıştır.

Endüstriyel kenevirde teknik sap uzunluğu üzerine  $B_0$  ile  $B_{0.2}$  uygulaması arasında ve  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamaları arasında belirlenen fark önemli bulunmamıştır.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında yürüttüğü tarla denemesinde  $m^2$ 'ye 150 adet bitki olan parsellerde bitki boyunun 2020 yılında 224 cm, 2021 yılında ise 180 cm olduğunun belirlemişlerdir. Denememizde bor uygulaması ile elde edilen bitki boyunun Tang ve ark. (2017), Amaducci ve ark. (2008), Hall ve ark. (2014), Amaducci ve ark. (2002), Westerhuisetal ve ark. (2009) bulgularıyla uyum içerisinde olduğu belirlenmiştir.

Yazıcı (2023), endüstriyel kenevirde lif ve tohum üretimi için bitki yoğunluğunun optimize edilmesi amacıyla Yozgat Bozok Üniversitesi, Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu deneme alanında 2020-21 yıllarında yürüttüğü tarla denemesinde  $m^2$ 'ye 150 adet bitki olan parsellerde bitki boyunun 2020 yılında 172 cm, 2021 yılında ise 131 cm olduğunun belirlemişlerdir. Grabowska ve Koziara (2006), kenevir bitkisiyle yürüttükleri tarla denemesinde bitkinin teknik sap uzunluğunun 115 cm ile 185 cm arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

### **Bor uygulamalarının endüstriyel kenevir bitkisinde yaprak ve lif bor konsantrasyonu üzerine etkisi**

Bor uygulamalarına bağlı olarak endüstriyel kenevir bitkisinde yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu önemli ( $p<0.01$ ) düzeyde artmıştır (Çizelge 5). Bor uygulanmadığında yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu sırasıyla  $15.3 \text{ mg kg}^{-1}$  ve  $9.66 \text{ mg kg}^{-1}$  olarak belirlenirken  $B_{0.2}$  ve  $B_{0.4}$  uygulamalarına bağlı olarak bor konsantrasyonu sürekli artmıştır. Endüstriyel kenevir bitkisi yaprağının ve lifinin bor konsantrasyonu üzerine uygulamalar arasında belirlenen farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 5).

Çizelge 5. Bor uygulamalarının endüstriyel kenevirde yaprağın ve lifin bor konsantrasyonu üzerine etkileri

| Uygulamalar, $\text{kg B da}^{-1}$ | Yaprak B, $\text{mg kg}^{-1}$ | Lif B, $\text{mg kg}^{-1}$ |
|------------------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| $B_0$                              | $15.3 \pm 1.76 \text{ c}$     | $9.66 \pm 0.54 \text{ c}$  |
| $B_{0.2}$                          | $25.7 \pm 2.13 \text{ b}$     | $17.9 \pm 0.86 \text{ b}$  |
| $B_{0.4}$                          | $34.2 \pm 1.06 \text{ a}$     | $27.1 \pm 1.97 \text{ a}$  |
| F değeri                           | 30.5**                        | 46.6**                     |

Değerler üç tekerrürün ortalaması  $\pm$  standart hata şeklinde verilmiştir. Ortalamalar arasındaki farkın önemlilik durumu TUKEY Testi ( $p<0.05$ ) ile belirlenmiştir.

Bor noksan alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisinde kontrol uygulamasında yaprakta ve lifte belirlenen bor konsantrasyonu Scaife ve Turner (1983), tarafından rapor edilen kritik düzeyin ( $< 20 \text{ mg B kg}^{-1}$ ) altında olduğu belirlenmiştir. Kenevir bitki yaprağında belirlenen bor noksanlığı bor uygulaması ile normal düzeye çıkmış ve genç yapraklarda genç yaprak renginin daha açık yeşil veya sarımsı bir renk almasıyla ortaya çıkan (Anonymous, 2023) bor noksanlık belirtileri ortadan kalkmıştır.

Endüstriyel kenevir bitkisi yaprağında bor konsantrasyonu sırasıyla  $15.5 \text{ mg kg}^{-1}$  (kontrol) ile  $34.2 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $B_{0.4}$  uygulaması) arasında, lifinde ise sırasıyla  $9.66 \text{ mg kg}^{-1}$  (kontrol) ile  $27.1 \text{ mg kg}^{-1}$  ( $B_{0.4}$  uygulaması) arasında değiştiği belirlenmiştir. Hajarian (2022), kenevir bitkisinde bor için yeterlilik aralığının  $30\text{-}150 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, Kalinowski ve ark. (2020), serada yetiştirilen 13 farklı kenevir çeşidinde belirlenen bor konsantrasyonunu  $26\text{-}91 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, Suchoff ve ark. (2021), 2017-2020 yılları arasında Kuzey Carolina Tarım ve Tüketici Hizmetleri Bakanlığı'na sunulan 6.119 *Cannabis sativa* bitkisi üzerinde yapılan bir ankette elde edilen verilerden kenevir çeşitlerinde belirlenen bor konsantrasyonunu  $30\text{-}90 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, Landis ve ark. (2019), beş farklı kenevir çeşidinden bor konsantrasyonunu  $23\text{-}57 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında, Grandon (2023), ise 2019-2020 yılları arasında 537 farklı kenevir çeşidinde bor konsantrasyonunu  $36\text{-}86 \text{ mg kg}^{-1}$  arasında değiştiğini rapor etmişlerdir.

### **Sonuç**

Kastamonu ili Taşköprü ilçesi Kızılcaörhen köyünde yürütülen tarla denemesinde bor uygulaması öncesinde toprakta ve endüstriyel kenevir bitkisinde bor konsantrasyonu sağlıklı bitki gelişimi için yeterli düzeyde olmadığı hem toprakta hem de bitkide belirlenen bor konsantrasyonunun sınır değerinin altında olduğu belirlenmiştir.

Bor uygulamaları sonucunda endüstriyel kenevir bitkisinde yaş ve kuru ağırlık, lif verimi, lif randımanı, bitki boyu ile teknik sap uzunluğu artmıştır. Bor noksanlığı görülen alanda yetiştirilen endüstriyel kenevir bitkisi

borlu gübrelemeye olumlu tepki vermiş ve hem yaprağın hem de lifin bor konsantrasyonu optimum düzeye çıkmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre endüstriyel kenevir yetiştirilen alanlarda ekim öncesi yapılacak toprak analiz sonuçlarına göre borlu gübrenin gübreleme programına dahil edilmesi yerinde bir uygulama olacaktır.

Uygulanan borun endüstriyel kenevir bitkisinin yapraklarında belirlenen bor konsantrasyonunun lifte belirlenen bor konsantrasyonundan daha fazla olması borun life daha az taşındığı sonucuna varılmıştır. Yaprğa oranla life daha az taşınması üzerinde çalışılması gereken bir bulgu olmuştur.

## Kaynaklar

- Amaducci S, Errani M, Venturi G. 2002. Plant Population Effects on Fibre Hemp Morphology and Production. *Journal of Industrial Hemp* 7 (2), 33–60. [https://doi.org/10.1300/J237v07n02\\_04](https://doi.org/10.1300/J237v07n02_04).
- Amaducci S, Zata A, Pelai F, Venturi G. 2008. Influence of agronomic factors on yield and quality of hemp (*Cannabis sativa* L.) fiber and implication for an innovative production system. *Field Crops Research*, 107, 161–169.
- Anonim, 2024. Türkiye İstatistik Kurumu Bülteni. <https://data.tuik.gov.tr> > Bulten (0ZWGbtzUJPOLiZaPEN3FrS5IXLkMvvziijsZc4svxl4aYVWyPD9C6cwaqWqeKG)
- Anonim, 2025. Resmi İstatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KASTAMONU>. Erişim tarihi: 11.04.2025.
- Anonymous, 2023. How to spot and correct a boron deficiency in cannabis plants. By Organitek. <https://organitek.com/cannabis-boron-deficiency/> (Erişim tarihi 27.04.2025)
- Anonymous, 1951. Soil Survey Manual. U.S.D.A. Handbook No:18.
- Bingham FT. 1982. Boron. pp. 431-447. In: *Methods of Soil Analysis*. Page, A. L., Miller, R.H., and Keeney, D. R. (eds), Part 2. Madison.
- Bouyoucos GJ. 1951 A recalibration of the hydrometer for marking mechanical analysis of soil, *Agron, J.*, 43; 433-437.
- Bremner JM. 1965. *Methods of soil analysis. part 2. chemical and microbiological properties*, ed: Black, C.A. Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron, Series No: 9. Pp: 1021-1060.
- Bryson G, Mills H. 2014. *Plant Analysis Handbook IV: e-Edition*. Athens, GA: Micro Macro Publishing.
- Cockson P, Landis H, Smith T, 2019. Hicks, K. and Brian E. Whipker, B.E., Characterization of Nutrient Disorders of *Cannabis sativa*. *Applied Sciences*. 9(20), 4432; <https://doi.org/10.3390/app9204432>. Cornell Cals, College of Agriculture and Life Sciences,
- Corrado G, De Pascale S, Pannico A, Roupheal Y, 2022. Macro and trace element mineral composition of six hemp varieties grown as microgreens. *Journal of Food Composition and Analysis* 114, 104750 <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2022.104750>
- Dell B, Huang L, Bell RW, 2002. Boron in Plant Reproduction Boron in Plant and Animal Nutrition pp 103-117.
- Fortenbery TR, Bennett M. 2004. Opportunities for commercial hemp production. *Review of Agricultural Economics*, 26(1), 97-117.
- Gizlenci Ş, Acar M, Yiğen Ç, Aytaç S. 2019 Kenevir Tarımı. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM Karadeniz Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. 66 s.
- Grabowska L, Koziara W. 2006. The effect of nitrogen dose, sowing density and time of harvest on development and yields of hemp cultivar bialobrzeskie. *Journal of Natural Fibers*, 2(4), 1–17. [https://doi.org/10.1300/J395v02n04\\_01](https://doi.org/10.1300/J395v02n04_01).
- Grandon B. 2023. A survey of nutrient levels in floral hemp (*Cannabis sativa* L.) grown for cannabinoids and the influence of leaf position for determining nutrient deficiencies. Master's Thesis, Chapter 1, North Carolina State University
- Grewelling T, Peech M. 1960. Chemical Soil Tests, Cornell. Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. 960.
- Gupta UC. 1993. Boron and its role in crop production. CRC Press, Boca Raton, FL, USA.
- Hajarian, H., 2022. What Nutrient Disorder do my Hemp Plants Have? A Diagnostic Guide. Cornell Cals, College of Agriculture and Life Sciences,
- Hall J, Bhattarai SP, Midmore DJ. 2014. Effect of industrial hemp (*Cannabis sativa* L) planting density on weed suppression, crop growth, physiological responses, and fiber yield in the subtropics. *Renewable Bioresources*, 2(1), 1-7. <https://doi.org/10.7243/2052-6237-2-1>. <http://www.hoajonline.com/journals/pdf/2052-6237-2-1.pdf>.
- Hızalan E, Ünal H. 1966. Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 278, Yardımcı Ders Kitabı 97, A.Ü. Basımevi, Ankara.
- Iqtidar A, Rahman SF. 1984. Effect of boron on the protein and amino acid composition of wheat grain. *Journal of Agricultural Sciences*, 103(1), 75-80.

- Jackson ML. 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall, Inc. Eng. Cliff, USA.
- Kalinowski J, Edmisten K, Davis J, McGinnis M, Hicks K, Cockson P, Veazie P, Whipker B. 2020. Augmenting nutrient acquisition ranges of greenhouse grown CBD (cannabidiol) hemp (*Cannabis sativa*) cultivars. *Horticulturae*, 6(4), 98. <https://doi.org/prox.lib.ncsu.edu/10.3390/horticulturae6040098>.
- Landis H, Hicks K, Cockson P, Henry, JB, Smith JT, Whipker BE. 2019. Expanding Leaf Tissue Nutrient Survey Ranges for Greenhouse Cannabidiol-Hemp." *Crop, Forage, and Turfgrass Management*, 5(1), 1-3.
- Lindsay WL, Norvell WA. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42, 421-428.
- Marschner H. 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd ed. p 889 Academic Press, New York.
- Middleton W, Jarvis BC, Booth H. 1978. The boron requirement for root development. In stem cuttings of phaseolus aureus roxb. A. *New Phytologist*, 81, 287-297.
- Neales TF. 1960. Some aspects of boron in root growth. *Aust. Journal of Biological Sciences*, 13, 232- 48.
- Olsen SR, Cole V, Watanabe FS, Dean LA. 1954. Estimation of Available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Dept. of Agric., 939. Washington D.C.
- Papastylianou P, Kakabouki I, Ilias Travlos I. 2018. Notulae botanicae horti agrobotanici cluj- napoca effect of nitrogen fertilization on growth and yield of industrial hemp (*Cannabis sativa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 46(1), 197-201. DOI:10.15835/nbha46110862
- Prat PF. 1965. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agro. Series No:9., Madison. USA.
- Ramon AM, Carpena-Ruiz RO, Garate A. 1989. The effects of short-term deficiency of boron on potassium, calcium, and magnesium distribution in leaves and roots of tomato (*Lycopersicon esculentum*) plants. *Plant Nutrition Physiology and Applications*, 41, 287-290.
- Salinas R, Cerda A, Martinez V. 1986. The interactive effects of boron and macronutrients (P, K, Ca and Mg) on pod yield and chemical composition of pea (*Pisum sativum*). *Journal of Horticultural Science*, 61, 3.
- Sausserde R, Adamovičs A, Ivanovs S, Bulgakov V. 2013. Investigations into growing and harvesting industrial hemp. *Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering*, 58(4), 150-154.
- Scaife A, Turner M. 1983. Diagnosis of mineral disorders of plants. *Vegetables*, 2, 96.
- Shelp BJ. 1988. Boron mobility and nutrition in broccoli (*Brassica oleracea* var. *Italica*). *Annals of Botany*, 61, 83-91.
- Shorrocks VM. 1997. The occurrence and correction of boron deficiency. In *Plant and Soil Proceedings*. Eds. R.W. Bell and B. Rerkasem, 193:121-148. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Small E. 2016. *Cannabis A Complete Guide*, CRC Press Taylor & Francis Group 6000 Broken Sound Parkway NW, Suite 300. Boca Raton, FL 33487-2742
- Spurs AR. 1957. The effect of boron on cell-wall structure. *American Journal of Botany*, 44, 637-650.
- Suchoff D, McGinnis M, Davis J, Whipker B, Hicks K. 2021. Hemp leaf tissue ranges: Refinement of reference standards for floral hemp. NC State Extension Publication, AG 904.
- Taban S, Çıkılı Y, Kebeci F, Taban N, Sezer SM. 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3), 297-304.
- Tang K, Struik PC, Yin X, Calzolari D, Musio S, Thouminot C, Bjelkova M, Stramkale V, Magagnini G, Amaducci S. 2017. A comprehensive study of planting density and nitrogen fertilization effect on dual-purpose hemp (*Cannabis sativa* L.) cultivation. *Industrial Crops and Products*, 107, 427-438.
- Todd J. 2023. Nutrient Deficiency ID Guide for Hemp. Published by the Ministry of Agriculture, Food and Rural Affairs. King's Printer for Ontario, Toronto, ON. ISBN 978-1-4868-7132-2 (Print) ISBN 978-1-4868-7133-9 (PDF)
- Van der Werf HMG, van Geel WCA, van Gils LJC, Haverkort AJ. 1995. Nitrogen fertilization and row width affect self-thinning and productivity of fibre hemp (*Cannabis sativa* L.). *Field Crops Research*, 42, 27-37.
- Warrington K. 1923. The effect of boric acid and borax on the broad bean and certain other plants. *Annals of Botany*, 37, 629-672.
- Westerhuis W. 2016. Hemp for textiles: plant size matters. Wageningen University, Wageningen. Available at: <https://edepot.wur.nl/378698>. Accessed 8 Dec 2020.
- Westerhuis W, Amaducci S, Struik PC, Zatta A, Van Dam JEG, Stomph TJ. 2009. Sowing density and harvest time affect fibre content in hemp (*Cannabis sativa*) through their effects on stem weight. *Annals of Applied Biology*, 225, 244.
- Yazıcı L. 2023. Optimizing plant density for fiber and seed production in industrial hemp (*Cannabis sativa* L.) *Journal of King Saud University- Science*, 35, 102419
- Yazıcı L, Yılmaz G, Koçer T, Sakar H. 2020. Investigation of some yield characteristics of hemp (*Cannabis sativa* L.) in Tokat ecology. *J. International Environmental Application & Science*, 15 (2), 104-108.
- Zhukov MS, Bedak GR. 1963. Boron fertilizer and its application on hemp. *Len i Konoplya*, 8(4), 24-25.



## Diatomit uygulamasının bazı toprak özellikleri ve Atterberg limitleri üzerine etkileri

● Nutullah ÖZDEMİR\*, ● Furkan GÜLER

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

### Öz

Günümüz koşullarında toprak özelliklerini kullanım amaçları doğrultusunda değiştirmek ve karşılaşılan sorunları gidermek üzere birçok toprak düzenleyicisi kullanılmakta ve etkinlikleri üzerindeki çalışmalar sürdürülmektedir. Diatomit son yıllarda alternatif bir düzenleyici olarak üzerinde durulan bir materyal olmakla birlikte bu materyal ile ilgili araştırmalar henüz yetersiz durumdadır. Bu çalışmada tın (L), killi tın (CL) ve kil (C) tekstüre sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı dozda (%0, %3, %6, %12) diatomit uygulamasının bazı toprak özellikleri ile kıvam limitleri üzerine etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, diatomit uygulama dozlarına bağlı olarak toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde artış, pH değerlerinde ise nötre doğru değişimler gözlemlenmiştir. Toprakların likit ve plastik limit değerlerinde istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) artışlar tespit edilmiştir. Artış düzeyi toprak tekstürü, organik madde içeriği ve değişebilir katyon miktarına bağlı olarak gerçekleşmiştir. Plastiklik indeksi değerindeki değişim daha düşük düzeyde kalmış olup topraklar (%) bu açıdan  $L (19,33) > CL (15,08) > C (-1,75)$  şeklinde sıralanmışlardır.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak özellikleri, tekstür, kıvam limitleri, diatomit

## Effects of diatomite application on some soil properties and Atterberg limits

### Abstract

In today's conditions, many soil conditioners are used to change the soil properties in line with their intended use and to eliminate the problems encountered, and studies on their effectiveness are continuing. Although diatomite is a material that has been emphasized as an alternative regulator in recent years, research on this material is still insufficient. In this study, the effects of diatomite application at four different doses (0%, 3%, 6%, 12%) to surface soil samples with loam (L), clay loam (CL) and clay (C) texture on some soil properties and consistency limits were investigated. In the study conducted under greenhouse conditions, an increase in the electrical conductivity (EC) values of the soils and changes towards neutral pH values were observed depending on the diatomite application doses. Statistically significant ( $p < 0.01$ ) increases in liquid and plastic limit values of soils were determined. The level of increase was realized depending on soil texture, organic matter content and exchangeable cation content. The change in the plasticity index value was at a lower level and the soils (%) were ranked as  $L (19.33) > CL (15.08) > C (-1.75)$  in this respect.

**Keywords:** Soil properties, texture, Atterberg limits, diatomite.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Toprak özelliklerinin kullanım amaçları doğrultusunda iyileştirilmesinde organik ve inorganik kökene sahip toprak düzenleyicileri önemli katkılar sağlamaktadırlar. Söz konusu düzenleyicilerin uygulanması, toprağın dinamik göstergelerini iyileştirmekte, toprağın sahip olduğu problemleri bertaraf etmekte ve çevresel sorunların çözümüne katkılar sağlamaktadır (Özdemir ve ark., 2017). Düzenleyici tercihi beklenen faydaların yanında; elde edilme şekli, sürdürülebilirliği, geri dönüştürülme imkânları düşük maliyetli ve kolay ulaşılabilir olmaları, tarımsal üretkenliği sürdürülebilir kılmaları öne çıkmaktadır (Mekuria ve ark.,

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (532) 333 0494  
E-posta : [nutullah@omu.edu.tr](mailto:nutullah@omu.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 27 Ocak 2025 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 30 Mayıs 2025 DOI : 10.33409/tbbbd.1627635

2013; Wallece ve ark., 2020; Fang, ve ark., 2024). Günümüz koşullarında alternatif düzenleyiciler üzerindeki araştırmalar öne çıkmaktadır. Diatomit olarak bilinen (*Bacillariophyta*) ve ökaryotik, tek hücreli, mikroskobik alglerin fosilleşmiş silisli kabuklarından meydana gelen sedimanter kayaların dolgu malzemesi üretimi, filtrasyon işlemleri, katalizör taşıyıcısı, silisyum kaynağı, hafif yapı malzemesi, seramik hammaddesi, izolasyon malzemesi imalatı gibi birçok alanda kullanılabilirliği araştırılmıştır (Taş ve Çetin, 2012; Ghobara ve ark., 2019; Wallace, 2020; Gondek ve ark., 2023). Ancak diatomitin tarımsal toprak düzenleyicisi amacıyla kullanımı yeni bir olgudur ve üzerindeki araştırmalar devam etmektedir (Aksakal ve ark., 2012; Samani, 2024).

Marumoto ve Shindo (1993) yürüttükleri bir araştırmada 1 ton/dekar düzeyinde diatomit uygulamasının yarayışlı su kapasitesini ve permabilitiyi arttırdığını, hacim ağırlığı değerlerini düşürdüğünü bildirmişlerdir. Waltz ve McCarty (2005) ise ABD'nin güneydoğusunda yer alan ve peat yapılı ana materyallerin golf sahalarında kullanılabilirliğini irdeledikleri araştırmada kumlu tekstürel yapıdaki taban toprağını ıslah etmek üzere %15 oranında Kanada torfu, kalsit, kil ve diatomit kullanmışlardır. Sonuçta, kontrole göre inorganik materyal karışımlarının hacim ağırlığını %7,45 oranında azalttığı en fazla etkinin Kanada torfunda (%12,4) sağlandığı bildirilmiştir. Benzer bir araştırma yürüten Richardson ve Karcher (2001) ise kum tabanlı yeşil alanların fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzeltmek üzere doğal zeolitin, kalsitin, kilin ve diatomitin etkilerini irdelemişlerdir. Bileşenlerin hacim oranına göre %20 kum ile diğer materyaller karıştırılarak uygulanan araştırma sonucunda yüzey sertliğinin iyileştiği bildirilmiştir.

Qu ve Zhao (2016) farklı tektüre sahip topraklarda diatomit uygulamasının kıvam sınırları üzerindeki etkilerini değerlendirdikleri çalışma sonucunda kıvam sınırlarının önemli ölçüde iyileştiğini ve en belirgin etkinin siltli topraklarda gerçekleştiğini ifade etmişlerdir. Diğer taraftan diatomit uygulamasının bütün toprakların maksimum kuru birim ağırlığını düşürürken optimum nem içeriklerini arttırdığını tespit etmişlerdir. Kuzina ve ark. (2021) ise yürüttükleri bir çalışmada diatomit ve farklı gübre kombinasyonlarının verim ve toprak özellikleri üzerindeki etkilerini irdelemişlerdir. Araştırmacılar sonuçta diatomit ve gübre kombinasyonlarının toprak özelliklerini ve verimi olumlu yönde etkilediğini bildirmişlerdir.

Diatomit yüksek gözenekliliğe, düşük özgül ağırlığa ve yüksek nem tutma kapasitesine sahip olması, tarım toprakları için araştırmaya değer bir kaynak olduğunu göstermektedir (Aksakal ve ark., 2012). Bunun yanında yüksek oranda SiO<sub>2</sub> ihtiva etmesi, bitki beslenmesi adına dikkate değer bir husustur (Prakash ve ark., 2021). Bu çalışma; farklı tekstüre sahip topraklara diatomit uygulanmasının bazı toprak özellikleri ve kıvam limitleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanlarından (41°21'50.0"N 36°11'23.2"E, 41°33'36.8"N 35°51'57.5"E, 41°33'39.9"N 35°51'57.4"E) alınan yüzey toprak örnekleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

İnkübasyon çalışması olarak yürütülen araştırmada 4 kg'lık saksılar kullanılmıştır. Saksılara aktarılan toprak örneklerine fırın kuru ağırlık esasına göre %0, %3, %6, %12 seviyesinde (Hemmad ve ark., 2010; Nalbant, 2013; Aksakal ve ark., 2013) diatomit ilave edilerek karıştırılmıştır. Hazırlanan saksılar sera koşullarında 75 gün süre ile inkübasyona bırakılmıştır. Bu süreçte topraktaki elverişli nemin %50'si tükenince tekrar sulama yapılmıştır. İnkübasyon sürecinin tamamlanmasından sonra toprak örnekleri laboratuvara aktararak gerekli analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Toprak bünyeleri (tekstürleri) Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993), örneklerin pH değerleri 1:2.5'luk toprak-saf su karışımında pH-metre (Kaçar, 2016), elektriksel iletkenlik değerleri 1:2.5'luk toprak-saf su karışımında EC-metre (Kaçar, 2016), kireç kapsamı Scheibler kalsimetresi (Kaçar, 2016), organik madde içerikleri Walkey-Black yöntemi (Kaçar, 2016), tarla kapasitesi (0.33 atm) ve solma noktası (15 atm) nem yüzdeleri basınçlı tabla aleti (Demiralay, 1993), pF' 2'deki nem içerikleri (0.01 atm) nem yüzdeleri basınçlı tabla aleti (Demiralay, 1993), katyon değişim kapasiteleri Bower yöntemi (Kaçar, 1994), değişebilir katyonlar (Na, K, Ca, Mg) amonyum asetat ile ekstraksiyon metodu (Kaçar, 1994), likit limit değerleri Casagrande yöntemi (Demiralay, 1993), plastik limit değerleri macun haline getirilen toprağın seramik bir zemin üzerinde yuvarlatıldığında 3 mm kalınlığına erişirken dağılmaya başladığı andaki nem içeriği (Demiralay, 1993), plastiklik indeksi değerleri likit limit ve plastik limit nem içerikleri arasındaki sayısal fark (Demiralay, 1993), esas alınarak belirlenmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Üç farklı tekstüre sahip yüzey toprak örnekleri kullanılarak sera koşullarında yürütülen çalışmada kullanılan toprak örneklerinde deneme öncesinde ve deneme sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler (ortalama) Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprakların deneme öncesinde ve sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

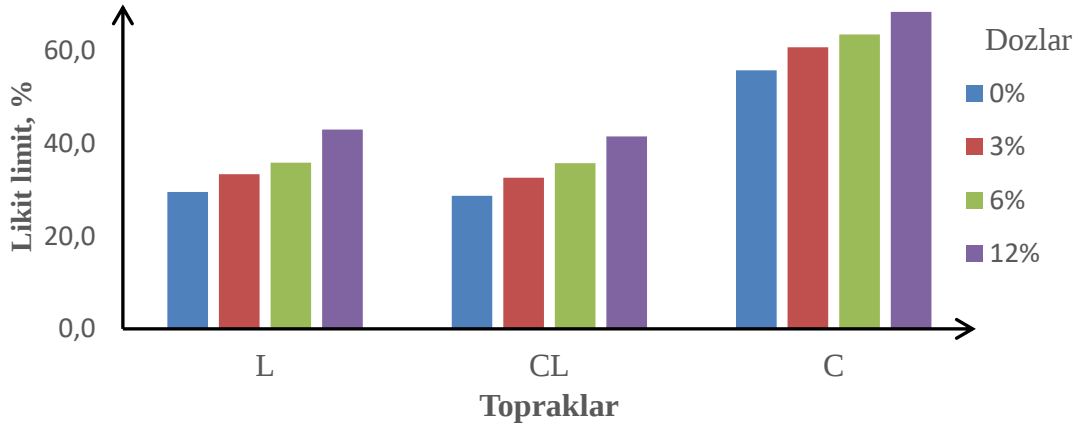
| Deneme öncesine ait bazı toprak özellikleri |              |                             |                                |        |          |             |             |              |             |              |             |            |              |
|---------------------------------------------|--------------|-----------------------------|--------------------------------|--------|----------|-------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|--------------|
| Top.                                        | Tekst sınıfı | pH, 1:2.5                   | EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$    | Kum, % | Silt, %  | Kil, %      | OM, %       | Kireç, %     | Ca, me/100g | Mg, me/100g  | Na, me/100g | K, me/100g | KDK, me/100g |
| 1                                           | L            | 7,66                        | 419,1                          | 45,40  | 30,48    | 24,12       | 1,11        | 15,3         | 52,94       | 12,03        | 0,703       | 0,504      | 66,18        |
| 2                                           | CL           | 7,66                        | 445,3                          | 42,36  | 29,60    | 28,04       | 1,50        | 15,9         | 52,37       | 15,11        | 0,983       | 0,548      | 69,01        |
| 3                                           | C            | 6,83                        | 690,2                          | 24,19  | 26,03    | 49,78       | 1,97        | 3,36         | 47,66       | 19,23        | 0,714       | 1,531      | 69,13        |
| Denemede kullanılan diatomitin özellikleri  |              |                             |                                |        |          |             |             |              |             |              |             |            |              |
| pH, 1:2.5                                   |              | EC, $\mu\text{S}/\text{cm}$ |                                | OM, %  |          | Kireç, %    |             | KDK, me/100g |             |              |             |            |              |
| 8,35                                        |              | 460                         |                                | 0,06   |          | 1,20        |             | 24,23        |             |              |             |            |              |
| Deneme sonrasındaki bazı toprak özellikleri |              |                             |                                |        |          |             |             |              |             |              |             |            |              |
| Toprak                                      | Doz Orta.    | pH, (1:2.5)                 | EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) | OM, %  | Kireç, % | Ca, me/100g | Mg, me/100g | Na, me/100g  | K, me/100g  | KDK, me/100g |             |            |              |
| 1(L)                                        | 0            | 7,66                        | 409,47                         | 1,10   | 15,13    | 53,40       | 11,80       | 0,70         | 0,50        | 66,40        |             |            |              |
|                                             | 3            | 7,47                        | 743,90                         | 1,19   | 14,60    | 53,75       | 13,64       | 0,71         | 0,54        | 68,64        |             |            |              |
|                                             | 6            | 7,44                        | 1024,80                        | 1,11   | 13,93    | 53,81       | 14,64       | 0,75         | 0,58        | 69,78        |             |            |              |
|                                             | 12           | 7,37                        | 1494,67                        | 1,11   | 13,57    | 55,31       | 15,04       | 0,79         | 0,64        | 71,78        |             |            |              |
| 2 (CL)                                      | 0            | 7,67                        | 395,33                         | 1,52   | 16,40    | 51,98       | 14,37       | 0,96         | 0,55        | 67,86        |             |            |              |
|                                             | 3            | 7,59                        | 678,30                         | 1,53   | 16,07    | 56,01       | 14,06       | 0,96         | 0,58        | 70,62        |             |            |              |
|                                             | 6            | 7,51                        | 1012,0                         | 1,44   | 15,40    | 57,71       | 15,27       | 1,01         | 0,62        | 71,62        |             |            |              |
|                                             | 12           | 7,45                        | 1388,0                         | 1,43   | 15,10    | 58,05       | 15,83       | 1,04         | 0,70        | 75,64        |             |            |              |
| 3 (C)                                       | 0            | 6,82                        | 669,27                         | 2,11   | 3,08     | 47,96       | 18,92       | 0,72         | 1,56        | 69,16        |             |            |              |
|                                             | 3            | 6,98                        | 963,87                         | 2,06   | 3,14     | 49,27       | 20,38       | 0,77         | 1,59        | 72,01        |             |            |              |
|                                             | 6            | 7,10                        | 1201,67                        | 2,05   | 3,20     | 50,50       | 23,22       | 0,79         | 1,63        | 76,15        |             |            |              |
|                                             | 12           | 7,14                        | 1855,00                        | 1,94   | 3,40     | 55,36       | 24,58       | 0,80         | 1,73        | 82,47        |             |            |              |

Çizelge 1’in incelenmesinden de görüleceği üzere deneme başlangıcında; Bafra araştırma ve uygulama arazisinden alınan 1 numaralı toprak örneği tınlı tekstüre (L), düşük alkali karaktere, tuzsuz bir yapıya, düşük seviyede organik madde kapsamına, fazla seviyede kireç içeriğine sahiptir. Yine Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 2 numaralı toprak örneği; killi tın tekstüre (CL), hafif alkali karaktere, tuzsuz bir yapıya, az organik madde düzeyine ve fazla kireçli bir yapıya sahiptir. Ziraat Fakültesi kampüs uygulama sahasından alanından alınan 3 numaralı toprak örneği; kil (C) tekstürlü, hafif asit, tuzsuz, organik madde içeriği orta, az kireçli niteliktedir. Topraklarda ( $\text{pH} < 8.5$ ) tuzluluk ve alkalilikle ilişkili herhangi bir problem bulunmamaktadır (Kimsey ve ark., 2020).

Toprak reaksiyonunun diatomit uygulamalarından etkilendiği ve inkübasyon süreci sonrasında, uygulama düzeylerine paralel olarak L ve CL tekstüre sahip topraklarda nötral noktaya doğru düşüş, C tekstüre sahip hafif asit reaksiyonlu toprakta ise nötral noktaya doğru bir yükselme meydana geldiği tespit edilmiştir (Çizelge 1). Elektriksel iletkenlik değerlerinin ise her üç toprak grubunda da uygulama düzeylerine paralel olarak artış gösterdiği belirlenmiştir. Toprakların kireç ve organik madde kapsamlarında düşük düzeyli değişimler meydana gelmiştir. Toprakların katyon değişim kapasitesi ve değişebilir katyon (Ca, Mg; Na, K) içeriklerinde diatomit uygulama düzeylerine bağlı artışlar meydana gelmiştir. Meydana gelen değişimin toprak özelliklerinden etkilendiği saptanmıştır (Çizelge 1).

### Likit limit

Sera koşullarında, tın, killi tın ve kil tekstürlü yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması sonrasında topraklarda saptanan akışkanlık limit değerlerine ait değişimler Şekil 1’de ve bu değerlere ilişkin istatistiksel analiz sonuçları ile bazı toprak özellikleri arasındaki istatistiksel ilişkiler Çizelge 2 ve Çizelge 3’de verilmiştir. Şekil 1’in yorumlanmasından da anlaşılabileceği üzere her üç toprak grubunda da uygulanan diatomit dozlarına paralel olarak likit limit değerlerinde artışlar olmuştur.



Şekil 1. Uygulamalara bağlı olarak toprakların likit limit değerlerindeki değişimleri

Denette Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı toprakta (L) diatomit uygulama dozuna paralel artışlar meydana gelmiş olup denet toprak örneğinde 29,55 olan likit limit değeri, %12 diatomit uygulama dozunda 43,01 çıkmıştır. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) ise benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 28,71 olan likit limit değeri, diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 41,53'e kadar yükselmiştir. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 55,78 olan likit limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 68,37'ye çıkmıştır. Söz konusu etki açısından meydana gelen değişimin uygulama dozu, toprağın tekstürel yapısı ve kimyasal bileşiminden etkilendiği ve en yüksek düzeydeki artışın %12 dozunda meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 1, Çizelge 2).

Çizelge 2. Likit limit değerlerine ilişkin varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Kaynaklar                                                 | Serbestlik der. | Varyans analizi sonuçları |              |          |             |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|----------|-------------|
|                                                           |                 | Kareler top.              | Kareler ort. | F değeri | Önem düzeyi |
| Topraklar (A)                                             | 2               | 5859,70                   | 2929,85      | 416,31   | 0,00        |
| Dozlar (B)                                                | 3               | 796,84                    | 265,61       | 37,74    | 0,00        |
| AxB                                                       | 6               | 5,52                      | 0,92         | 0,13     | 0,99        |
| Hata                                                      | 24              | 168,90                    | 7,04         |          |             |
| Genel                                                     | 36              | 76754,98                  |              |          |             |
| Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*) |                 |                           |              |          |             |
| Topraklar                                                 |                 | L                         | CL           | C        |             |
| Likit limit değerleri                                     |                 | 35,45a                    | 34,66a       | 62,11b   |             |
| Dozlar                                                    |                 | % 0                       | %3           | %6       | %12         |
| Likit limit değerleri                                     |                 | 38,02a                    | 42,25b       | 45,04b   | 50,97c      |

\*: Ayrı harflerle gösterilen ortamlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdırlar.

Her üç toprak grubunda da diatomit uygulamalarının likit limit değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 3), diatomit ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ( $p < 0,01$ ) olduğu görülmüştür. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise L ve CL tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Dozların etkileri irdelendiğinde ise %3 ve %6 dozlarının kendi aralarında benzerlik gösterdiği görülmüştür.

Toprakların likit limit değerleri ile (-0,963\*\*), kuru birim ağırlığı (-0,963\*\*), kum (-0,883\*\*), silt (-0,610\*\*), kireç (-0,940\*\*) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken diğer taraftan toprakların plastik limit (0,905\*\*), plastiklik indeksi (0,937\*\*), agregat stabilitesi (0,966\*\*), kil (0,868\*\*), organik madde (0,805\*\*), değişebilir magnezyum (0,927\*\*), değişebilir potasyum (0,961\*\*), katyon değişim kapasitesi (0,7192\*\*) verileri arasında istatistiksel anlamda %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Çizelge 3. Deneme sonrasında bazı toprak özellikleri arasındaki karşılıklı ilişkiler

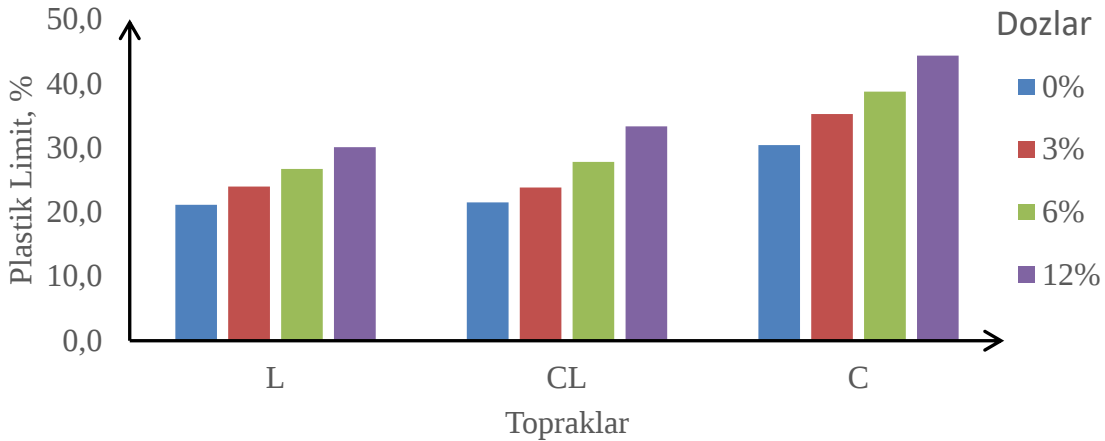
| Top.Öz. | LL      | PL      | PI      | AS      | Kum     | Silt    | Kil     | OM      | Kireç   | Mg      | Ca      | Na     | K      |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|--------|--------|
| LL      | 1,000   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |        |
| PL      | ,915**  | 1,000   |         |         |         |         |         |         |         |         |         |        |        |
| PI      | ,937**  | ,716**  | 1,000   |         |         |         |         |         |         |         |         |        |        |
| AS      | ,966**  | ,958**  | ,840**  | 1,000   |         |         |         |         |         |         |         |        |        |
| Kum     | -,883** | -,698** | -,922** | -,789** | 1,000   |         |         |         |         |         |         |        |        |
| Silt    | -,610** | -,483** | -,636** | -,526** | ,727**  | 1,000   |         |         |         |         |         |        |        |
| Kil     | ,868**  | ,687**  | ,907**  | ,773**  | -,991** | -,813** | 1,000   |         |         |         |         |        |        |
| OM      | ,805**  | ,636**  | ,841**  | ,697**  | -,955** | -,756** | ,958**  | 1,000   |         |         |         |        |        |
| Kireç   | -,940** | -,777** | -,953** | -,884** | ,956**  | ,661**  | -,941** | -,856** | 1,000   |         |         |        |        |
| Mg      | ,927**  | ,876**  | ,845**  | ,921**  | -,837** | -,602** | ,828**  | ,787**  | -,893** | 1,000   |         |        |        |
| Ca      | -,394*  | -0,082  | -,610** | -0,276  | ,637**  | ,439**  | -,627** | -,555** | ,635**  | -,434** | 1,000   |        |        |
| Na      | -0,273  | -0,058  | -,422*  | -0,266  | 0,261   | 0,061   | -0,234  | -0,048  | ,450**  | -0,247  | ,613**  | 1,000  |        |
| K       | ,961**  | ,832**  | ,942**  | ,906**  | -,967** | -,703** | ,959**  | ,900**  | -,985** | ,921**  | -,548** | -0,309 | 1,000  |
| KDK     | ,719**  | ,887**  | ,475**  | ,793**  | -,455** | -,346*  | ,454**  | ,465**  | -,508** | ,757**  | 0,259   | 0,198  | ,604** |

\*: LL: Likit limit, PL: Plastik limit, PI: Plastiklik indeksi, AS: Agregat Stabilitesi, OM: Organik Madde, Mg: Magnezyum, Ca: Kalsiyum, Na: Sodyum, K: Potasyum, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi.

Toprakların denet akışkanlık limit değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan CL (20,72) > L (19,96) > C (11,36) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde ise killi toprakta %3 tınlı ve kumlu toprakta ise %12 doz uygulamasının ön plana çıktığı dikkat çekmektedir. Bu durum muhtemelen kil, organik madde ve diatomit arasındaki etkileşimden kaynaklanmış olabilir. Le ve ark. (2024), diatomit uygulamasının toprak özellikleri üzerindeki etkilerini irdeledikleri bir çalışmanın sonucunda, artan diatom miktarının toprakta kıvam limitlerini yükselttiğini ve mekaniksel özellikleri iyileştirdiğini vurgulamışlardır. Aksakal ve ark (2013) ise diatomit uygulamasının kıvam limitleri üzerindeki etkilerini irdeledikleri bir araştırmada kontrol ile karşılaştırıldığında uygulamaların likit limit değerlerini artırdığını etkinin düşük kil içeriğine sahip topraklarda daha belirgin olduğunu vurgulamışlardır.

### Plastik limit

Sera koşullarında, tın, killi tın ve kil olmak üzere üç farklı tekstüre sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması sonrasında topraklarda saptanan plastik limit değerlerine ait değişimler Şekil 2'de ve bu değerlere ilişkin istatistiksel analiz sonuçları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 4 ve Çizelge 3'de verilmiştir. Şekil 2'in yorumlanmasından da anlaşılacağı üzere her üç toprak gurubunda da uygulanan diatomite bağlı olarak plastik limit değerlerinde artışlar oluşmuştur.



Şekil 2. Uygulamalara bağlı olarak toprakların plastik limit değerlerindeki değişimler

Meydana gelen artışlar irdelendiğinde, artışın uygulama dozuna paralel olarak gerçekleştiği, Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı (L) denet örnekte 21,13 olan plastik limit değerinin %12 diatomit uygulama dozunda 30.09 çıktığı belirlenmiştir. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) ise benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 21,51 olan plastik limit değeri diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 33.33'e kadar yükselmiştir. Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 30.41 olan plastik limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 44.43'e çıkmıştır.

Çizelge 4. Plastik limit değerlerine ilişkin varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

| Kaynaklar                                                 | Serbestlik der. | Varyans analizi sonuçları |              | F değeri | Önem düzeyi |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|----------|-------------|
|                                                           |                 | Kareler top.              | Kareler ort. |          |             |
| Topraklar (A)                                             | 2               | 999,71                    | 499,85       | 359,73   | 0,000       |
| Dozlar (B)                                                | 3               | 659,48                    | 219,83       | 158,20   | 0,000       |
| AxB                                                       | 6               | 23,09                     | 3,85         | 2,77     | 0,034       |
| Hata                                                      | 24              | 33,35                     | 1,39         |          |             |
| Genel                                                     | 36              | 33607,07                  |              |          |             |
| Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*) |                 |                           |              |          |             |
| Topraklar                                                 |                 | L                         | CL           | C        |             |
| Likit limit değerleri                                     |                 | 25,48a                    | 26,62a       | 37,19b   |             |
| Dozlar                                                    |                 | % 0                       | %3           | %6       | %12         |
| Likit limit değerleri                                     |                 | 24,35a                    | 27,69b       | 31,09c   | 35,92d      |

\*: Ayrı harflerle gösterilen ortamlar adı geçen teste göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdır

Her üç toprak grubunda da diatomit uygulamalarının plastik limit değeri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 4), diatomit ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ( $p < 0,01$ ) olduğu görülmüştür. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise L ve CL tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Uygulama dozlarına ait etkinliklerinin birbirinden farklı olduğu saptanmıştır.

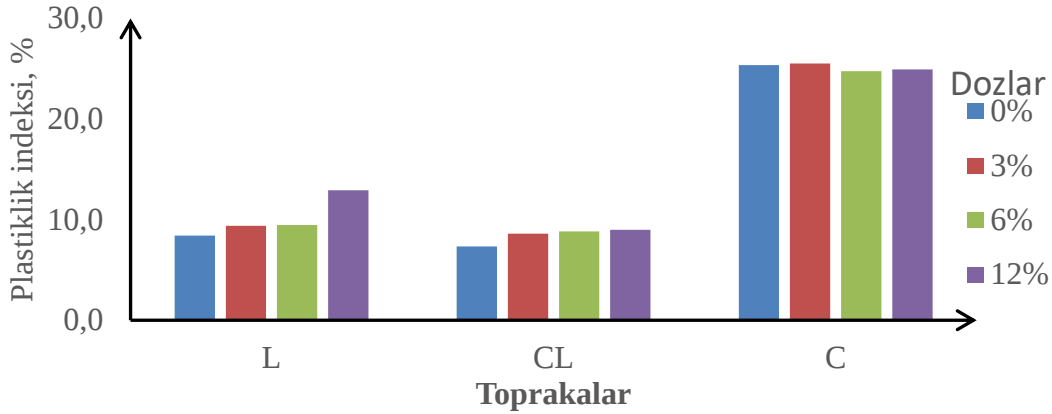
Toprakların plastik limit değerleri ile (-0,963\*\*), kum (-0,698\*\*), silt (-0,483\*\*), kireç (-0,777\*\*) verileri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken toprakların likit limit (0,915\*\*), plastiklik indeksi (0,716\*\*), agregat stabilitesi (0,958\*\*), kil (0,687\*\*), organik madde (0,636\*\*), değişebilir magnezyum (0,876\*\*), değişebilir potasyum (0,832\*\*), kation değişim kapasitesi (0,887\*\*) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler saptanmıştır.

Toprakların denet plastik limit değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan CL (23,75) > C (22,26) > L (20,58) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde ise kil ve killi tın tekstürlü toprakta %12 doz uygulamasının tın tekstürlü toprağa göre daha etkin olduğu anlaşılmaktadır. Bu bulgular diatomitin plastik limit değerleri üzerindeki etkisinin toprak özelliklerinden etkilendiğini göstermektedir (Çizelge 3, Şekil 2). Munsuz ve Akyıldız (1979), Afşin-Elbistan bölgesi linyit kömürü havzasından elde edilen gıda materyalinin bölge tarım topraklarının fiziksel özellikleri üzerine etkilerini inceledikleri bir laboratuvar çalışmada, gıda ilavesinin killi, tınlı ve killi-tınlı bünyedeki toprakların plastik limit değerlerini yükselttiğini belirlemişlerdir. Aksakal ve ark. (2013) ise diatomit uygulamasının kıvam limitleri üzerindeki etkilerini irdelikleri araştırmada plastik limit değerleri üzerindeki etkinliğin temel toprak özelliklerine bağlı olarak değişim gösterdiğini vurgulamışlardır.

## Plastiklik indeksi

Sera koşullarında, üç farklı tekstüre (L, CL, C,) sahip yüzey toprak örneklerine dört farklı düzeyde diatomit uygulanarak inkübasyona bırakılması neticesinde topraklarda saptanan plastiklik indeksi verilerine ait değişimler Şekil 3'de, varyans analizi ile çoklu karşılaştırma testi verileri Çizelge 5'te, bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler ise Çizelge 3'te verilmiştir. Şekil 3'ün incelenmesinden de görüleceği üzere her üç toprak grubunda da uygulanan diatomit, toprakların plastiklik indeksi değerlerinde değişimlere neden olmuştur. Meydana gelen değişimler (ortalama) irdelendiğinde, değişimin uygulama dozuna paralel olarak gerçekleştiği, Ziraat Fakültesi Bafra deneme alanından alınan 1 numaralı (L) denet örnekte 8.422 olan plastiklik indeksi değerinin %12 diatomit uygulama dozunda 12.919 çıktığı belirlenmiştir. Yine aynı istasyondan alınan 2 numaralı toprakta (CL) da benzer bir değişim gözlenmiş olup denette 7.334 olan plastiklik indeksi değeri diatomit uygulamalarına bağlı olarak %12 doz uygulamasında 8.993'e kadar

yükselmiştir. Ziraat Fakültesi kampüs deneme alanından alınan 3 numaralı kil bünyeli (C) toprakta ise 25.365 olan plastik limit değeri %12 diatomit uygulama dozunda 24.937'ye düşmüştür.



Şekil 3. Uygulamalara bağlı olarak plastiklik indeksi değerlerindeki değişimler

Diatomit uygulamalarının plastiklik indeksi değerleri üzerindeki etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 5), topraklara ait kareler ortalamasının önemli ( $p < 0,01$ ) olduğu, fakat diatomit uygulama dozlarına ilişkin etkilerin önemli olmadığı görülmüştür ( $p > 0,01$ ). Önemli bulunan varyasyon kaynağına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucu irdelendiğinde ise CL ve L tekstürlü topraklarda, diatomit uygulama sonuçlarının benzerlik gösterdiği fakat C tekstür sınıflı toprakta ise etkinin farklı olduğu belirlenmiştir. Bu analiz sonuçlarına göre veri ortalamaları arasındaki farklılık ( $p < 0,01$ ) seviyesinde önemli çıkmıştır (Farklı harfle işaretlenen ortalamalar bu teste göre birbirinden farklıdır).

Çizelge 5. Plastiklik indeksi değerlerine ilişkin varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları.

| Kaynaklar                                                 | Serbestlik der. | Varyans analizi sonuçları |              | F değeri | Önem düzeyi |
|-----------------------------------------------------------|-----------------|---------------------------|--------------|----------|-------------|
|                                                           |                 | Kareler top.              | Kareler ort. |          |             |
| Dozlar (B)                                                | 3               | 12,130                    | 4,043        | 0,537    | 0,661       |
| AxB                                                       | 6               | 33,439                    | 5,573        | 0,741    | 0,622       |
| Hata                                                      | 24              | 180,560                   | 7,523        |          |             |
| Genel                                                     | 36              |                           |              |          |             |
| Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları (Ortalamalar*) |                 |                           |              |          |             |
| Topraklar                                                 |                 | L                         | CL           | C        |             |
| Likit limit değerleri                                     |                 | 9,9682a                   | 8,44a        | 24,9218b |             |

\*: Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar adı geçen teste göre birbirlerinden %1 düzeyinde farklıdır

Toprakların plastiklik indeksi değerleri ile maksimum kuru birim ağırlığı (-0,913\*\*), kum (-0,922\*\*), silt (-0,636\*\*), kireç (-0,953\*\*), kalsiyum (-0,610\*\*) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli negatif korelasyonlar belirlenirken diğer taraftan toprakların likit limit (0,937\*\*), plastik limit (0,716\*\*), LL/pF'2 nemi (0,872\*\*), PL/pF'2 nemi (0,662\*\*), agregat stabilitesi (0,840\*\*), kil (0,907\*\*), organik madde (0,841\*\*), değişebilir magnezyum (0,845\*\*), değişebilir potasyum (0,942\*\*), kation değişim kapasitesi (0,475\*\*) değerleri arasında %1 seviyesinde önemli pozitif ilişkiler göstermiştir.

Toprakların denet plastiklik indeksi değerlerine göre uygulamaların meydana getirdiği ortalama oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin bu açıdan L (19,33) > CL (15,08) > C (-1,75) şeklinde etkili oldukları saptanmıştır. Diğer taraftan artan uygulama dozlarının oluşturduğu etkiler incelendiğinde tınlı toprakta %12 uygulama dozunun, killi tın tekstürlü toprakta ise %3 uygulama dozunun oransal olarak daha etkili olduğu görülmüştür. Kil tekstürlü toprakta ise %3 uygulama düzeyi indeks değerinde düşük düzeyli bir artış sağlarken diğer uygulama düzeyleri indeks değerlerini düşürmüştür. Bu bulgular diatomitin plastiklik indeksi değerleri üzerindeki etkisinin toprak özelliklerinden etkilendiğini aynı zamanda söz konusu materyalin likit ve plastik limitler üzerindeki etkilerinin farklılık gösterdiğini ortaya koymaktadır. Plastiklik indeksi değeri toprakların sıkışmaya müsaitlik durumunun değerlendirilmesinde bir indeks rolüne sahiptir (Jumikis, 1984; Mapfumo and Chanasyk, 1998). İndeks değeri 7'den küçük ise toprağın düşük plastisiteye, değer 7-17 arasında ise orta derecede plastisiteye ve 17'den büyük ise yüksek derecede plastisiteye sahip olduğunu gösterir. Bu açıdan bir değerlendirme yapıldığında çalışmada kullanılan killi toprağın oldukça plastisiteli, tın ve killi tın tekstürlü toprağın ise orta derecede plastisiteye sahip olduğu ve bu doğrultuda deformasyonun meydana geleceği dar nem aralığı nedeniyle şiddetli sıkışmaya daha az

meyilli olduğu ifade edilebilir. Uygulanan diatomitin killi toprakta indeks değerini düşürerek sıkışma riskini azalttığını göstermektedir. Aksakal ve ark. (2013) diatomit kullanarak yaptıkları bir araştırmada burada elde edilen sonuçlara benzer bulgu elde etmişlerdir.

## Sonuç

Sera koşullarında tın (L), kili tın (CL) ve kil (C) tekstürlü yüzey toprak örneklerine dört farklı dozda (%0, %3, %6, %12) diatomit ilave edilerek inkübasyon denemesi şeklinde yürütülen çalışma sonucunda;

Topraklarda pH değerlerinin diatomit uygulama dozuna paralel olarak CL ve L tekstüre sahip topraklarda nötral noktaya doğru düşüş, C tekstüre sahip hafif asit reaksiyonlu toprakta ise nötral noktaya doğru bir yükselme gösterdiği tespit edilmiştir. Diatomit uygulaması, toprakların EC değerlerini arttırmıştır. Toprakların kireç ve organik madde kapsamalarında; düşük düzeyli değişimler meydana gelmiş olup değişim seviyesi toprakların başlangıçtaki özelliklerine bağlı olmuştur. Diatomit uygulama dozlarına paralel olarak toprakta tutulan su miktarı, değişebilir katyonlar ve katyon değişim kapasitesi değerlerinde artışlar meydana gelmiştir.

Diatomit uygulaması toprakların LL ve PL değerlerini yükseltirken PI değerinde önemli bir değişime neden olmamıştır. Bu durum likit ve plastik limit değerlerinde diatomidin oluşturduğu etkinin benzerlik göstermesinden kaynaklandığını ortaya koymaktadır. Meydana gelen değişim toprak özellikleri ve uygulama dozundan etkilenmiş olup diatomitin iyileştirici etkisi L tekstürlü toprakta daha etkin olmuştur.

Elde edilen bulgular diatomit uygulamasının, toprakların fiziksel yapısını iyileştirme açısından olumlu sonuçlar verdiğini ve diatomitin, toprak düzenleyicisi potansiyeli olduğunu göstermiştir. Bununla birlikte diatomitin bileşim ve özelliklerinin elde edildiği bölgeye göre değiştiğini gözden uzak tutmamak gerekir. Kullanım amacı ve elde edilecek sonuçlar diatomitin içeriğine bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir. Diatomitin etkinliği ve toprak düzenleme hedefi, toprağın başlangıç koşullarıyla da yakından ilişkilidir. Dolayısıyla üzerinde daha fazla araştırma yapılmasında yarar bulunmaktadır.

## Kaynaklar

- Aksakal E L, Angin I, Oztas T. 2012. Effects of diatomite on soil physical properties. *Catena*, 88(1), 1-5.
- Aksakal E L, Angin I, Oztas T. 2013. Effects of diatomite on soil consistency limits and soil compactibility. *Catena*, 101, 157-163.
- Demiralay İ. 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143, 13-19.
- Fang Y, Huang H, Wang X, Zhao Y, Gao Y, Cui X. 2024. Effects of composite soil conditioner on soil properties and corn yield in a saline-alkali soil. *Soil Use and Management*, 40(3), e13095.
- Ghobara M M, Ghobara M M, Ghobara M M, Mohamed A. 2019. Diatomite in use: Nature, modifications, commercial applications and prospective trends. *Diatoms: fundamentals and applications*, 471-509.
- Gondek K, Mierzwa-Hersztek M. 2023. Effect of soil supplementation with mineral-organic mixtures on the amount of maize biomass and the mobility of trace elements in soil. *Soil and Tillage Research*, 226, 105558.
- Hemmat A, Aghilinategh N, Rezainejad Y, Sadeghi M. 2010. Long-term impacts of municipal solid waste compost, sewage sludge and farmyard manure application on organic carbon, bulk density and consistency limits of a calcareous soil in central Iran. *Soil Tillage Research* 108, 43-50.
- Kacar B. 2016. Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri, Ankara: Nobel Yayıncılık.
- Kacar B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. A.Ü.Ziraat Fak.Eğ.Arş. Vak .Yay. No. 3:
- Kimsey MJ, Laing LE, Anderson SM, Bruggink J, Campbell S, Diamond D, Vaughan R. 2020. Soil mapping, monitoring, and assessment. *Forest and rangeland soils of the United States under changing conditions: A comprehensive science synthesis*, 169-188.
- Kuzina EE, Arefyev AN, Kuzin EN. 2021. Influence of diatomite and its combinations with manure on the fertility of leached black earth soil (chernozem) and on the yield of vegetable crops. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(3).
- Lee J, Fratta D, Palomino AM. 2024. The effect of diatom content on the physical, electrical, and mechanical properties of soils. *Acta Geotechnica*, 19(4), 2251-2271.
- Mekuria W, Getnet K, Noble A, Hoanh CT, McCartney M, Langan S. 2011. Economic valuation of organic and clay-based soil amendments in small-scale agriculture in Lao PDR. *Field Crops Research*, 149, 379-389.
- Nalbant H. 2013. Uygun olmayan fiziksel koşullara sahip toprakların toprak düzenleyicileri ile iyileştirilmesi üzerine bir araştırma.
- Özdemir N. 2013. Toprak ve Su Korums. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders kitabı No. 22. Samsun.
- Özdemir N, Öztürk E, Durmuş ÖTK. 2017. Organik düzenleyici uygulamalarının yapay yağış koşulları altında toprak kaybı üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 114-120.

- Qu JL, Zhao DX. 2016. Comparative research on tillable properties of diatomite-improved soils in the Yangtze River Delta region, China. *Science of the Total Environment*, 568, 480-488.
- Richardson MD, Karcher DE. 2001. Addition of inorganic amendments to a mature, sand-based putting green. *International Turfgrass Society Research Journal*, 2001, Vol. 9, 610-614 ref. 10
- Samani M, Ahlawat YK., Golchin A, Alikhani HA, Baybordi A, Mishra S. 2024. Modified diatomite for soil remediation and its implications for heavy metal absorption in *Calendula officinalis*. *BMC Plant Biology*, 24(1), 357.
- Taş B, Çetin M. 2012. Biyolojik orijinli tek doğal mineral: diatomit. *Tübvav Bilim Dergisi*, 5(2), 28-46.
- Wallace A. 2020. Some living plants and some additional products useful as soil conditioners and in various technologies. In *Handbook of soil conditioners* (pp. 463-510). CRC Press.
- Waltz FJ, McCarty LB. 2005. Field evaluation of soil amendments used in rootzone mixes for golf course putting greens. *International Turfgrass Society Research Journal*, 2005, Vol. 10, 1150-1158.



## Arazi toplulaştırma projelerinde kullanılan toprak indeks değerlerinin alansal dağılımının farklı enterpolasyon yöntemleri ile değerlendirilmesi

Eyüp UZUNAL, Hakan ARSLAN\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

### Öz

Toprak haritaları, sürdürülebilir tarım, arazi yönetimi ve arazi toplulaştırmalarının planlanmasında çok önemli yer tutmaktadır. Bu nedenle toprak özelliklerinin alansal dağılımlarının en az hata ile yapılması projenin başarısı için çok önemlidir. Bu haritaların oluşturulmasında farklı enterpolasyon yöntemleri (IDW, Kriging, RBF vb.) kullanılmaktadır. Enterpolasyon yöntemleri, toplulaştırma sürecinde toprak sınıflarının belirlenmesi ve sınırların doğru çizilmesine olanak tanımaktadır. Bu çalışmada Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından Konya ili Altınekin ilçesi 1. Kısım Arazi Toplulaştırma ve TİGH Projesi kapsamında, 24.911 hektarlık alanda 1318 noktadan elde edilen toprak verileri kullanılmış ve bu verilerden arazi toplulaştırma da çok önemli bir aşama olan toprak indeks değerleri hesaplanmıştır. Çalışmada hesaplanmış olan toprak indeks değerlerinin alansal dağılım haritaları IDW, RBF ve Kriging enterpolasyon yöntemlerine ait toplam 12 farklı yöntem ile hazırlanmış ve en iyi enterpolasyon yöntemi belirlenmeye çalışılmıştır. Yöntemlerin karşılaştırılmasında RMSE değerleri kullanılmıştır. Yapılan analizlerde, IDW-3 yöntemi 12.399 ile en düşük RMSE değerine sahip olarak belirlenmiş ve çalışma için en uygun yöntem olarak öne çıkmıştır. Yöntemlere göre alansal dağılım arasında çok büyük farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Bu durum alan bazlı çalışmalarda seçilen enterpolasyon yönteminin önemini ortaya koymuştur. Arazi toplulaştırma çalışmalarının toprak etüt ve haritalama aşamalarında klasik değerlendirme yerine enterpolasyon yöntemlerine göre yapılan haritaların kullanılması arazi toplulaştırma çalışmalarının başarısına önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Coğrafi bilgi sistemleri, enterpolasyon yöntemleri, storie indeks , arazi toplulaştırması

## Evaluation of the spatial distribution of soil index values used in land consolidation projects with different interpolation methods

### Abstract

Soil maps play a crucial role in the planning of sustainable agriculture, land management, and land consolidation. Therefore, accurately mapping the spatial distribution of soil properties is vital for the success of the project. Different interpolation methods (IDW, Kriging, RBF, etc.) are used to create these maps. Interpolation methods allow for the identification of soil classes and the accurate delineation of boundaries during the consolidation process. In this study, soil data obtained from 1,318 borehole points in an area of 24,911 hectares within the scope of the 1st Phase Land Consolidation and TİGH Project in the Altınekin district of Konya province, conducted by the General Directorate of State Hydraulic Works, were used. A total of 12 methods of IDW, RBF, and Kriging interpolation techniques were compared in the research, and the best interpolation method was sought. RMSE values were used for the comparison of the methods. In the geostatistical analysis performed, the IDW-3 method, with an RMSE value of 12.399, was identified as having the lowest RMSE and emerged as the most suitable method for the study. This result emphasizes the effectiveness of interpolation techniques in soil mapping and consolidation processes, as well as the importance of project-based method selection.

**Keywords:** Geographic information systems, interpolation methods, storie index, land consolidation

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 352 3120

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 20 Mayıs 2025

Kabul Tarihi : 03 Haziran 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1702744

## Giriş

Toprak; tarımsal üretim, ekosistem dengeleri ve insan faaliyetlerinin sürdürülebilirliği açısından kritik bir doğal kaynaktır. Tarım, ormancılık, kentsel planlama ve altyapı projeleri gibi multidisipliner alanlarda etkin arazi yönetimi için toprak özelliklerinin mekansal dağılımının haritalanması gereklidir (Aydın ve Dengiz, 2020). Özellikle tarımsal verimlilik hedefleri ile çevresel sürdürülebilirlik arasındaki dengenin sağlanması, örneklenmeyen bölgelerdeki toprak parametrelerinin doğru tahminine bağlıdır. Ancak, yüksek girdi kullanımına dayalı geleneksel tarım uygulamaları, toprak degradasyonu ve verim kayıplarına yol açabilmekte ve bu nedenle de bilimsel temelli arazi değerlendirme çalışmalarına duyulan ihtiyaç artmaktadır (Dengiz, 2011).

Arazi değerlendirme çalışmaları öncelikle tarımsal üretimin planlandığı alanın toprak haritasının çıkarılması ile başlamaktadır. Toprak haritaları, doğal kaynakların verimli kullanılması, çevresel sürdürülebilirliğin sağlanması ve ekonomik kalkınma açısından vazgeçilmez bir araçtır. Bu haritaların hazırlanması ve etkin kullanımı hem günümüz hem de gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamada önemli bir rol oynamaktadır (Özden, 2002). Toprakların doğru bir şekilde değerlendirilmesi, toprak haritalarının oluşturulması ve güncel tutulması toplumların kalkınma hedeflerine ulaşması için stratejik bir öncelik olarak ele alınmalıdır (Alaboz ve ark., 2020). Ülkemiz toprakları hakkında ayrıntılı ve güncel bilgileri içeren detaylı toprak etüt ve haritalarının yeter derecede olmayışı tarımsal üretim açısından en önemli sorunların başında gelmektedir (Bayramin ve ark., 2013).

Toprak özellikleri, yeraltı suyu kalite özellikleri veya iklim parametreleri gibi birçok veri noktasal olarak elde edilmektedir. Bu verilerin alansal dağılımlarının yapılmasında, örnek noktaları arasında basit ortalamaların alınmasının yeterli olmayacağı kesindir. Örnek noktaları arasındaki değişimleri dikkate alarak uygun bir enterpolasyon yönteminin belirlenmesi gerekmektedir. Günümüzde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) kullanılarak yapılan uygulamalarda koordinatları bilinen noktalardan toplanan, yani noktasal olarak referanslandırılmış, verinin alansal olarak ifade edilmesi için mekansal enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır. Buradaki temel konu, mevcut veriler için en uygun enterpolasyon yönteminin seçilmesidir (Burrough ve McDonnell, 1998). Noktasal verilerinden konumsal dağılım özelliği gösteren verilerin elde edilmesinde günümüzde ki gelişmelere paralel olarak CBS uygulamaları sıklıkla kullanılmaya başlanılmıştır. Toprak özelliklerin alansal dağılımları ile ilgili yapılan birçok çalışmada enterpolasyon yöntemleri kullanılmaktadır (Abdulmanov ve ark., 2021; Fu ve ark., 2021; Shahinzadeh ve ark. 2022). Toprak haritaları bitki besin elementi içeriği dağılımları, eğim, bakı vb. gibi toprak özelliklerinde çeşitli amaçlar için yapılabilmektedir. Bu haritaların GIS (ArcGIS, QGIS vb.) programları vasıtasıyla alansal dağılımlarını belirlemek için jeostatistiksel hesaplamalar yapılması gerekmektedir. Bu hesaplamalar çok kısa mesafelerde dahi büyük değişimler gösterebilecek toprak parametresine ait verilerin değerlendirilmesinin, bazı istatistiksel yöntemler kullanılarak yapılmasının önemini göstermektedir. Haritalar yapılırken en uygun enterpolasyon yönteminin belirlenmesi aşamasında farklı değerlendirme kriterleri kullanılabilmektedir. Bu yöntemlerin en çok kullanılanı Hataların Karesinin Ortalamasının Karekökü (RMSE) yöntemidir (Heuvelink, 2006).

Uyan (2016)'da yapmış olduğu bir çalışmada Konya'da yapılan bir arazi toplulaştırması alanındaki toprak indeksinin jeostatistiksel yöntemler kullanılarak alansal dağılım haritalarını hazırlamış ve sonuçları klasik değerlendirme yöntemleri ile karşılaştırmıştır. Çalışmada 109 noktadan örnekleme yapılmış ve her bir noktanın toprak indeksi değerleri hesaplanmıştır. Ordinary kriging yönteminin altı farklı modeli ile haritalamalar yapılmış ve en iyi yöntemin belirlenmesinde RMSE değeri kullanılmıştır. Çalışmada örnek parseller için Kriging yöntemleri hazırlanan haritalardaki toprak indeksi ile klasik yöntem ile hazırlanan toprak indeksleri karşılaştırılmış ve kriging yöntemlerinin daha doğru sonuç verdiği belirlenmiştir. Kravchenko ve Bullock (1999) yaptıkları çalışmalarında, toprak özelliklerinin haritalanması için optimal enterpolasyon yöntemini belirlemek üzere Ters Mesafe Ağırlıklandırması (IDW), Sıradan Kriging (KO) ve Log-Normal Sıradan Kriging (Kolog) yöntemlerini değerlendirmişlerdir. Verilerin istatistiksel özellikleri ile yöntemlerin performansı arasındaki ilişkiler, otuz farklı tarım arazisinden elde edilen toprak test P ve K verileri kullanılarak analiz etmişlerdir. IDW ağırlıklandırması için 1, 2, 3 ve 4'üncü derece üs değerleri kullanılmıştır. Üç yöntem için de en yakın komşu nokta sayısı 5 ile 30 arasında değişmiştir. Sonuçlar, Kolog'un log-normal dağılımlı verilerde KO'ya kıyasla tahmin hassasiyetini artırabileceğini göstermişlerdir. Deneysel veriler ile kriging tahminleri arasındaki korelasyon katsayıları, toplam 60 veri setinin 57'sinde InvD'den daha yüksek çıkmıştır; kriging mutlak hataları kırk dört veri setinde daha düşük ve kriging ortalama hataları otuz bir veri setinde IDW'den daha düşük bulunmuştur.

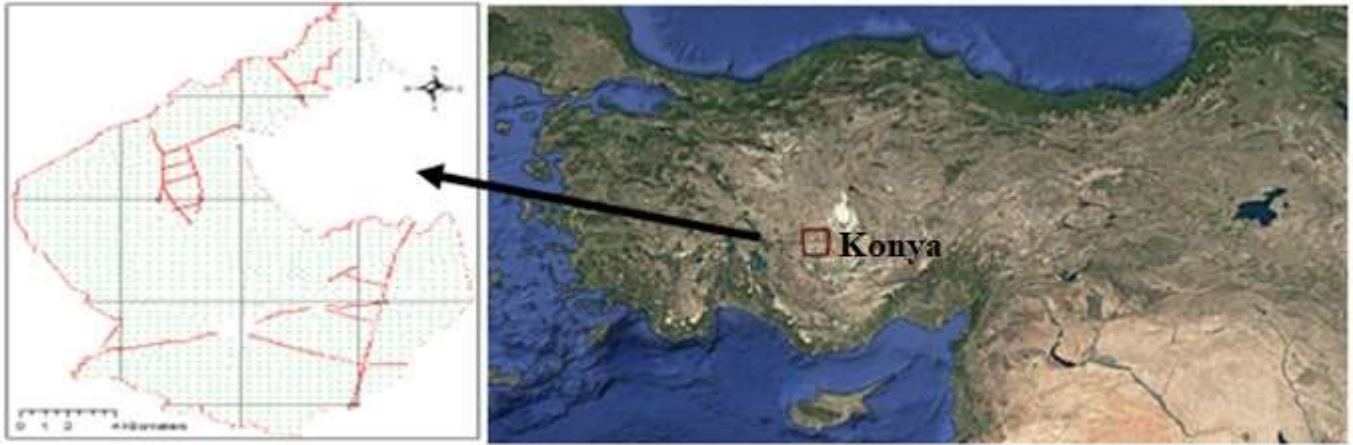
Türkiye'de arazi toplulaştırma projeleri, 1984 tarihli 3083 sayılı Sulak Alanlarda Arazi Düzenlemesine İlişkin Kanun'a uygun olarak Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından yürütülmektedir. Bu kanun, sulak alanların korunması, sürdürülebilir kullanımı ve tarımsal verimliliğin artırılması amacıyla arazi düzenlemelerini kapsamaktadır. Bu süreçte, toprak haritalarının oluşturulmasında Storie İndeksi yöntemi kullanılmaktadır. Storie İndeksi, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için kullanılan bir yöntemdir. Bu indeks, toprakların verimliliği, su tutma kapasitesi, drenaj durumu ve diğer özellikleri hakkında detaylı bilgiler sunarak, sulak alanların en uygun şekilde değerlendirilmesine olanak tanır.

Bu çalışmada, arazi toplulaştırma projelerinde önemli bir yer tutan toprak indeksi değerlerinin alansal dağılımlarının coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak yapılması ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır..

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma Alanı Konumsal Durumu

Bu çalışma, Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesi'nde yer alan Konya İli Altınekin İlçesi 1. Kısım Arazi Toplulaştırma ve Tarımsal Altyapıyı Geliştirme Projesi (TİGH) kapsamındaki sahayı ele almaktadır. Proje alanı, Konya şehir merkezinin yaklaşık 50 km kuzeydoğusunda, Altınekin ilçesi sınırları içerisinde konumlanmıştır. 38°18' Kuzey enlemi ve 32°52' Doğu boylamı merkez koordinatlarına sahip bölge, parçalı arazi yapısı ve kırsal yerleşim alanları ile karakterize edilen tarım arazilerini kapsamaktadır (**Hata! Başvuru kaynağı bulunamadı.**). Konya Kapalı Havzası'nda bulunan saha, yıllık ortalama 300–350 mm yağış alan yarı kurak iklim kuşağında yer almakta olup, su yönetimi ve arazi kullanım optimizasyonunu zorunlu hale getirmektedir (Sarış ve Gedik, 2021).



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

### Toprak Haritalarının Oluşturulması

Arazi toplulaştırma çalışmalarında derecelendirme için kullanılan toprak indeksi, yalnızca toprak özelliklerine dayanan; toprak derinliği, yüzey tabakasının yapısı, alt toprak özellikleri, drenaj, tuzluluk, alkalinite, pH, erozyon ve rölyef gibi faktörlerin değerlendirilmesiyle elde edilmektedir. Toprak indeksi, toprak özelliklerine göre verimlilik yeteneklerini ve tarımsal potansiyel sınıflarına göre derecelendirmektedir. Storie indekse göre araziler aşağıda görülen denkleme göre, 0 – 100 arası puan olarak sınıflandırmaları yapılmaktadır.

$$SI = A \times B \times C \times X$$

Burada A, toprak profili grubunu (ana malzeme türü, şekil ve birikim oluşumu, toprak malzemesinin yaşı, derinliği, erozyon direnci), B, üst toprak dokusunu (üst toprak içindeki çeşitli boyut gruplarına göre kum, silt ve kil oranları), C, arazi eğimini ve X, diğer toprak özellikleri (drenaj, tuzluluk, alkalinite, asidite vb.) temsil etmektedir.

Bu çalışmada, DSİ tarafından Konya ili Altınekin ilçesi 1. Kısım Arazi Toplulaştırma ve TİGH Projesi kapsamında hazırlanan Storie İndeks haritası kullanılmıştır. Yapılan çalışmada 24.911 hektarlık alanda 1318 farklı noktadan elde edilen veriler kullanılmıştır.

## Enterpolasyon Yöntemleri

Toprak haritaları, tarımsal verimlilik, arazi planlaması, çevresel analiz ve su yönetimi gibi birçok alanda kritik öneme sahiptir. Bu haritaların doğruluğu ve kullanılabilirliği, temel olarak arazi ölçüm noktalarından elde edilen verilerin enterpolasyon yöntemleri ile ilişkilidir. Enterpolasyon, sınırlı sayıdaki ölçüm noktasından elde edilen verilerden yararlanarak, bu noktalar arasındaki alanların özelliklerini tahmin etmeye yarayan matematiksel bir teknik olmakla birlikte toprak biliminde enterpolasyon, özellikle fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerin mekansal dağılımını modellemek için kullanılır (Bishop et al., 2001).

Enterpolasyon yöntemleri; mekansal analiz, istatistiksel modelleme ve veri enterpolasyonu disiplinlerinde temel yöntem ve kavramlara karşılık gelir. Deterministik ve stokastik olmak üzere 2 farklı enterpolasyon yöntemleri bulunmaktadır. Inverse Distance Weighting (IDW) veya Ters Mesafe Ağırlıklı, enterpolasyon sürecinde yakınlık ilkesini matematiksel olarak uygulayan deterministik bir yöntemdir. Bu teknik, özellikle jeofizik ve çevresel modelleme çalışmalarında, ölçüm noktaları arasında mesafe artışına bağlı olarak ağırlıkların üstel azalması prensibiyle çalışmaktadır (Shepard, 1968). Bu çalışmada IDW yöntemi içerisinde bulunan 3 farklı güç seviyesi (1, 2, ve 3) kullanılarak alansal dağılım haritaları oluşturulmuştur.

Radyal Taban Fonksiyonu (RBF), yüksek boyutlu veri setlerinde enterpolasyon ve regresyon için kullanılan parametrik bir yaklaşımdır. RBF yöntemi içerisinde farklı fonksiyonlar bulunmaktadır. Bu fonksiyonlardan Thin Plate Spline (TPS) veya İnce Plaka Spline, esnek bir enterpolasyon tekniği olarak, yüzey deformasyonlarını minimum eğrilik enerjisi ile modellemek için kullanılmaktadır. Tıbbi görüntüleme ve jeodezik haritalamada, noktasal deformasyonların matematiksel olarak dengelenmesi için tercih edilmektedir (Bookstein, 1989). Coordinate Reference System (CRS) veya Koordinat Referans Sistemi fonksiyonu ise mekansal verilerin konumsal doğruluğunu sağlamak için kullanılmaktadır. Stationary Wavelet Transform (SWT) veya Durağan Dalgacık Dönüşümü, sinyal işlemede zamanla değişen frekans bileşenlerini analiz etmek için kullanılmaktadır (Stephane, 1999). Bu çalışma kapsamında toprak indeks değerlerinin alansal dağılımlarını yapmak için RBF yöntemi altında 3 farklı fonksiyon (TPS, CRS ve SWT) yöntemi karşılaştırılmıştır.

Kriging, jeostatistiğin temel taşlarından biri olarak bilinmekte ve uzamsal otokorelasyon yapısını (variogram) kullanarak belirsizlik ölçütleriyle birlikte optimal tahminler üretmektedir. Bu yöntem, maden kaynaklarının tahmininden hava kalitesi modellemeye kadar geniş bir uygulama alanına sahip olmaktadır (Oliver ve Webster, 1990). Gauss modeli (GAU), üssel model (EXP) ve küresel model (SPH) terimleri ise variogram modelleme sürecinde kullanılan temel fonksiyonlardır. Gauss modeli düzgün geçişli uzamsal ilişkileri tanımlarken, Üssel model kısa mesafeli ani değişimleri, Küresel model ise belirli bir mesafe sonrasında korelasyonun sıfıra düştüğü durumları temsil eder. Bu modellerin seçimi, verinin uzamsal yapısına ve araştırma hedeflerine bağlıdır (Pebesma, 2004). Her bir yöntem, disiplinler arası çalışmalarda veriye dayalı karar süreçlerini desteklemek için kritik rol oynamaktadır. Araştırma kapsamında ordinary kriging ve universal kriging yöntemlerine ait gauss, üssel ve küresel variogram modelleri kullanılarak enterpolasyon haritaları üretilmiştir.

## Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Bu çalışmada toprak indeksinin alansal dağılımlarını hazırlamak ve en uygun alansal dağıtım yöntemini belirlemek için iki deterministik (IDW, RBF) ve iki jeostatistiksel yöntem (OK, UK) kullanılmıştır. En iyi enterpolasyon yöntemini belirlemek için Ortalama Hata Kareleri Toplamının Karekökü (RMSE) kullanılmıştır (Alaboz et al., 2020). RMSE, tahmin edilen değerler ile gözlemlenen değerler arasındaki farkın büyüklüğünü ölçerek modelin doğruluğunu objektif bir şekilde karşılaştırmaya olanak tanımaktadır. RMSE değerinin daha küçük olması enterpolasyon yönteminin daha iyi olduğunu göstermekte olup aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmaktadır (Wang ve Lu, 2018).

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (Z_{i^*} - Z_i)^2}$$

Burada n örnek sayısını,  $Z_{i^*}$  enterpolasyonla elde edilen tahmin değerini,  $Z_i$  ise gerçek değeri temsil etmektedir.

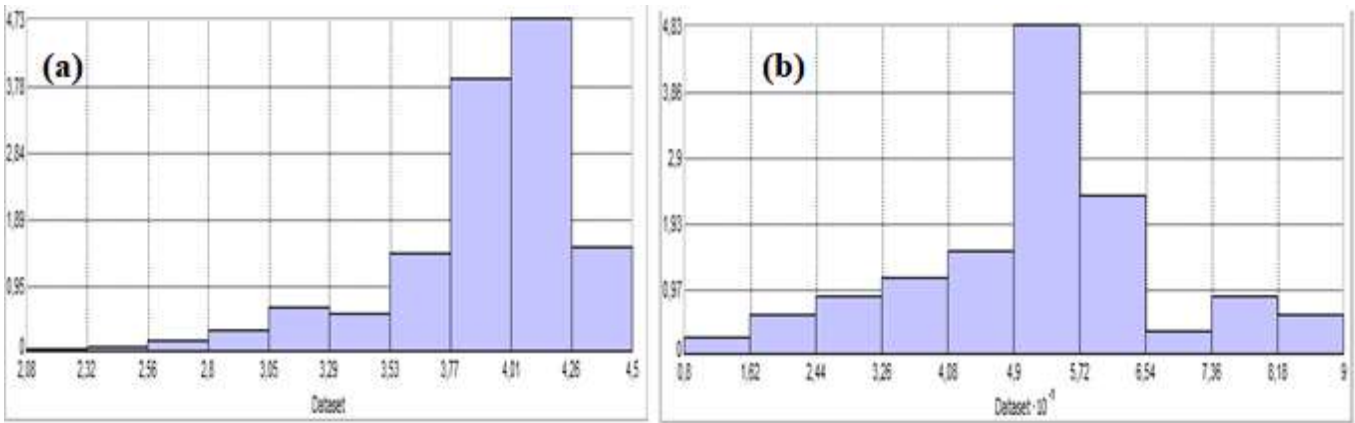
## Bulgular ve Tartışma

### İstatistiksel Özellikler

Toprakların storie indeks değerlerine ait temel istatistiksel değerler Çizelge 1 de verilmiştir. Toprak indeksi değerleri 7.97 ile 90 arasında değişim göstermiş ve ortalama değer ise 52.5 olmuştur. Varyasyon katsayısı (CV); toprak özelliklerinin değişkenliğini tanımlamada en önemli faktördür. Veriler, değişkenlik miktarına göre düşük değişkenlik (CV,  $\leq 15\%$ ), orta değişkenlik (CV,  $15-35\%$ ) veya yüksek değişkenlik (CV,  $>35\%$ ) gösterir (Wilding 1985) Çalışmada toprak indeksi değerlerinin orta değişkenlik gösterdiği belirlenmiştir. Jeostatistiksel yöntemleri ile alansal dağılım haritalarının hazırlanması esnasında, öncelikle incelenen özelliklerin normal dağılım gösterip göstermediğinin kontrol edilmesi gerekmektedir. Örnekler üzerinde tek örneklem Kolmogorov Smirnov testi uygulanmış ve örneklerin normal dağılım içerisinde olmadığı belirlenmiştir. Şekil 2’de örneklerin normal dağılımına ve log normal dağılımına ait grafikler verilmiştir. İncelenen veriler log normal dağılım göstermiş ve kriging enterpolasyon yöntemlerinde konumsal dağılım yaparken veriler log normal olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 1. Tanımlayıcı istatistiki değerler

|        | Örnek Sayısı | En Düşük | En Büyük | Ortalama | Standart Sapma | Varyasyon Katsayısı | Çarpıklık | Basıklık |
|--------|--------------|----------|----------|----------|----------------|---------------------|-----------|----------|
| Normal | 1318         | 7.97     | 90.00    | 52.65    | 16.04          | 30.97               | -0.22     | 3.28     |
| Log.   | 1318         | 2.08     | 4.50     | 3.90     | 0.38           |                     | -1.51     | 5.96     |



Şekil 1. Değerlerinin (a) normal dağılım (b) log normal dağılım grafikleri

### Enterpolasyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması

Çalışma kapsamında toprak indeks değerlerinin alansal dağılımları IDW enterpolasyon yöntemine ait 1, 2 ve 3 güç değerleri, RBF yöntemine ait üç farklı fonksiyon (TPS, CRS ve SWT), OK ve UK yöntemlerine ait üç (GAU, SPH ve EXP) ve altı farklı enterpolasyon yöntemini kullanarak toplam on iki farklı harita hazırlanmıştır. Haritalamada toprak indeks değerleri 30’dan küçük, 30-45, 45-60, 60-75 ve 75-90 olacak şekilde beş farklı gruba ayrılmıştır. Enterpolasyon yöntemlerinin performanslarını karşılaştırmak için RMSE değerleri kullanılmış ve yöntemlere ait RMSE değerleri Çizelge 2’de verilmiştir.

Çalışma kapsamında, IDW yöntemine ait 3 farklı güç değeri kullanılarak (IDW-1, IDW-2, IDW-3) alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 3). Üç güç değerine göre hazırlanmış alansal dağılım haritalarının RMSE değerlerini incelendiğinde RMSE değeri 12.399 ile en iyi yöntemin IDW-3 olduğu belirlenmiştir. RBF yönteminde 3 farklı fonksiyon (TPS, CRS, SWT) kullanılmıştır (Şekil 4). RMSE değerleri 12.420 ile 13.051 arasında değişim göstermiştir. En iyi yöntem 12.42 RMSE değerini veren RBF-CRS yöntemi olmuştur. 2 farklı kriging yöntemi (OK, UK) kullanılarak toprak indeksine ait alansal dağılım haritaları hazırlanmıştır (Şekil 5, Şekil 6). Her bir kriging yönteminde 3 farklı variogram model (Gau, Exp, Sph) kullanılmıştır. Tüm kriging modelleri arasında en düşük RMSE değerleri 12.585 ile OK-Exp ve UK-Exp modellerinde olmuştur. En yüksek RMSE değeri ise 12.644 ile UK-Sph modelinde hesaplanmıştır.

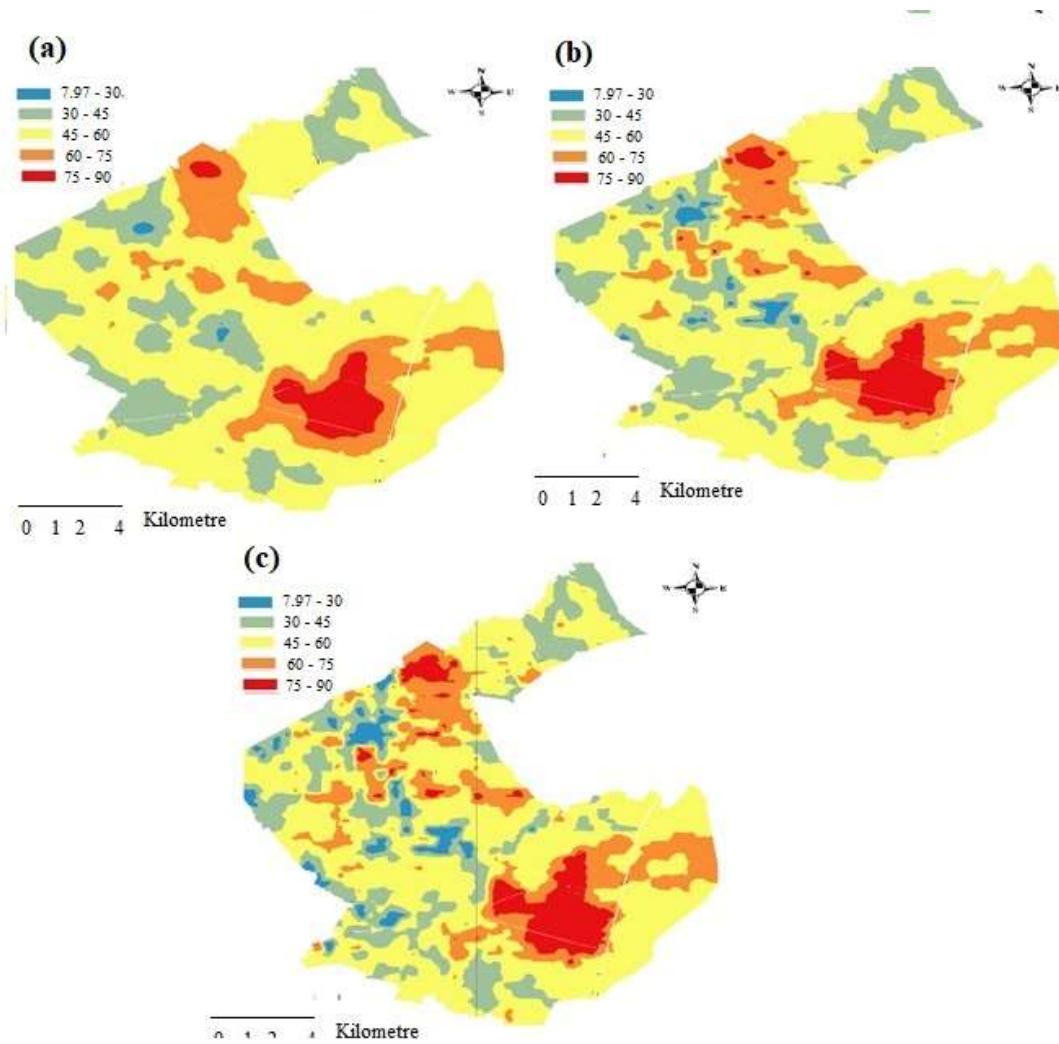
Çizelge 2. Enterpolasyon yöntemlerine göre çapraz doğrulama sonuçları RMSE değerleri

| IDW    |        |               | RBF    |        |        |        | OK     |        | KRIGING |        | UK     |  |
|--------|--------|---------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|--------|--|
| 1      | 2      | 3             | TPS    | CRS    | SWT    | GAU    | EXP    | SPH    | GAU     | EXP    | SPH    |  |
| 12.732 | 12.493 | <b>12.399</b> | 13.051 | 12.420 | 12.477 | 12.602 | 12.585 | 12.644 | 12.602  | 12.585 | 12.644 |  |

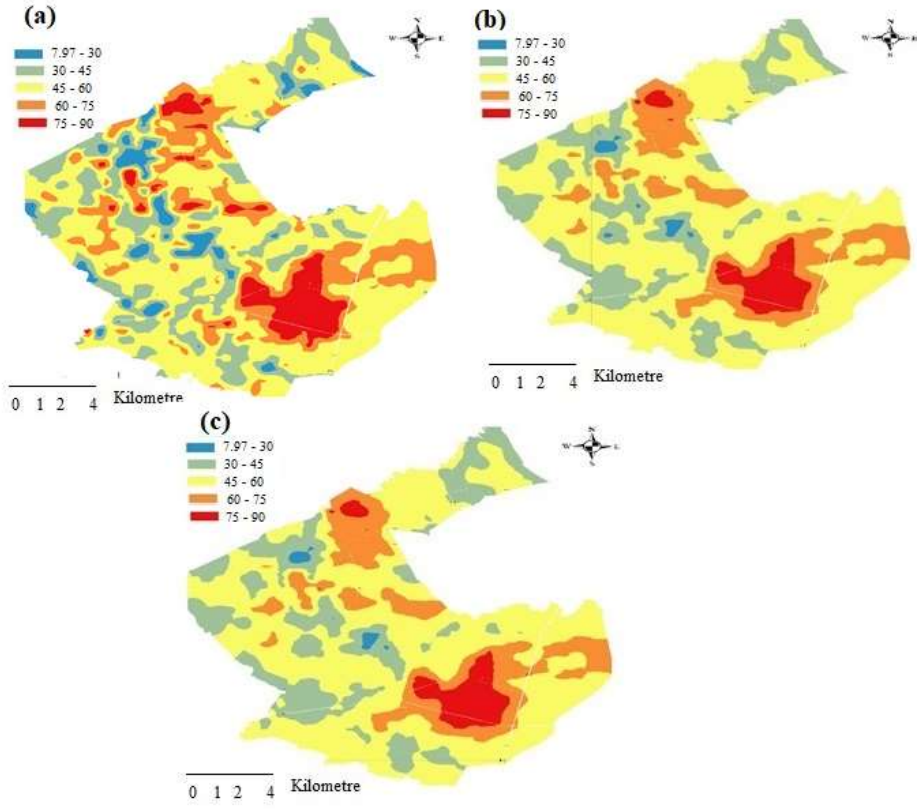
IDW:Ters Mesafe Ağırlıklı, RBF: Radyal Taban Fonksiyonu, TPS:İnce Plaka Spline, CRS:Koordinat Referans Sistemi, SWT:Durağan Dalgacık Dönüşümü, OK:Ordinary(Olağan), UK:Evrensel, GAU:Gauss, EXP:Üssel, SPH:Küresel

İncelenen tüm enterpolasyon yöntemleri karşılaştırıldığında en iyi yöntem IDW- 3 olurken, en kötü yöntem ise RBF-TPS olmuştur. Toprak indeksi değerlerinin alansal dağılımları en iyi yöntem haritasına göre; 30 değerinden küçük değere sahip alanların toplamı 721 ha, 30-45 aralığındaki alanların toplamı 4.843 ha, 45-60 aralığındaki alanların toplamı 13.387 ha, 60-75 aralığındaki alanların toplamı 4.284 ha ve 75-90 aralığındaki alanların toplamı ise 1.676 ha olarak belirlenmiştir (Çizelge 3).

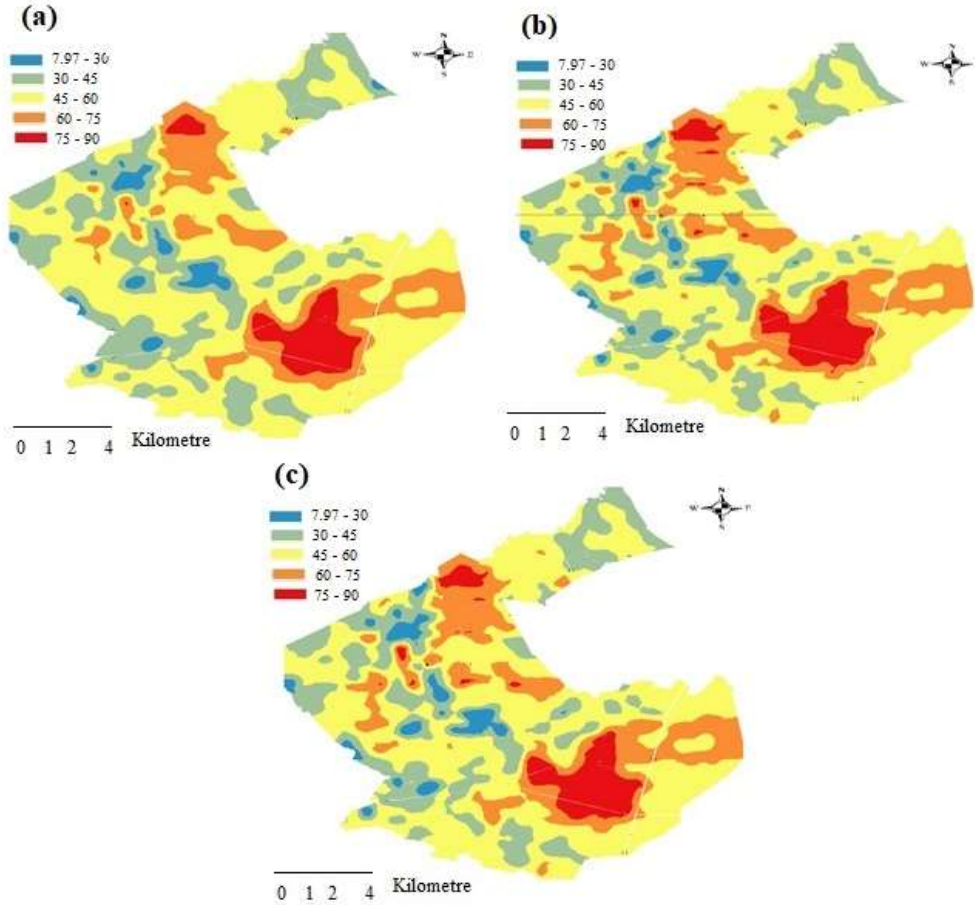
Buna karşılık, en yüksek RMSE değerini vererek en kötü alansal dağılımı yapan RBF-TPS ye göre hazırlanmış alansal dağılım haritası incelendiğinde ise; 30 değerinin altındaki 1.029 ha ve 75-90 aralığında ise 1.773 ha alan olduğu belirlenmiştir. İki yöntemdeki sınıf alanları arasındaki farklılıklar incelendiğinde %4.90 ile %42.80 arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Bu durum alansal dağılım haritaları hazırlanırken yöntem seçiminin toprak yönetimindeki önemini ortaya koymaktadır.



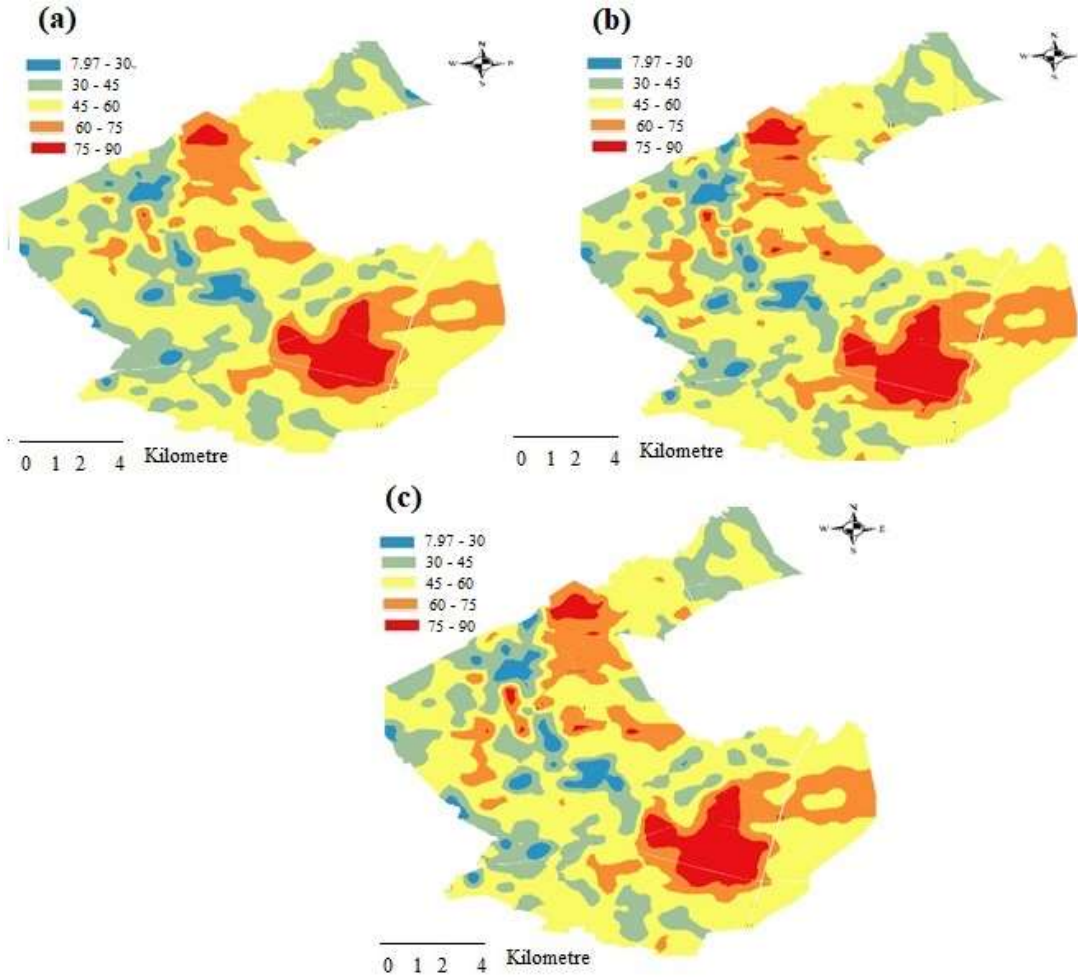
Şekil 3. IDW yöntemine göre Storje indeksi dağılım haritaları (a) IDW-1, (b) IDW-2, (c) IDW-3



Şekil 4. RBF yöntemine göre Storie indeks dağılım haritaları (a) RBF-Tps, (b) RBF-Crs, (c) RBF-Swt



Şekil 5. OK yöntemine göre Storie indeks dağılım haritaları (a) OK-Gau, (b) OK-Exp, (c) OK-Sph

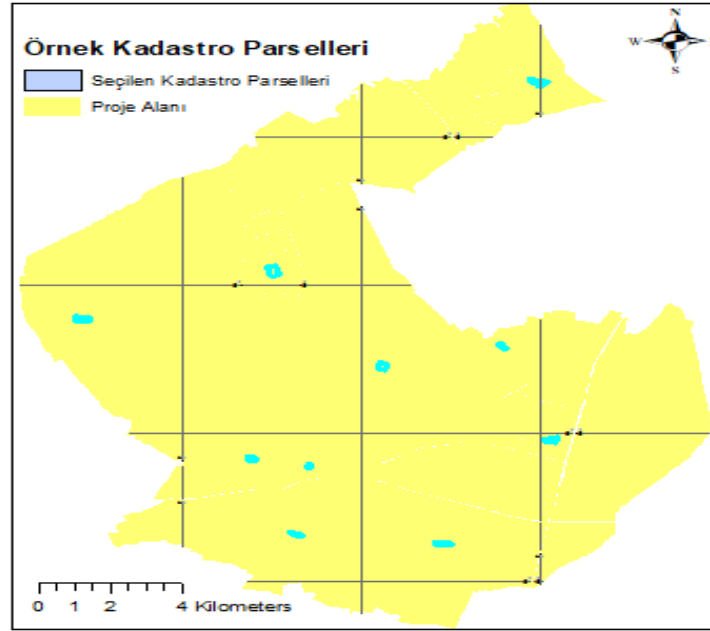


Şekil 6. UK yöntemine göre Storje indeks dağılım haritaları (a) UK-Gau, (b) UK-Exp, (c) UK-Sph

Çizelge 3. En iyi ve en kötü enterpolasyon yöntemleri için alansal ve yüzdesel değişimler

| Sınıf              | IDW-3 (ha)    | RBF-TPS (ha)  | Fark (ha) | Değişim Oranı (%) |
|--------------------|---------------|---------------|-----------|-------------------|
| 30 altı            | 721           | 1.029         | 308       | 42.71%            |
| 30-45              | 4.843         | 5.082         | 239       | 4.90%             |
| 45-60              | 13.387        | 12.487        | -900      | -6.70%            |
| 60-75              | 4.284         | 4.54          | 256       | 6.00%             |
| 75-90              | 1.676         | 1.773         | 97        | 5.80%             |
| <b>Toplam Alan</b> | <b>24.911</b> | <b>24.911</b> |           |                   |

Çalışma kapsamında ayrıca DSİ tarafından arazi toplulaştırmada kullanılmış olan parsellere ait toprak indeksi değerleri ile en iyi yöntem olan IDW-3 yöntemine göre hazırlanmış olan harita arasında farklılık olup olmadığını belirlemek için alandan rastgele 10 adet örnek parsel seçilmiştir (Şekil 6, Çizelge 4). Çizelge 4’de verilen DSİ’nin oluşturmuş olduğu indeks değeri ile IDW-3 kullanılarak elde edilen indeks değerleri karşılaştırılmış, farklı alan büyüklüklerine sahip bölgelerde bu iki yöntem arasındaki uyum ve sapmalar ortaya koyulmuştur. Çizelge 4’ incelendiğinde, DSİ ve IDW-3 değerleri arasında rakamsal olarak belirgin farklılıklar olduğu görülmüştür. Örnek olarak 1 ve 3 numaralı parsellerde iki yöntem arasındaki toprak indeksi farkları sırasıyla -0.21 ve 0.31 olarak hesaplanmış, aralarında çok büyük farklılık oluşmamıştır. Bununla birlikte 8 numaralı parselde toprak indeksi değeri DSİ’ye göre 63.40 iken, IDW-3 yöntemine göre 52.10 olarak ölçülmüş ve +11.30 gibi yüksek bir pozitif fark kaydedilmiştir.



Şekil 6. Seçilen Parsel Haritası

Çizelge 4. Bazı kadastro parselleri için DSİ – IDW-3 storie indeks değerlerinin karşılaştırılması

| Parsel No | Parsel Alan (ha) | DSİ (İndeks Değeri) | IDW-3 (İndeks Değeri) | Fark         | DSİ Sınıflama | IDW-3 Sınıflama |
|-----------|------------------|---------------------|-----------------------|--------------|---------------|-----------------|
| 1         | 10.5             | 51.12               | 51.33                 | -0.21        | 3             | 3               |
| 2         | 8.8              | 31.7                | 34.33                 | -2.63        | 4             | 4               |
| 3         | 5.5              | 57.06               | 56.75                 | 0.31         | 3             | 3               |
| 4         | 3.9              | 46.86               | 52.78                 | -5.92        | 3             | 3               |
| 5         | 2.7              | 40                  | 42.69                 | -2.69        | 3             | 3               |
| 6         | 4.4              | 56.8                | 57.2                  | -0.4         | 3             | 3               |
| 7         | 2.9              | 42.5                | 46.2                  | -3.7         | 3             | 3               |
| <b>8</b>  | <b>7.9</b>       | <b>63.4</b>         | <b>52.1</b>           | <b>11.3</b>  | <b>2</b>      | <b>3</b>        |
| 9         | 1.6              | 28.4                | 35.43                 | -7.03        | 4             | 4               |
| <b>10</b> | <b>5.5</b>       | <b>56.8</b>         | <b>60.43</b>          | <b>-3.63</b> | <b>3</b>      | <b>4</b>        |

Parseller Çizelge 5'te verilen sınıflandırma aralıklarına göre incelendiğinde, sekiz parselde DSİ ve IDW-3 arasında yüzdesel olarak farklı değerler ortaya çıktığı görülse de sınıf değişimi gözlenmemiştir. Ancak 8 ve 10 numaralı parseller, IDW-3 ile yapılan sınıflandırmada bir üst sınıfa dahil oldukları anlaşılmıştır.

Çizelge 5. Storie İndekse göre sınıf tanımlamaları (Dengiz ve Ark., 2014)

| Tanımlama  | SI Sınıfı (%) |
|------------|---------------|
| Çok iyi    | 1 ( 80- 100)  |
| İyi        | 2 (60 - 79)   |
| Orta       | 3 (40-59)     |
| Düşük      | 4 (20 - 39)   |
| Çok düşük  | 5 (10 - 19)   |
| Tarım dışı | 6 (0 - 9)     |

## Sonuç

Bu çalışmada, IDW3 ve RBF-TPS enterpolasyon yöntemleri kullanılarak, GIS tabanlı uygulamalar ile oluşturulan toprak haritalarının alan dağılımları karşılaştırılmış ve yöntemler arasında belirgin farklılıklar tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, Kriging ve IDW gibi jeostatistiksel teknikler, sınırlı sayıda toprak örneği ile geniş alanlara ilişkin güvenilir ve detaylı verilerin elde edilmesine olanak sağlamıştır. Özellikle en düşük RMSE değerini

vererek en doğru alansal dağılımı yapan IDW-3 yöntemi, DSİ ölçümleriyle genel bir uyum sergilemekle birlikte, özellikle küçük ve heterojen alanlarda dikkate değer sapmalar göstermektedir. Bu sapmaların temel nedeni, interpolasyon algoritmasının yerel parametrelere (örnekleme yoğunluğu, topoğrafya) duyarlılığı olarak çeşitlendirilebilir. İleriki çalışmalarda, yöntemlerin optimizasyonu için alan büyüklüğü ve veri dağılımı arasındaki ilişkinin detaylı istatistiksel analizi önerilmekte olup çalışma alanı içerisindeki sonda örnek sayısı seçilirken yüzeysel değişimler (eğim, toprak derinliği) göz ardı edilmemelidir.

Toprak İndeksi haritalarının hazırlanmasında jeostatistiksel yöntemler ile birlikte uzaktan algılama gibi diğer veri kaynaklarıyla entegrasyonu, daha kapsamlı ve etkili toprak değerlendirme sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Arazi toplulaştırmanın önemli bir aşaması olan toprak indeksi değerlerinin alansal dağılımlarının hassas yapılması, toplulaştırma projesinin başarısı üzerinde çok büyük bir gösterge olmaktadır. Bu nedenle hem toprak örneği alınacak noktaların hem de alansal dağılım haritalarının çok iyi hazırlanması gerekmektedir.

## Kaynaklar

- Abdulmanov R, Miftakhov I, Ishbulatov M, Galeev E, Shafeeva E. 2021. Comparison of the effectiveness of GIS-based interpolation methods for estimating the spatial distribution of agrochemical soil properties. *Environmental Technology & Innovation*, 24, 101970.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O. 2020. Farklı enterpolasyon yöntemleri kullanılarak toprakların nem sabitelerine ait konumsal dağılımların belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 432-444.
- Aydın A, Dengiz O. 2020. Sürdürülebilir arazi yönetimi için arazi değerlendirmesi çalışması; Samsun-Kavak İlçesinde örnek bir çalışma. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(1), 1-17.
- Bayramın İ, Kılıç Ş, Dengiz O, Başkan O, Tunçay T, Yıldırım A, Koç A, Ögütmen Ç. 2013. Radar görüntülerinin toprak etüt ve haritalama çalışmalarında kullanımı. *TUBİTAK TOVAG*, 110.
- Bishop T, McBratney A, Whelan B. 2001. Measuring the quality of digital soil maps using information criteria. *Geoderma*, 103(1-2), 95-111.
- Bookstein FL. 1989. Principal warps: Thin-plate splines and the decomposition of deformations. *IEEE Transactions on pattern analysis and machine intelligence*, 11(6), 567-585.
- Burrough PA, McDonnell RA, Lloyd CD. 2015. *Principles of geographical information systems*. Oxford university press.
- Dengiz O. 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüt ve Haritalama Çalışmalarının Önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3), 241-250.
- Dengiz O, Sisman A, Gülser C, Şişman Y. 2014. Arazi Toplulaştırmasında Kullanılan Arazi Kalite Derecelendirme Yöntemine Alternatif Yaklaşım. *Toprak Su Dergisi*. 3. 59-69. 10.21657/tsd.01307.
- Fu T, Gao H, Liu J. 2021. Comparison of different interpolation methods for prediction of soil salinity in arid irrigation region in northern China. *Agronomy*, 11(8), 1535.
- Heuvelink GB. 2006. Incorporating process knowledge in spatial interpolation of environmental variables. Lisbon, Portugal: 7th International Symposium on Spatial Accuracy Assessment in Natural Resources and Environmental Sciences,
- Kravchenko A, Bullock DG. 1999. A comparative study of interpolation methods for mapping soil properties. *Agronomy journal*, 91(3), 393-400.
- Oliver MA, Webster R. 1990. Kriging: a method of interpolation for geographical information systems. *International Journal of Geographical Information System*, 4(3), 313-332.
- Özden DM. 2002. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Ulusal Bilgi Merkezi.
- Pebesma EJ. 2004. Multivariable geostatistics in S: the gstat package. *Computers & geosciences*, 30(7), 683-691.
- Shahinzadeh, N., Babaeinejad, T., Mohsenifar, K., & Ghanavati, N. (2022). Spatial variability of soil properties determined by the interpolation methods in the agricultural lands. *Modeling Earth Systems and Environment*, 8(4), 4897-4907.
- Sarış F, Gedik F. 2021. Konya Kapalı Havzası'nda meteorolojik kuraklık analizi. *Coğrafya Dergisi* (42), 295-308.
- Shepard D. 1968. A two-dimensional interpolation function for irregularly-spaced data. *Proceedings of the 1968 23rd ACM national conference*,
- Stephane M. 1999. A wavelet tour of signal processing. In: Elsevier.
- Uyan M. 2016. Determination of agricultural soil index using geostatistical analysis and GIS on land consolidation projects: A case study in Konya/Turkey. *Computers and Electronics in Agriculture*, 123, 402-409.
- Wang W, Lu Y. 2018. Analysis of the mean absolute error (MAE) and the root mean square error (RMSE) in assessing rounding model. *IOP conference series: materials science and engineering*,



## Türkiye’de toprak sağlığı kavramının ülkesel politika ve stratejilere bütünleştirilmesi

Günay ERPUL, Reşat AKGÖZ\*

Ankara üniversitesi, ziraat fakültesi, toprak bilimi ve bitki besleme bölümü, Ankara

### Öz

Toprak, yalnızca tarımsal üretimin değil; aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadele, biyolojik çeşitliliğin korunması, ekosistem hizmetlerinin sürdürülmesi ve kırsal yaşamın devamlılığı açısından da stratejik bir doğal kaynaktır. Bu çalışma, Türkiye’de toprak sağlığı kavramının mevcut yasal ve kurumsal çerçevede yeterince tanımlanmadığını ve politika belgelerine bütüncül bir şekilde entegre edilemediğini ortaya koymaktadır. Mevcut mevzuatın üretim odaklı yaklaşımı, toprak ekosisteminin biyofiziksel işlevlerini ve sağlık göstergelerini göz ardı etmektedir. Ulusal Toprak Bilgi Sistemi (UTBS) ve Arazi Tahribatının Dengelenmesi Karar Destek Sistemi (ATD-KDS) gibi veri altyapıları mevcut olsa da bu sistemlerin etkin kullanımı sınırlı kalmakta ve izleme-temelli yönetim yapılandırılmamaktadır. Çalışmada, AB Toprak Sağlığı Yasası, FAO Gönüllü Kılavuzları ve ABD Toprak Sağlığı Girişimi gibi uluslararası yaklaşımlar ışığında Türkiye için önerilen stratejik reform adımları sunulmaktadır. Bu bağlamda; toprak sağlığının yasal olarak tanımlanması, gösterge temelli izleme sistemlerinin kurulması, finansal teşviklerin yapılandırılması ve yerel bilgi sistemlerinin sürece entegre edilmesi gerektiği vurgulanmaktadır. Türkiye’nin, toprak sağlığı odaklı bir ulusal strateji geliştirerek hem çevresel hem de sosyoekonomik sürdürülebilirlik hedeflerine katkı sağlaması mümkündür.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak sağlığı, sürdürülebilir toprak yönetimi, toprak ekosistem hizmetleri, ulusal toprak stratejisi, toprak sağlığı mevzuatı

## Integration of soil health concept into national policies and strategies in Türkiye

### Abstract

Soil is a strategic natural resource not only for agricultural production but also for combating climate change, preserving biodiversity, sustaining ecosystem services, and maintaining rural livelihoods. This study reveals that the concept of soil health in Türkiye has not been adequately defined within the current legal and institutional framework, nor has it been fully integrated into national policy documents. The prevailing legislation adopts a productivity-oriented perspective, neglecting the biophysical functions and health indicators of soil ecosystems. Although data infrastructures such as the National Soil Information System (UTBS) and the Land Degradation Neutrality Decision Support System (ATD-KDS) exist, their effective utilization remains limited, and indicator-based governance has not been established. Drawing on international approaches including the EU Soil Health Law, FAO Voluntary Guidelines, and the U.S. Soil Health Initiative the study proposes strategic reform steps for Türkiye. These include the legal recognition of soil health, the establishment of indicator-based monitoring systems, the development of financial incentive mechanisms, and the integration of local knowledge systems into policy processes. It is argued that by developing a national strategy focused on soil health, Türkiye can significantly contribute to both environmental and socio-economic sustainability goals.

**Keywords:** Carbon dots, nanotechnology, clay minerals, sustainable agriculture.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (532) 584 0819

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 21 Mayıs 2025

Kabul Tarihi : 6 Haziran 2025

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1703412

## Giriş

Toprak, yalnızca tarımsal üretimin değil, aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin, karbon döngüsünün, su yönetiminin ve biyoçeşitliliğin taşıyıcısı olan stratejik bir doğal kaynaktır. Ancak geleneksel yaklaşımlarda toprak, çoğunlukla verimlilik odaklı bir üretim aracı olarak değerlendirilmiş; sağlığı, canlılığı ve işlevselliği göz ardı edilmiştir. Oysaki günümüzde toprak sağlığı, iklim değişikliğine uyum, karbon yutak kapasitesi, gıda güvenliği ve kırsal yaşam direnci gibi çok katmanlı politika hedeflerinin merkezinde yer almaktadır.

Toprak sağlığı kavramı, son yıllarda tarım, çevre ve iklim politikalarının kesişim noktasında hızla yükselen bir araştırma ve politika teması hâline gelmiştir. Özellikle biyolojik çeşitlilik, organik madde döngüsü ve ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği gibi başlıklar, toprak sağlığına dair göstergelerin geliştirilmesini zorunlu kılmıştır. Bu bağlamda, Anthony ve ark. (2023) tarafından vurgulandığı gibi, toprak canlılığı ve biyoçeşitliliği toprak işlevselliğinin temel belirleyicisidir. Aynı şekilde, Bispo ve ark., (2009) ve Cluzeau ve ark. (2012), toprak biyoçeşitliliğinin izlenmesine yönelik göstergelerin politika belgelerine entegre edilmesini savunmuş ve farklı arazi kullanımlarında karşılaştırmalı temeller sunmuştur.

Toprak sağlığı, Hükümetler Arası Toprak Teknik Paneli (ITPS) tarafından *“Bitki üretimi, su düzeni, karbon depolama, biyolojik çeşitlilik ve insan refahı gibi çok yönlü ekosistem hizmetlerini sürdürülebilir şekilde sağlayabilen canlı, dinamik bir toprak yapısı”* olarak tanımlanmıştır (FAO, 2020a). Bu tanım ile toprağın tarımsal üretim açısından önemi yanında, ekosistemlerin sağlıklı işleyişi için önemine değinilmektedir (Lehmann ve ark., 2020). Toprak sağlığı fiziksel, biyolojik ve kimyasal bileşenlerin etkileşimi ile oluşan dinamik bir kavramdır. Geçmiş tanımlamalar daha çok toprağın tarımsal üretim kapasitesine, insan ihtiyaçlarını karşılama düzeyine ve biyokütle üretme potansiyeline bağlanmıştır (Kibblewhite ve ark., 2008). Günümüzde ise bu kavram insan odaklı yaklaşımdan ziyade daha çok ekosistem hizmetlerinin de içinde bulunduğu geniş bir perspektifte değerlendirilmektedir. Lal (2016) toprak kalitesi ve toprak sağlığı arasındaki ayrım, toprak kalitesinin toprak fonksiyonlarını ifade ettiğini, toprak sağlığının ise toprağı dinamik ve sınırlı bir kaynak olarak ele aldığını vurgulamıştır.

Birleşmiş Milletler Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları (SKA) kapsamında toprak, yoksullukla mücadele, açlığın önlenmesi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve iklim değişikliği ile mücadele gibi pek çok başlığın ana bileşenidir. Sağlıklı topraklar; karbon tutma, su kaynaklarının korunması, bitki besin döngülerinin devamlılığı ve biyolojik çeşitliliğin desteklenmesi gibi önemli ekosistem hizmetleri sunmaktadır (Lal, 2016; Fine ve ark., 2017). Bu hizmetlerin sürdürülmesi, tarımsal üretimde verimlilik artışı sağlamanın yanında, toplumun genel sağlığını ve ekonomik refahını da doğrudan etkilemektedir (Seaton ve ark., 2021).

Türkiye, coğrafi konumu ve iklim özellikleri bakımından değerlendirildiğinde zengin bir biyoçeşitliliğe bunun yanında zengin fakat kırılgan toprak kaynaklarına sahiptir. Topraklarımız erozyon, tuzluluk, yanlış yönetim, organik madde kaybı ve kirlilik gibi tehditler altındadır. Toprak kaynaklarının sürdürülebilir şekilde korunması ve kullanılması ülkemizin ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirliği bakımından çok değerlidir.

Ülkemiz topraklarının yaklaşık %86'sı çeşitli şiddet derecelerinde erozyona maruz kalmaktadır. Yıllık 642 milyon toprak erozyon nedeniyle kaybedilmekte, 1.37 milyon ha alan tuzluluk tehdidiyle karşı karşıya kalmakta ve 2.3 milyar kg kimyasal gübre kullanımı toprağın biyolojik bütünlüğünü bozmaktadır (Erpul ve ark., 2018; Erpul ve ark., 2020; Erpul ve Öztaş, 2022; Namlı ve ark., 2025). Bu süreçler çevresel sorunların yanında ciddi sosyal, ekonomik ve kültürel problemleri beraberinde getirmektedir. Bu kayıpları sadece fiziki kayıplar olarak düşünmek meselenin sığ bir düzlemde değerlendirilmesine neden olmaktadır. Bu durum yerelde toprakla kurulan geleneksel bağın kopmasına, binlerce yıldır süregelen yerel üretim pratiklerinin yok olmasına neden olmaktadır. Topraklarımız üzerindeki bu baskılara ek olarak yönetim eksiklikleri ve yasal parçalanmışlık da sorunun yapısal derinliğini artırmaktadır.

Ülkemizde toprak sağlığı konusunda çeşitli araştırmalar ve faaliyetler yürütülmekle birlikte, henüz bütüncül ve kapsayıcı bir ulusal toprak sağlığı stratejisi ve politika belgesi bulunmamaktadır. Toprak sağlığını kapsayan çeşitli mevzuatlar arasında yatay entegrasyon zayıftır.

Bu nedenlerden dolayı Türkiye'nin mevcut faaliyetlerin entegre edildiği, paydaşlar arasında koordinasyonu güçlendirecek ve toprak sağlığına ilişkin ulusal vizyon ortaya koyacak, öncelikli eylemleri belirleyerek stratejik planları şekillendirecek kapsamlı ve kapsayıcı Ulusal Toprak Sağlığı Stratejisi ve Politika Belgesi hazırlanmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Böyle bir politika belgesi, Sürdürülebilir Toprak Yönetimini (STY)

ulusal kalkınma hamlesinin temel yapıtaşı haline getirerek, ekonomik kalkınmayı destekleyen, ekolojik dengeyi koruyan etkili bir araç olacaktır (Franzluebbbers, 2016; Akca ve ark., 2023; Erpul ve ark., 2023a).

## Materyal ve Yöntem

### Toprak Sağlığı Göstergeleri ve İzleme

Sağlıklı bir toprak fiziksel olarak erozyona karşı dirençli, su tutma kapasitesi yüksek, kimyasal olarak besin döngüsünü dengeleyen, toksik maddelerden arınmış, biyolojik olarak mikrobiyal çeşitliliği zengin ve canlı organizmalarla dolu olmalıdır. Özellikle toprakta bulunan karbon miktarının artırılması hem Sürdürülebilir Toprak Yönetimi (STY) hem de iklim değişikliğine uyum sağlamak açısından büyük öneme sahiptir (FAO, 2017; Cardoso ve ark., 2013).

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA)'nın önerdiği toprak sağlığı göstergeleri (mikrobiyal aktivite, pH, organik madde oranı, vb.) teknik altyapının önemine işaret ederken, FAO'nun 2017 tarihli Gönüllü Toprak Yönetim İlkeleri sosyal adalet ve yönetim boyutuna dikkat çekmektedir. Ayrıca orman ve Tarımsal Ormancılık (Agroforestry) sistemlerinde yürütülen araştırmalar (Chen ve ark., 2025), toprak karbonu ve yapısal bütünlük üzerinde orman türlerinin rolünü bilimsel olarak ortaya koymuştur.

STY tarımsal üretkenliğin artırılması ekosistemlerin devamlılığının sağlanması açısından büyük öneme sahiptir. Gönüllü toprak yönetimi kılavuzuna göre sağlıklı toprak yönetimi için belirlenen göstergeler aşağıdaki gibi sıralanabilir (FAO, 2017).

**Toprak Erozyonu:** Sürdürülebilirlik açısından ilk sırada yer almaktadır. Su ve rüzgâr erozyonu ile verimli üst toprak kaybedilmekte, üretim kapasitesi düşmekte ve çeşitli çevresel problemlere neden olmaktadır. STY bakımından azaltılmış toprak işleme, örtü bitkileri yetiştirilmesi ve koruyucu tarımsal uygulamalar önerilmektedir.

**Toprak Organik Karbon Miktarı:** Toprak verimliliğinin yanında iklim değişikliği ile mücadele bakımından önemli bir sorundur. STY bakımından minimum toprak işleme, organik gübrelerin kullanımı, örtü bitkisi yetiştirme tercih edilmelidir. Orman ve otlak ekosistemine sahip alanların korunması bu başlığın sağlanması için önem arz etmektedir.

**Besin Dengesi:** Bitkilerin optimal besin alımını sağlamak ve çevresel riskleri azaltmak açısından önemlidir. Hassas tarım teknolojileri, dengeli gübreleme, entegre besin yönetimi sistemleri ile bu denge sağlanabilir. Doğal döngülerin korunması toprağın uzun vadeli üretkenliği için kritik öneme sahiptir.

**Tuzlanma ve Alkalileşme:** Özellikle vahşi sulama yapılan alanlarda yaygın olarak görülmektedir. Toprağın üretkenliğini büyük oranda düşürmektedir. Tuz toleranslı bitki çeşitlerinin yetiştirilmesi, etkili drenaj sistemleri ve düzenli toprak yıkama uygulamalarıyla bu sorunlar azaltılabilir.

**Toprak Kirliliği:** Kontrolsüz pestisit ve kimyasal gübre kullanımı verimliliği azaltarak insan sağlığını tehdit etmektedir. Entegre zararlı yönetimi ve organik tarım uygulamaları bu risklerin azaltılmasını teşvik etmektedir.

**Toprak Asitleşmesi:** Bitkilerin besin alımını engelleyerek ağır metal toksisitesine yol açabilir. Toprakların kireçlenmesi ve organik madde ilavesi bu sorunu çözmeye etkilidir.

**Toprak Biyoçeşitliliği:** Toprak sağlığının zayıflamasına ve besin döngüsünün bozulmasına neden olmaktadır. Kimyasal kullanımının azaltılması ve organik tarım uygulamaları biyoçeşitliliği korumaya katkıda bulunur. Mikroorganizma çeşitliliğinin artırılması, toprağın ekosistem hizmetlerine katkısını güçlendirmektedir (UNEP, 2018).

**Toprak Mühürlenmesi:** Şehirleşme ile birlikte arazi örtüsünün negatif yönde değişmesine ve toprak fonksiyonlarının kaybına neden olmaktadır. Yeşil altyapıların ve geçirgen zeminlerin kullanımı bu tehdide karşı etkin çözümlerdir. Arazi kullanım planlamalarında sürdürülebilir şehirleşme politikaları geliştirilmelidir.

**Toprak Sıkışması:** Bitki kök gelişimini engelleyerek suyun toprağa nüfuzunu engellemektedir. Tarla trafiğinin kontrol altına alınması yönetim açısından önemlidir.

**Toprak Su Yönetimi:** Damla sulama, toprak nem sensörleri ve etkili drenaj sistemleri sürdürülebilir su yönetimi açısından etkilidir. Sulama tekniklerinin optimize edilmesi ve su tasarruflu yöntemlerin benimsenmesi, toprağın uzun vadeli sürdürülebilirliği açısından önemlidir (FAO, 2020b).

Son yıllarda toprak sağlığının korunması, izlenmesi ve iyileştirilmesine yönelik çalışmalar, sadece tarımsal verimlilik değil; aynı zamanda karbon tutma, biyoçeşitlilik ve iklim uyumu gibi çok boyutlu hedeflerle şekillenmektedir. Biyokömür (Biochar) bazlı uygulamaların hem sera gazı emisyonlarını azaltması hem de toprak organik maddeyi zenginleştirilmesi (He ve ark., 2025) bu alanda öne çıkan bir yaklaşımdır. Benzer şekilde, kaplama gübreleri ve organik katkıların birlikte kullanıldığı sistemlerin (Das ve ark., 2025) toprak sağlığına hem fiziksel hem de kimyasal katkı sağladığı ortaya konmuştur.

Bu göstergelerin düzenli olarak izlenmesi ve değerlendirilmesi, Türkiye’de toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliğinin sağlanması açısından hayati öneme sahiptir.

## **Toprak Sağlığı Bakımından Mevcut Veri Altyapısı**

### **Ulusal Toprak Bilgi Sistemi (UTBS)**

Türkiye’de toprak yönetiminin bilimsel temeller üzerine inşa edilmesi ve politika etkinliğinin artırılması için merkezi ve kapsamlı veri tabanı işlevi görme yeteneğine sahiptir. UTBS ile toprak sağlığı sürekli izlenebilir, toprak yönetimi için belirlenen stratejiler ve politikalar daha etkin hale getirilebilir ve çiftçiler ile politika yapımcılar arasında bilgi akışı geliştirilebilir. UTBS, tüm paydaşların güncel veri ihtiyaçlarını karşılayacak şekilde tasarlanmalıdır. Gıda destek hizmetleri odaklı bir yapı içinde, üreticiden tüketiciye üretim zincirini kapsayan geniş kapsamlı bilgi akışı sağlayarak, toprakları yöneten ve kullanan tüm meslek gruplarının çevresel, ekonomik ve sosyal gereksinimlerin cevap vermesi hedeflenmelidir (FAO Türkiye, 2019). Uluslararası sistemlerle Türkiye arasında kurumsal uyumu güçlendirmeye yönelik olarak Küresel Toprak Paydaşlığı ile Türkiye Toprak Bilgi Sistemi arasındaki bağlantılar incelenmiştir. Bu bağlamda hem veri standartları hem de yönetim mekanizmalarının uyumlaştırılması gerektiği vurgulanmıştır (Erpul ve ark., 2019).

Ayrıca UTBS, toprak verileri ve bilgi yönetimi açısından merkezi bir yönetim yaklaşımıyla işletilmeli, kapasitesi güçlendirilmiş ve uluslararası standartlarda bir toprak bilgi teknolojisi politikasına uygun olarak geliştirilmelidir.

### **Arazi Tahribatının Dengelenmesi-Karar Destek Sistemi (ATD-KDS)**

ATD-KDS; arazi kullanımı, arazi örtüsü değişimi, erozyon riskleri, toprak kalite göstergeleri ve sürdürülebilir arazi yönetimi senaryoları gibi harita tabanlı katmanları içeren kapsamlı bir platformdur. Bu sistem üzerinden geliştirilen senaryolar, Türkiye’de sürdürülebilir arazi yönetimine önemli katkılar sağlamaktadır. Teknik personel, planlamacılar ve karar vericiler için kritik bir araç olarak değerlendirilen ATD-KDS’nin kullanımı daha fazla yaygınlaştırılmalı ve bu sistemin geliştirilmesi için gerekli yatırımlar artırılmalıdır (Erpul ve ark., 2023b).

dengeyi koruyan etkili bir araç olacaktır. UTBS’nin ulusal düzeydeki etkinliği için, var olan toprak verilerinin sistematik olarak gözden geçirilmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Mevcut verilerin güncellenmesi, ulusal toprak veri paylaşım politikasının belirlenmesi ve kurumlar arasında güçlü koordinasyonun sağlanması önemlidir. Veri toplama, analiz etme, doğrulama ve raporlama süreçlerinin kalite kontrolüyle desteklenmesi, Ulusal Toprak Laboratuvar Ağının (UTLA) güçlendirilmesi ve uluslararası standartlarda referans laboratuvarların oluşturulması gerekmektedir (FAO Türkiye, 2019).

UTBS ile ATD-KDS’nin entegrasyonu sayesinde toprak kaynaklarının durumu anlık olarak takip edilebilir ve veriler düzenli olarak güncellenebilir. Böylece, sürdürülebilir arazi kullanımı planları daha doğru ve kapsamlı verilere dayanarak oluşturulabilir. Bu sistemlerin entegrasyonu ayrıca arazi bozunumu, erozyon kontrolü, tarım alanlarının verimli kullanımı, iklim değişikliğine uyum ve biyolojik çeşitliliğin korunması gibi temel sürdürülebilirlik hedeflerinin gerçekleştirilmesine büyük katkıda bulunabilir.

Bu amaçlara ulaşabilmek için teknik altyapının güçlendirilmesi, veri paylaşımı ve açık veri politikalarının teşvik edilmesi, paydaşlar arasında işbirliğinin artırılması ve kapasite geliştirme eğitimlerinin sağlanması büyük önem taşımaktadır. Böylelikle Türkiye’nin toprak kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir yönetimi için etkin ve yenilikçi bir bilgi yönetim sistemi oluşturulmuş olacaktır.

**Mevzuat Tahlili: Türkiye’de Toprak Sağlığı Açısından Hukuki Çerçeve**

Türkiye’de toprakla ilgili temel yasal çerçeve 19.07.2005 tarih ve 25880 sayılı Resmî Gazete ’de yayınlanan 5403 sayılı “Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu” dur. Bu kanunun amacı, toprağın doğal veya yapay yollarla kaybını ve niteliklerini yitirmesini engelleyerek korunmasını, geliştirilmesini ve çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak, plânlı arazi kullanımını sağlayacak usul ve esasları belirlemektir.

5403 sayılı kanunda 15.05.2014 ve 29001 sayılı Resmî Gazete ’de yayınlanan 6537 sayılı kanunla değişiklikler yapılmıştır. 6537 sayılı kanuna göre amaç, toprağın korunması, geliştirilmesi, tarım arazilerinin sınıflandırılması, asgari tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazi büyüklüklerinin belirlenmesi ve bölünmelerinin önlenmesi, tarımsal arazi ve yeter gelirli tarımsal arazilerin çevre öncelikli sürdürülebilir kalkınma ilkesine uygun olarak planlı kullanımını sağlayacak usul ve esasları belirlemektir.

6537 sayılı kanunda göze çarpan en önemli değişiklik asgari tarımsal arazi büyüklüğü, yeterli gelirli tarımsal arazi büyüklüğü, sınırdaş arazi maliklerine tanınan ön alım hakkı ve tarımsal arazi mülkiyetinin devri zorunluluğu olmuştur. Yasada “Toprak Koruma” vurgusu bulunmakla birlikte, bu koruma mekânsal planlama ve verimlilik ekseninde tanımlanmıştır.

5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, her ne kadar tarımsal arazilerin üretim amaçlı kullanımını düzenlemeyi hedeflese de toprağa yaklaşımı esasen ekonomik bir üretim nesnesi çerçevesinde kalmaktadır. Bu yasa kapsamında, toprak sağlığını tanımlayan bilimsel göstergelere örneğin organik madde oranı, mikrobiyal yaşam çeşitliliği veya infiltrasyon kapasitesi gibi parametrelere yer verilmemiştir. Dahası, toprağın biyofiziksel yapısının izlenmesi ve işlevsel bütünlüğünün korunması yönünde sistematik bir yapı da tanımlanmamıştır. Güncel çevresel tehditler olan arazi mühürleme, kimyasal kirlenme ve iklim değişikliğiyle bağlantılı bozulmalar, bu yasal metnin kapsamı dışında kalmakta; bu durum yasayı hem güncel risklere karşı yetersiz hem de çevresel sürdürülebilirlik bağlamında sınırlı kılmaktadır. Ayrıca, yasanın koruma anlayışı içerisinde çiftçilerin bilgi birikimi, yerel-toplumsal bağlam ve ekosistem hizmetleri gibi sosyal-ekolojik boyutların da yeterince dikkate alınmadığı görülmektedir.

Ayrıca yasa, ekosistem temelli toprak koruma yaklaşımından ve toprak-toplum ilişkisini gözetten sosyal boyutlardan da yoksundur. Bu durum, Türkiye’nin uluslararası taahhütleri ve Avrupa Birliği (AB) ile mevzuat uyumu açısından önemli bir politika boşluğu oluşturmaktadır. Çizelge 1’de belirtilen mevzuatlarda göz önünde bulundurulduğunda hepsinin temeli toprak olmasına rağmen, toprak sağlığı konusunda derinlemesine bir yaklaşım söz konusu değildir. Mevzuatlar arasındaki yatay entegrasyon eksikliği uygulanabilirliklerini düşük kılmaktadır.

Çizelge 1. Diğer ilgili yasal düzenleme ve strateji belgeleri

| Mevzuat/Politika Belgesi                           | Katkı                                                           | Sınırlılığı                                                      |
|----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <b>İklim Değişikliği Eylem Planı (2011–2023)</b>   | Erozyon kontrolü, karbon yönetimi gibi somut hedefler içeriyor. | Sağlık göstergeleri net değil, izleme zayıf.                     |
| <b>İklim Kanunu Taslağı (2023–2024)</b>            | Karbon azaltımı ve tarımsal dönüşüm vurgusu taşıyor.            | Toprağı karbon yutağı olarak ele alıyor, sağlık yaklaşımı yok.   |
| <b>Biyoçeşitlilik Strateji Belgesi (2018–2028)</b> | Toprakla ilişkili yer altı ekosistemlerini tanımlıyor.          | Toprak sağlığı merkezi değil, dolaylı katkı.                     |
| <b>Tarım Reformu, Mera, Orman Kanunları</b>        | Alan bazlı sınırlamalar getiriyor.                              | Ekosistem bütünlüğünü ve sağlık göstergelerini tanımlıyor.       |
| <b>UTBS &amp; ATD-KDS Sistemleri</b>               | Veri altyapısı ve sınıflandırma modelleri mevcut.               | Sürekli, açık, izlenebilir bir sağlık izleme sistemi kurulmamış. |

Mevzuatlardaki yapısal boşluklar özetlenecek olunursa;

1. Toprak sağlığı yasal bir kavram olarak tanımlanmamıştır.
2. Göstergelere dayalı bir izleme ve raporlama sistemi yoktur.
3. Mevcut yasalar birbirinden kopuk ve eşgüdümsüzdür.
4. Çiftçi bilgi sistemleri, geleneksel bilgi ve yerel ekosistemler yeterince dikkate alınmamaktadır.
5. Çeşitli kurumlar bünyesinde kurulan karar destek sistemleri yasal bağlayıcılığa sahip değildir.

Türkiye’de toprak sağlığı ile doğrudan ya da dolaylı ilişkili olan mevcut politika belgeleri ve yasal düzenlemeler, parçalı katkılar sunmakla birlikte bütüncül bir yaklaşım sergilememektedir (Çizelge 1). Örneğin, İklim Değişikliği Eylem Planı (2011–2023), erozyon kontrolü ve karbon yönetimi gibi somut

hedefler içermesi açısından önemli bir politika çerçevesi sunar. Ancak bu belgede toprak sağlığını izlemeye yönelik göstergelerin tanımı ve kurumsal izleme yapısı zayıftır. Benzer şekilde, İklim Kanunu Taslağı (2023–2024), karbon azaltımı ve tarımsal dönüşüm gibi çağdaş meseleleri gündeme taşısa da toprağı yalnızca karbon yutağı perspektifiyle ele almakta; toprak sağlığı kavramını çevresel işlevsellik bağlamında içermemektedir.

Öte yandan, Biyoçeşitlilik Strateji Belgesi (2018–2028), toprakla ilişkili yer altı ekosistemlerine dolaylı katkı sunmakla birlikte, bu katkı daha çok biyolojik çeşitlilik odaklı olup toprak sağlığını birincil hedef olarak görmemektedir. Tarım Reformu, Mera ve Orman Kanunları, alan bazlı koruma önlemleri sunmasına rağmen, bu mevzuatlar da ekosistem bütünlüğü ve toprak sağlığı göstergeleri gibi temel unsurları kapsamakta yetersiz kalmaktadır. Son olarak, UTBS ve ATD-KDS gibi teknik sistemler, veri altyapısı açısından önemli bir potansiyel barındırır da bu sistemlerin açık, sürekli ve göstergelere dayalı izleme kapasitesi henüz kurumsallaşmamıştır.

Bu bulgular, Türkiye'deki toprakla ilişkili politika sisteminin henüz sağlık odaklı, gösterge temelli ve bütünlük bir yapıya dönüşemediğini göstermektedir.

Şekil 1'de görüleceği üzere toprak sağlığı kavramının Türkiye'deki mevcut politika yapısı, veri altyapısı ve stratejik reform alanlarıyla nasıl kesiştiği oldukça önemlidir. Yasa, izleme sistemi, finansman ve yönetim unsurları arasındaki ilişki, bütüncül bir politika vizyonu için yapılandırılmıştır. Toprak sağlığı, yalnızca tarım verimliliği değil; iklim değişikliğine uyum, gıda güvenliği, ekosistem hizmetleri ve kırsal refah açısından da temel bir kavramdır. Bu kavramsal çerçeve, Türkiye'nin toprakla ilgili mevcut mevzuatını, uluslararası normlarla nasıl hizalanabileceğini görsel olarak ortaya koymaktadır. Şekil 1'in merkezinde yer alan "Toprak Sağlığı" kavramı, yasal tanım, göstergelerle izleme, finansal teşvikler ve katılımcı yönetim gibi dört temel sütun üzerine inşa edilmiştir. Bu yapı, politika yapımcıların, akademisyenlerin ve uygulayıcıların birlikte hareket ederek sürdürülebilir toprak yönetimini kurumsallaştırmaları için bir yol haritası sunmaktadır.



Şekil 1. Türkiye'de toprak sağlığı kavramının politika sistemine entegrasyonu (Kavramsal Çerçeve)

## Uluslararası Yaklaşımlar ve Örnekler

### AB Toprak Sağlığı Yasası

Avrupa Birliği'nin 2030 yılına kadar tüm toprakları sağlıklı hale getirmeyi hedefleyen çevresel politika vizyonu doğrultusunda, AB Toprak Sağlığı Yasası (EU Soil Health Law) 2023 yılı Haziran ayında Avrupa Komisyonu tarafından önerilmiştir. Bu yasal düzenleme, Avrupa Yeşil Mutabakatının (European Green Deal) temel bileşenlerinden biri olarak değerlendirilmekte ve hem iklim değişikliği hem de biyoçeşitlilik kaybı ile mücadelede toprağın kritik rolünü yeniden tanımlamaktadır.

Yasa, AB topraklarının %60'ından fazlasının sağlıklı olmadığı verisine dayanmaktadır ve bu bağlamda, sürdürülebilir toprak kullanımı, bozulmuş toprakların restorasyonu ve zorunlu izleme-raporlama yükümlülüğü gibi hedefler içermektedir. Üye devletlerin, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerine ilişkin verileri düzenli olarak toplaması ve bu verileri dijital platformlar üzerinden kamuya açık şekilde paylaşması beklenmektedir. Yasanın diğer önemli unsurları arasında, arazi kullanım değişikliklerinin çevresel etkilerini değerlendirme yükümlülüğü, kirlenmiş sahaların tanımlanması ve iyileştirilmesi ve toprak sağlığına ilişkin göstergelerin geliştirilmesi (örneğin mikrobiyal aktivite, organik madde içeriği) yer almaktadır.

Bu yasa taslağı, yalnızca çevre mevzuatına değil; aynı zamanda tarım, orman ve iklim politikalarına entegre bir yaklaşım önererek, politika bütünlüğü açısından önemli bir paradigma değişimi sunmaktadır. Ayrıca, bilimsel veri altyapısının güçlendirilmesini ve bu verilerin politika yapım süreçlerine entegre edilmesini öngörmesi açısından, özellikle Türkiye'nin UTBS ve ATD-KDS gibi sistemlerini geliştirme potansiyeli bakımından dikkate değerdir.

### FAO Gönüllü Toprak Yönetimi İlkeleri (VGGT)

2012 yılında Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından yayımlanan Gönüllü Toprak Yönetimi İlkeleri (VGGT), küresel düzeyde toprak ve doğal kaynak yönetiminde adil, şeffaf ve sürdürülebilir bir yönetim anlayışını yerleştirmeyi amaçlayan normatif bir belgedir. VGGT, yalnızca teknik bir toprak yönetimi çerçevesi sunmakla kalmaz; aynı zamanda gıda güvenliği, yoksulluğun azaltılması, çevresel sürdürülebilirlik ve insan hakları bağlamında çok boyutlu bir yaklaşımı teşvik eder.

Bu ilkeler, toprak ve doğal kaynaklara erişimin eşitlikçi biçimde düzenlenmesini hedeflerken, yolsuzlukla mücadele, şeffaflık ve kırılgan grupların korunması gibi toplumsal öncelikleri de temel alır. Kadınlar, küçük çiftçiler, yerli topluluklar ve göçebe halklar gibi dezavantajlı grupların toprak haklarının güvence altına alınması, VGGT'nin yönetim yapısında kritik bir yere sahiptir. Ayrıca, arazi kullanım haklarının ve mülkiyet ilişkilerinin yasal netlik temelinde düzenlenmesi önerilmekte, bu sayede toprak gaspı, zorla tahliye gibi ihtilafların önlenmesi amaçlanmaktadır.

VGGT'nin en dikkat çekici yönlerinden biri ise, toprak yönetimini uzun vadeli refah ve toplumsal barış açısından değerlendirmesi ve sadece kamu otoritelerine değil, özel sektör, sivil toplum ve uluslararası kuruluşlara da yönetim sorumluluğu atfetmesidir. Türkiye açısından değerlendirildiğinde, bu ilkeler özellikle kırsal mülkiyet sistemlerinin güçlendirilmesi, çiftçi-temelli bilgi sistemlerinin tanınması ve sosyal adalet temelli politika tasarımı açısından önemli bir referans kaynağı oluşturmaktadır.

### Toprak Sağlığı Girişimi (Amerika Birleşik Devletleri- ABD)

Amerika Birleşik Devletleri Tarım Bakanlığı (USDA) tarafından yürütülen Toprak Sağlığı Girişimi, tarım sistemlerinin hem üretkenliğini hem de iklimsel dirençliliğini artırmak amacıyla geliştirilen çok boyutlu bir stratejik programdır. Girişim, toprakların biyolojik, kimyasal ve fiziksel bütünlüğünü iyileştirmeyi, çiftçilerin uygulama kapasitesini artırmayı, bilimsel veri altyapısını güçlendirmeyi ve sürdürülebilir uygulamaları teşvik eden teşvik mekanizmaları oluşturmayı hedeflemektedir (USDA-NRCS, 2022).

USDA bu bağlamda; toprağı sürekli örtülü tutmak, yıl boyu canlı kök bulundurmak, tür çeşitliliğini artırmak ve toprak işlemlerini minimize etmek gibi dört temel toprak sağlığı ilkesi belirlemiştir. Bu ilkeler hem erozyonun azaltılması hem de mikrobiyal yaşamın korunması açısından ekosistem hizmetlerinin devamlılığına katkı sağlamaktadır (Doran ve Zeiss, 2000; Lehman ve ark., 2015).

Uygulamada ise USDA bünyesindeki Doğal Kaynakları Koruma Servisi (NRCS) aracılığıyla çiftçilere teknik destek, saha analizi ve mali yardım sağlanmaktadır. Bu destekler, saha denemeleri ve demonstrasyon projeleriyle birleştirilerek, başarılı uygulamaların yaygınlaştırılmasını mümkün kılmaktadır. Ayrıca girişim

kapsamında geliştirilen toprak sağlığı değerlendirme protokolleri, toprak mikrobiyal aktivitesi, su tutma kapasitesi, yapısal bütünlük gibi kritik göstergelere dayalı bir izleme sistemine olanak tanımaktadır (USDA, 2022).

Özellikle 2021 sonrası dönemde, toprak sağlığı stratejisi “İklim-Akıllı Tarım ve Ormancılık” politikalarıyla entegre edilmiş; toprak karbonunu artıran uygulamalar, karbon kredisi piyasalarıyla uyumlu bir finansal yapı içinde değerlendirilmiştir. Böylece toprak sağlığı sadece çevresel değil, aynı zamanda ekonomik bir sürdürülebilirlik eksenini de politika gündemine yerleşmiştir (USDA Climate Hubs, 2023).

Çizelge 2’de karşılaştırmalı olarak sunulan üç ana uluslararası yaklaşım AB Toprak Sağlığı Yasası, FAO’nun Gönüllü Toprak Yönetimi İlkeleri (VGGT) ve USDA Toprak Sağlığı Girişimi toprak sağlığına ilişkin politik, teknik ve yönetişimsel çerçeveleri farklı ölçeklerde ele almaktadır. Avrupa Birliği, bilimsel göstergelere dayalı zorunlu bir izleme ve raporlama sistemi kurarak, yasal bağlayıcılığı yüksek bir model sunarken; FAO’nun ilkeleri daha çok adalet, şeffaflık ve kırılgan grupların hakları temelinde bir yönetim yaklaşımı ortaya koymaktadır. ABD örneği ise, sahaya dayalı uygulamalarla çiftçi katılımını merkeze alan uygulama ve kapasite geliştirme modeli olarak öne çıkmaktadır.

Bu üç yaklaşımın her biri, Türkiye açısından farklı katkılar sunabilecek potansiyele sahiptir. AB yasasıyla mevzuat uyumu sağlanarak hem teknik kapasite hem de fon kaynaklarına erişim kolaylaşabilir. FAO ilkeleri, özellikle kırsal sosyal yapının ve adil toprak yönetiminin politika üretiminde dikkate alınması için önemli referanslar sunarken, USDA modeli ise UTBS, ATD-KDS ve çiftçi eğitimi gibi uygulama bileşenlerinin güçlendirilmesi açısından doğrudan aktarılabilir niteliktedir.

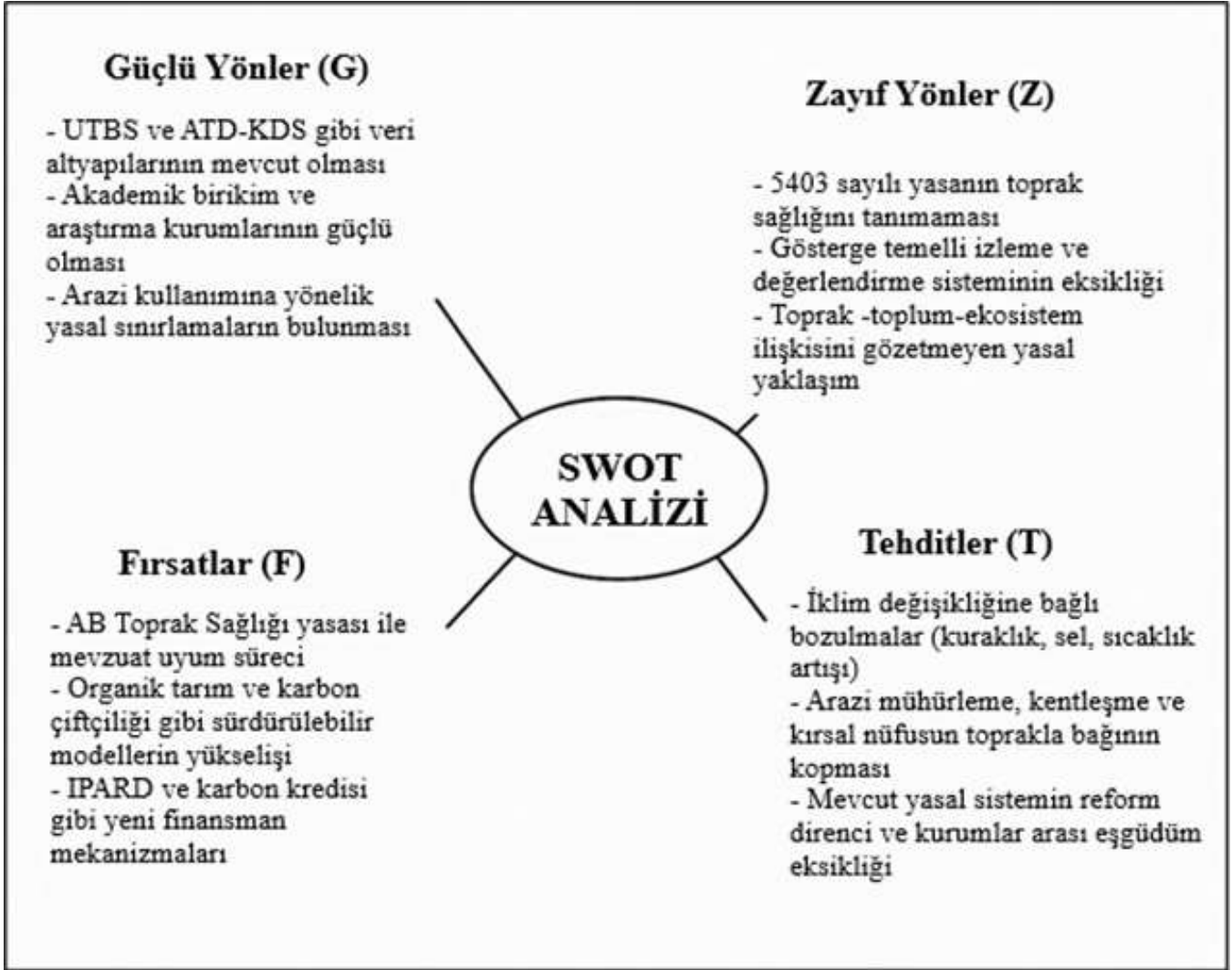
Çizelge 2. AB, FAO, USDA toprak sağlığı yaklaşımları karşılaştırma tablosu

| Kriterler                               | AB Toprak Sağlığı Yasası                                              | FAO VGGT                                                        | USDA Toprak Sağlığı Girişimi                             |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| <b>Kuruluş / Yıl</b>                    | Avrupa Komisyonu / 2023 (Taslak)                                      | FAO / 2012                                                      | USDA / 2012 sonrası                                      |
| <b>Amaç</b>                             | 2030'a kadar tüm AB topraklarını sağlıklı hâle getirmek               | Adil, şeffaf, sürdürülebilir toprak mülkiyeti ve yönetimi       | Toprağın üretkenliği, dirençliliği ve sürdürülebilirliği |
| <b>Toprak Sağlığı Tanımı</b>            | Organik madde, mikrobiyal aktivite vb. bilimsel göstergelerle tanımlı | Sağlık yerine yönetim odaklı kavramsal çerçeve                  | Fiziksel, kimyasal ve biyolojik bütünlük olarak tanımlı  |
| <b>İzleme &amp; Göstergeler</b>         | Zorunlu göstergeler ve dijital raporlama sistemi                      | Gösterge tanımlı değil; yönetim ilkelerine dayalı               | Standart test protokolleri ve saha göstergeleri          |
| <b>Katılımcı Yaklaşım</b>               | Üye ülkelerin çok düzeyli katılımı                                    | Kırılgan gruplar (çiftçiler, kadınlar, yerli halklar) öncelikli | Çiftçi odaklı saha uygulamaları, kooperatifler           |
| <b>İklim/Çevre Politikalarıyla Uyum</b> | Yeşil Mutabakat, Tarım ve İklim politikalarıyla entegre               | İnsan hakları, gıda güvenliği ve kırsal kalkınmayla ilişkili    | İklim-Akıllı Tarım ve Karbon piyasalarıyla entegre       |
| <b>Uygulama Araçları</b>                | Hukuki zorunluluklar, veri altyapısı, restorasyon planları            | İlkeler bütünü, rehber dokümanlar                               | Teknik destek, teşvik programları, saha denemeleri       |
| <b>Türkiye için Olası Katkı</b>         | Uyumlaştırma ve AB fonlarına erişim fırsatı                           | Toplumsal adalet temelli politika üretimi için referans         | Uygulama ve kapasite geliştirme modelleri için örnek     |

### Politika Boşlukları: SWOT ve PESTLE Tabanlı Değerlendirme

Şekil 2’de sunulan kavramsal çerçeve Türkiye’de toprak sağlığına yönelik politika yapım sürecinin güçlü ve zayıf yönlerini, mevcut fırsatları ve tehditleri dört ana başlık altında sistematik biçimde ortaya koymaktadır. Güçlü yönler arasında veri altyapısının mevcudiyeti ve akademik birikim öne çıkarken; yasal düzenlemelerdeki tanımsal eksiklikler ve izleme mekanizması yetersizlikleri zayıf yönler olarak öne çıkmaktadır. Aynı zamanda, AB Toprak Sağlığı Yasası ile mevzuat uyumu ve sürdürülebilir tarım modelleri gibi gelişmeler önemli fırsatlar sunmakta; iklim değişikliği, kentleşme ve yasal reform zorlukları ise tehdit unsurlarını oluşturmaktadır.

Bu SWOT zihin haritası, politika yapımcılar için öncelikli reform alanlarını ve stratejik odak noktalarını görselleştirerek karar destek sürecine katkı sunmayı amaçlamaktadır.

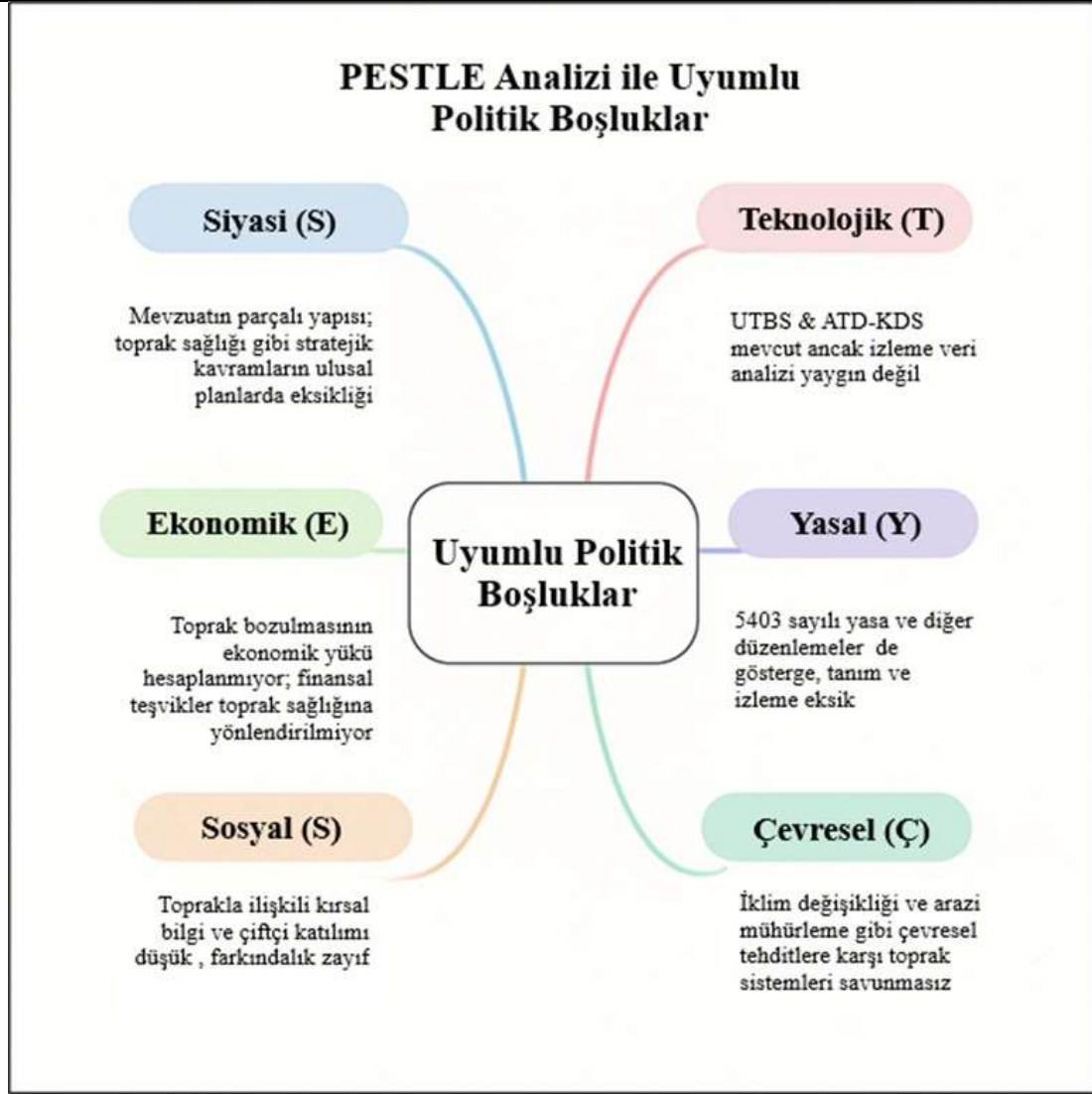


Şekil 2. SWOT analizi: Türkiye'de toprak sağlığı politikalarının durumu

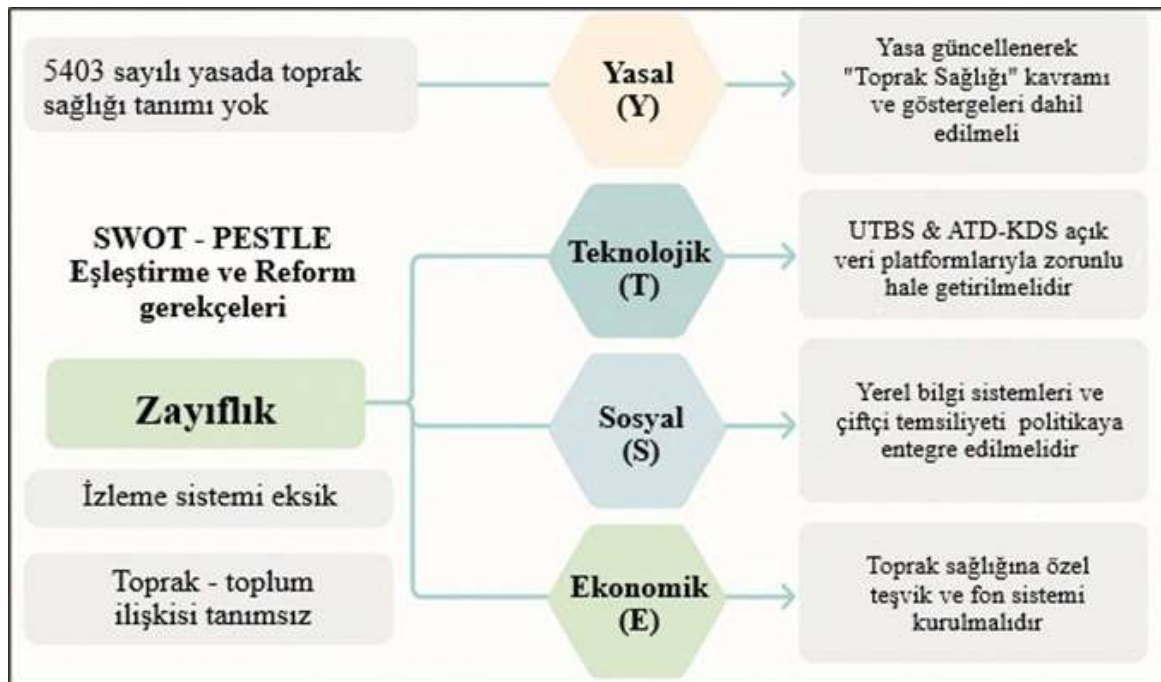
Şekil 3'te sunulan kavramsal çerçeve Türkiye'deki toprak sağlığı politikalarına dair yapısal boşlukları altı temel PESTLE faktörü üzerinden sınıflandırarak sunmaktadır. Siyasi eksiklikler, parçalı mevzuat yapısı ve ulusal stratejilerde “toprak sağlığı” gibi anahtar kavramların eksikliğiyle öne çıkmaktadır. Ekonomik boyutta, toprak bozulmasının maliyeti hesaplanmamakta ve finansal teşvikler bu alana yönlendirilmemektedir. Sosyal eksiklikler, kırsal bilgi ve çiftçi katılımının düşük seviyede kalmasıyla dikkat çekerken; teknolojik alanda, mevcut sistemlerin yaygın veri analizi ve izleme kapasitesi bulunmamaktadır. Yasal düzeyde, başta 5403 sayılı yasa olmak üzere birçok düzenlemede gösterge, tanım ve izleme mekanizmalarının eksikliği görülmektedir. Son olarak, çevresel tehditler karşısında mevcut toprak sistemlerinin savunmasız kalması, iklim değişikliği ve arazi mühürleme gibi güncel risklere karşı politika yetersizliğini ortaya koymaktadır.

Bu harita, reform ihtiyacının çok boyutlu doğasını yansıtmakta ve politika yapıcılar için sistemik analiz sunmaktadır.

Türkiye’de toprak sağlığına yönelik reform ihtiyacını hem SWOT hem de PESTLE analizlerine dayalı biçimde bütüncül olarak görselleştirilmiştir (Şekil 4). Belirlenen yapısal zayıflıklar, yasal, teknolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerle eşleştirilmiş; her biri için hedeflenen reform önerileri açıklanmıştır. Özellikle 5403 sayılı yasada “toprak sağlığı” kavramının eksikliği, gösterge temelli izleme sistemlerinin yetersizliği ve çiftçi bilgisinin politikaya entegre edilememesi gibi boşluklar, bu görselleştirmenin merkezini oluşturmaktadır. Harita, hem mevcut politika sisteminin yapısal eksiklerini hem de reformun yönünü tanımlamada karar alıcılara rehberlik etmektedir.



Şekil 3. PESTLE analizi ile uyumlu politik boşluklar (Kavramsal çerçeve)



Şekil 4. SWOT - PESTLE eşleştirmesi ile reform gerekçeleri

## Bulgular ve Tartışma

### Genel Politik Öneriler

Türkiye’de sürdürülebilir toprak yönetiminin (STY) sağlanabilmesi için, yalnızca teknik kapasitenin değil; aynı zamanda yasal çerçevenin, veri altyapısının ve yönetim mekanizmalarının da yeniden yapılandırılması gerekmektedir. Bu doğrultuda, çalışmanın bulguları beş temel politika eksenini altında somut reform alanlarına işaret etmektedir.

İlk olarak, mevzuat reformu ihtiyacı belirgindir. 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'nun güncellenerek “toprak sağlığı” kavramını ve buna ilişkin göstergeleri içermesi sağlanmalıdır. Ancak bu revizyon tek başına yeterli olmayacak; ek olarak, “Toprak Ekosistemleri ve Sağlığı Kanunu” gibi kapsamlı ve bilim temelli bir çerçeve yasa önerisi geliştirilmelidir. Bu yasa, ekosistem hizmetleri, biyolojik çeşitlilik ve toprak-toplum ilişkisini temel alan bir yaklaşımı benimsemelidir.

İkinci olarak, gösterge temelli bir izleme sistemi kurulmalıdır. Mevcut UTBS altyapısı zorunlu hale getirilmeli ve başta organik madde oranı, pH dengesi, tuzluluk düzeyi ve mikrobiyal aktivite olmak üzere, bilimsel göstergelere dayalı ulusal standartlar geliştirilmelidir. Bu sistem, sadece teknik izleme değil, aynı zamanda kamusal şeffaflığı sağlayacak yıllık “Toprak Sağlığı Raporu” ile desteklenmelidir.

Üçüncü eksen, finansal teşvik ve fon mekanizmalarının kurulmasıdır. IPARD, Tarım Destekleme Fonları ve karbon piyasaları ile entegre edilecek şekilde, “Toprak Sağlığı Fonu” oluşturulmalıdır. Bu fon, özellikle organik madde artışı sağlayan üreticilere yönelik doğrudan teşvikler içermelidir. Örneğin, üst üste iki yıl organik madde artışı sağlayan çiftçilere performansla dayalı destekler verilmesi hem uygulamayı teşvik edecek hem de izlemeyi güçlendirecektir.

Dördüncü olarak, katılımcı yönetim ve kırsal bilgi sistemlerinin politikalara entegrasyonu gereklidir. Çiftçi temsilcilerinin ve kırsal sivil toplum örgütlerinin yer aldığı “Toprak Sağlığı İzleme Kurulu” gibi yapılar oluşturulmalı; kırsal kooperatifler, ziraat odaları ve yerel bilgi ağları, veri üretimi ve yorumlama sürecine doğrudan dahil edilmelidir. Bu, hem politikaların sosyo-ekolojik bağlamla bütünleşmesini sağlar, hem de yerel sahiplenmeyi artırır.

Son olarak, uluslararası mevzuat uyumu stratejik bir zorunluluktur. 2025 yılına kadar Avrupa Birliği Toprak Sağlığı Yasası ile mevzuat uyumu hedeflenmeli; FAO Gönüllü Kılavuzları referans alınarak ulusal standartlar geliştirilmeli ve Ekonomik Kalkınma ve İş birliği Örgütü (OECD) ile Birleşmiş Milletler Çölleşme il Mücadele Sözleşmesi (UNCCD) gibi uluslararası platformlarla veri uyumluluğu sağlanmalıdır. Bu uyum, hem Türkiye'nin dış politika öncelikleriyle örtüşür, hem de uluslararası fonlara erişim potansiyelini artırır.

Tüm bu öneriler, Türkiye'nin toprak sağlığı politikalarını yalnızca teknik değil; aynı zamanda sosyal, ekonomik ve çevresel boyutlarıyla entegre eden, sistemik ve uzun vadeli bir yaklaşıma geçişin temel yapı taşlarını oluşturmaktadır. Çizelge 3'te toprak sağlığı temellinde atılması gereken adımlar 5 madde de özetlenmiştir. Bu hedefler doğrultusunda mevzuat değişikliği ile başlayacak sürecin 2-3 yıl içinde tamamlanabileceği öngörülmektedir.

Çizelge 3. SMART formunda stratejik hedefler

| Hedef No | Hedef Tanımı                                                                              | Zaman | Göstergesi                                            |
|----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-------|-------------------------------------------------------|
| H1       | 5403 sayılı yasada "toprak sağlığı" tanımının ve göstergelerinin yer alması               | 2025  | Yasa değişikliği Resmi Gazete’de yayımlandı           |
| H2       | UTBS sisteminin tüm illerde zorunlu hale getirilmesi ve yıllık raporlamaya geçilmesi      | 2026  | Tüm illerde aktif sistem ve 1 yıllık rapor yayımlandı |
| H3       | Organik madde oranı %2 altında olan arazilerin %60’ında iyileştirme yapılması             | 2027  | UTBS üzerinden %60’lık alanda pozitif trend           |
| H4       | Çiftçilerin %70’ine sürdürülebilir toprak yönetimi eğitimi verilmesi                      | 2026  | Katılımcı çiftçi oranı ve eğitim tutanakları          |
| H5       | Toprak Sağlığı İzleme Kurulu’nun kurulması ve ilk “Toprak Sağlığı Raporu’nun yayımlanması | 2025  | Kurulun resmi kuruluş kararı ve raporun yayımlanması  |

Toprak sağlığına geçişin kurumsallaşabilmesi için yalnızca stratejik öneriler değil, aynı zamanda bu önerilerin hangi süre zarfında, hangi göstergelerle ve nasıl bir yasal çerçevede hayata geçirileceği net olarak belirlenmelidir. Bu kapsamda, SMART kriterlerine (Specific, Measurable, Achievable, Relevant, Time-bound) uygun olarak tasarlanan beş temel hedef, politika sürecinin yapılandırılması için yol gösterici olacaktır (Çizelge 3).

İlk hedef (H1) doğrudan mevzuat reformuna ilişkindir. 5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu'nun, "toprak sağlığı" kavramı ve buna ilişkin göstergeleri içerecek biçimde güncellenmesi, yasal dönüşümün başlangıç noktası olarak kabul edilmiştir. Bu değişikliğin 2025 yılı sonuna kadar Resmî Gazete'de yayımlanması, kurumsal yönetişimin temelini oluşturacaktır.

İkinci hedef (H2), izleme sisteminin yaygınlaştırılmasını içermektedir. UTBS sisteminin tüm illerde zorunlu hale getirilmesi ve yılda bir defa Toprak Sağlığı Raporu yayımlanması, şeffaflık ve sürdürülebilir veri üretimi açısından kritik öneme sahiptir. Bu hedefin 2026 yılına kadar hayata geçirilmesi, veri destekli politika uygulamalarını mümkün kılacaktır.

Üçüncü hedef (H3), doğrudan toprakta iyileştirme hedeflerine yöneliktir. Türkiye genelinde organik madde oranı %2'nin altında kalan arazilerin en az %60'ında iyileştirme sağlanması, hem izleme sisteminin çıktı üretme kapasitesini test edecek hem de somut çevresel kazanımlar doğuracaktır. Bu hedefin 2027 yılına kadar gerçekleştirilmesi öngörülmektedir.

Dördüncü hedef (H4), bilgi ve kapasite boyutunu ele almaktadır. Tüm çiftçilerin en az %70'ine sürdürülebilir toprak yönetimi eğitimi verilmesi, yalnızca teknik bilgi aktarımını değil; aynı zamanda toplumsal sahiplenme sürecini de hızlandıracaktır. Eğitim programlarının 2026'ya kadar yaygınlaştırılması, katılımcı verilerle izlenmelidir.

Son olarak, beşinci hedef (H5) kurumsal yapının oluşturulmasına yöneliktir. "Toprak Sağlığı İzleme Kurulunun" kurulması ve bu kurulun ilk yıllık raporunu yayımlaması hem politika sorumluluğu hem de kurumsal kalıcılık açısından gereklidir. Bu hedefin 2025 içinde tamamlanması, yürütme sürecine ivme kazandıracaktır.

Türkiye'de toprak sağlığının kurumsal olarak güvence altına alınmasına yönelik önerilen SMART hedefler yıllara göre Şekil 5'te sıralı biçimde sunulmaktadır. Her hedef, uygulanabilirlik ve ölçülebilirlik ilkelerine dayanarak, hukuki düzenleme, veri izleme, ekolojik iyileştirme, eğitim ve yönetim olmak üzere beş stratejik odak alanına karşılık gelmektedir.



Şekil 5. Türkiye toprak sağlığı reformları için SMART hedefler zaman çizelgesi

2025 yılı, "toprak sağlığı" tanımının yasaya dahil edilmesi ve Toprak Sağlığı İzleme Kurulu'nun kurulması gibi temel yasal ve kurumsal adımların atıldığı başlangıç yılı olarak planlanmaktadır. 2026'da ise, UTBS tabanlı raporlama sisteminin yaygınlaştırılması ve çiftçi eğitimlerinin %70 kapsama ulaşması

hedeflenmektedir. Son aşamada, 2027'ye kadar organik madde oranı düşük arazilerin %60'ında iyileştirme sağlanmasıyla reformların çevresel çıktıları izlenebilir hâle gelecektir.

Bu yapı, toprak sağlığına geçiş sürecinin hem zamana yayılan hem de göstergelere dayalı bir politika tasarımıyla yönetilmesini amaçlamaktadır. Reformların yalnızca plan değil, somut eylem olarak hayata geçmesi için bu zaman çizelgesi temel yol haritası niteliği taşır

### Kurumsal Yönetişim Mekanizması

#### A. Toprak Sağlığı İzleme ve Uyum Kurulu (TSİUK)

- Tarım ve Orman Bakanlığı bünyesinde, Çevre Bakanlığı ve TÜBİTAK iş birliğiyle kurulmalıdır.
- Kurul, yılda en az 1 kez toplanmalı, UTBS verilerine dayalı ulusal "Toprak Sağlığı Raporu"nu yayımlamalıdır.
- Kurulda çiftçi örgütleri, akademik temsilciler ve yerel yönetimlerden üyeler yer almalıdır.

#### B. Yerel Toprak Sağlığı Birimleri

- İl Tarım Müdürlükleri bünyesinde, UTBS'ye veri giren ve çiftçilerle doğrudan çalışan teknik ekipler oluşturulmalıdır.

İzleme göstergelerine ilişkin özet Çizelge 4'te sunulmuştur.

Çizelge 4. İzleme ve değerlendirme özeti

| İzlenecek Gösterge                        | Veri Kaynağı              | Raporlama Sıklığı | Sorumlu Kurum                 |
|-------------------------------------------|---------------------------|-------------------|-------------------------------|
| Organik madde oranı                       | UTBS toprak analiz verisi | Yılda 1           | Tarım ve Orman Bakanlığı      |
| Erozyon hızı (ton/ha/yıl)                 | ATD-KDS / *CBS verileri   | 2 yılda 1         | ***ÇEM                        |
| Toprak sağlığı eğitimi almış çiftçi oranı | Eğitim kayıtları          | Yılda 1           | İl Tarım Müdürlükleri         |
| Toprak iyileştirme uygulama alanı (ha)    | Proje uygulama raporları  | Yılda 1           | **TKDK, Tarım İl Müdürlükleri |
| Veri paylaşım oranı (UTBS kullanımı)      | Sistem log kayıtları      | 6 ayda 1          | UTBS Teknik Birimi            |

\* CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), \*\* TKDK (Tarım ve Kırsal Kalkınmayı Destekleme Kurumu), \*\*\*ÇEM (Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü)

### Finansman Mekanizmaları ve Risk Yönetimi: Kurumsal Sürdürülebilirliğin Anahtarı

Toprak sağlığının güçlendirilmesine yönelik politika süreci, yalnızca mevzuat ve teknik altyapıdan ibaret olmayıp, finansal ve kurumsal sürdürülebilirlik ile desteklenmedikçe hayata geçme olasılığını kaybeder. Bu bağlamda, finansman kaynaklarının çeşitlendirilmesi ve potansiyel uygulama risklerinin önceden öngörülerek bertaraf edilmesi stratejik bir gereklilik olarak karşımıza çıkmaktadır.

Finansman açısından ilk odak noktası, ulusal kamu kaynaklarının yeniden yapılandırılmasıdır. Tarım ve Orman Bakanlığı bütçesi içerisinde toprak sağlığına özgülenmiş sabit bir fon oranı (%5 gibi) tahsis edilmesi önerilmektedir. Aynı zamanda, tarım destekleme programlarında "organik madde artışı" gibi çevresel kriterlerin teşvik ölçütü olarak kullanılması hem ekolojik çıktıları hem de davranış değişimini beraberinde getirebilir.

İkinci olarak, uluslararası fonların stratejik entegrasyonu önem arz etmektedir. IPARD II ve III programları kapsamında, toprak sağlığı ile doğrudan ilişkili projelerin önceliklendirilmesi, mevcut yapının verimliliğini artıracaktır. Bununla birlikte, AB Yeşil Mutabakatı kapsamındaki fonlar, FAO ve UNCCD gibi uluslararası kuruluşların teknik ve mali destekleriyle entegre edilerek çok taraflı bir finansman havuzu oluşturulabilir.

Üçüncü eksen ise karbon finansmanı ve özel sektör iş birlikleridir. Karbon çiftçiliği yapan üreticilere karbon kredisi ödemesi yapılması hem çevresel faydayı somutlaştıracak hem de çiftçiye ekonomik motivasyon sağlayacaktır. Buna ek olarak, bankalar ve tarım kredi kooperatiflerinin "toprak sağlığı kredisi" gibi hedef odaklı finansal ürünler geliştirmesi, tarımsal dönüşümü finanse edecek kritik bir kaldıraç işlevi görebilir.

Ancak tüm bu önerilerin hayata geçirilebilmesi için, önleyici risk yönetimi stratejileri de devreye alınmalıdır. Kurumlar arası veri paylaşımı eksikliği, teknik kapasite yetersizlikleri ve çiftçi katılımındaki motivasyon sorunları gibi faktörler, reform sürecini geciktirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle, yasal zorunluluklarla desteklenmiş veri paylaşım protokolleri, il düzeyinde teknik uzman ekiplerinin güçlendirilmesi, TBMM Tarım Komisyonu ile doğrudan iletişim kurularak reformun sahiplenilmesi ve teşviklerin çiftçi katılımına bağlanması gibi önlemler hayata geçirilmelidir (Çizelge 5). Toprak sağlığı politikalarının uygulanmasında karşılaşılabilecek dört temel risk ve bunlara karşı önerilen yaklaşımlar sistematik olarak Çizelge 5'de

sunulmaktadır. Bu yapı, uygulama sürecinin yalnızca planlama aşamasına değil, aynı zamanda sahadaki değişken koşullara da uyumlu hâle getirilmesini amaçlamaktadır.

Çizelge 5. Olası riskler ve önleyici yaklaşımlar

| Olası Risk                                    | Önleyici Yaklaşım                                                     |
|-----------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|
| Kurumlar arası veri paylaşımı eksikliği       | Yasal zorunlulukla veri paylaşımı mekanizması kurulmalı               |
| Eğitim ve uygulama kapasitesinin yetersizliği | İl düzeyinde teknik ekip kapasitesi artırılmalı                       |
| Yasal reform sürecinin ertelenmesi            | TBMM Tarım Komisyonu ile doğrudan çalıştay ve bilgilendirme yapılmalı |
| Çiftçi katılımının düşüklüğü                  | Teşvikler katılım şartına bağlanmalı (örneğin: veri paylaşımı)        |

## Sonuç

Türkiye'nin toprak varlıkları, yalnızca tarımsal üretimin temel girdisi olarak değil, aynı zamanda iklim değişikliğiyle mücadele, gıda güvenliğinin sağlanması, ekosistem hizmetlerinin sürdürülebilirliği ve kırsal kalkınmanın korunması açısından stratejik bir konuma sahiptir. Ne var ki mevcut yasal, kurumsal ve teknik çerçeve, bu çok boyutlu değeri yansıtmakta yetersiz kalmaktadır.

5403 sayılı Toprak Koruma ve Arazi Kullanımı Kanunu, Türkiye'deki toprak yönetiminin temel yasal dayanağı olmakla birlikte, "toprak sağlığı" kavramını içermemesi, gösterge-temelli izleme mekanizmalarına yer vermemesi ve ekosistem temelli bir yaklaşıma sahip olmaması yönüyle yeniden yapılandırılma ihtiyacındadır. Ayrıca, bu yasa ile diğer tamamlayıcı düzenlemeler arasında eşgüdüm eksikliği bulunmakta; mevcut politika yapısı parçalı, üretim-odaklı ve çevresel sürdürülebilirlikten uzak bir çerçevede işlemektedir. Bu durum, Türkiye'nin AB Toprak Sağlığı Stratejisi ve FAO'nun gönüllü yönetim ilkeleriyle olan yapısal uyumunu da zayıflatmaktadır.

Bu politika çerçevesi, Türkiye'nin toprak sağlığına geçişini mümkün kılmak adına beş temel dönüşüm alanı önermektedir:

- "Toprak sağlığı" kavramının yasal olarak tanımlanması,
- 5403 sayılı yasanın göstergelere dayalı ve izlenebilir hale getirilmesi,
- Ulusal düzeyde izleme, raporlama ve finansman sisteminin kurulması,
- Yerel bilgi sistemleri ve kırsal aktörlerin yönetime entegre edilmesi,
- Uluslararası veri standartları ve yönetim ilkeleriyle uyum sağlanması.

Bu dönüşüm yalnızca teknik bir reform değildir; aynı zamanda toprağın kültürel, çevresel ve sosyal boyutlarını da yeniden tanımlayan sistemik bir paradigma değişimidir. Toprakla yeniden bağ kurmak, toplum, iklim ve ekosistem bütünlüğünü yeniden inşa etmek bu sürecin asli unsurlarıdır.

Politika çağrısı olarak, 2025 yılı itibarıyla "Toprak Sağlığı Ulusal Stratejisinin" kabul edilmesi ve 5403 sayılı yasanın bu kapsamda kapsamlı biçimde reforme edilmesi, yalnızca çevresel sürdürülebilirlik açısından değil; aynı zamanda ekonomik verimlilik, kırsal refah ve uluslararası uyum açısından da kaçınılmaz ve öncelikli bir ihtiyaçtır.

## Kaynaklar

- Akça E, Öztaş T, Erpul G, Mor B, 2023. Sürdürülebilir Toprak ve Arazi Yönetimi. Bölüm 9 (343–376), Çevre Diplomasisi ve Türkiye (Editörler, Adem Bilgin, Betül Gökçir, Günay Erpul). İMGE Kitapevi Yayınları. imge.com.tr, ISBN: 978-625-845-501-6.
- Anthony MA, Bender SF, & van der Heijden MG, 2023. Enumerating soil biodiversity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(33), e2304663120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2304663120>
- Bispo A, Cluzeau D, Creamer R, Dombos M, Graefe U, Krogh, PH, Sousa JP, Peres G, Rutgers M, Winding A, 2009. Indicators for monitoring soil biodiversity. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 5(4), 717–719. [https://doi.org/10.1897/IEAM\\_2009-019.1](https://doi.org/10.1897/IEAM_2009-019.1)
- Cardoso EJBN, Vasconcellos RLF, Bini D, Miyauchi MYH, Santos CA dos, Alves PRL, Paula AM. de, Nakatani AS, Pereira J de M, Nogueira MA, 2013. Soil health: looking for suitable indicators. *Scientia Agricola*, 70(4): 274–289. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162013000400009>
- Chen Y, Chen Z, Zhang W, Tang Z, Zhang Y, 2025. How forest types shape soil quality: The evidence from eastern China's north sub-tropical ecosystems. *Ecological Indicators*.
- Cluzeau D, Guernion M, Chaussod R, Martin-Laurent F, Villenave C, Cortet J, Ruiz-Camacho N, Pernin C, Maitelle T, Philippot L, 2012. Integration of biodiversity in soil quality monitoring: Baselines for microbial and soil fauna

- parameters for different land-use types. *European Journal of Soil Biology*, 49, 63–72. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2011.11.003>
- Das S, Kumar A, Giri N. C, Pal S, Banerjee H, 2025. Impact of coated fertilizers and organic manure on soil health and productivity indicators in rice-based cropping systems of the Eastern Indo-Gangetic Plains of India. *Field Crops Research*.
- Doran JW, Zeiss MR, 2000. Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology*, 15(1), 3–11. [https://doi.org/10.1016/S0929-1393\(00\)00067-6](https://doi.org/10.1016/S0929-1393(00)00067-6)
- Erpul G, Şahin S, İnce K, Küçümen A, Akdağ MA, Demirtaş İ, Çetin E, 2018. Türkiye Su Erozyonu Atlası (Water Erosion Atlas of Turkey), Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları, ISBN: 978-605-9550-23-9. Ankara.
- Erpul G, Akça E, Kurşun G, Keskin S, & Madenoğlu S, 2019. Küresel Toprak Paydaşlığı ve Türkiye Toprak Bilgi Sistemi. Tarım Reformu Genel Müdürlüğü & FAO. ISBN: 978-605-7599-04-9.
- Erpul G, Şahin S, İnce K, Küçümen A, Akdağ MA, Demirtaş İ, Sarıhan B, Çetin E, Şahin S, 2020. Su Erozyonu İl İstatistikleri. Toprak Erozyonu Kontrol Stratejileri (Sürdürülebilir Arazi/Toprak Yönetimi Uygulama ve Yaklaşımları). Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- Erpul G, Öztaş T, 2022. Toprak Erozyonu ve Toprak Bozulması, 13. Bölüm (391 – 422), Toprak Bilimi (Ed., Ahmet Ruhi Mermut). Nobel Akademik Yayıncılık: Yayın No: 3969. ISBN: 978-625-417-524-4. E-ISBN: 978-625-417-525-1.
- Erpul G, Mor B, Öztaş T, Akca E, 2023a. Sürdürülebilir Tarım ve Gıda Güvenliği, Bolum 11 (413 – 452), Çevre Diplomasisi ve Türkiye (Editörler, Adem Bilgin, Betül Gökır, Günay Erpul). İMGE Kitapevi Yayınları. imge.com.tr, ISBN: 978-625-845-501-6.
- Erpul, G., Akça, E., Tekin, S.N., Karaman, N.A., Canlı, P., Morkoç, S., Kavaklı Karataş, Z., Dursunoğlu, F.Ü., 2023b. Arazi Tahribatının Dengelenmesi Karar Destek Sistemi İl İstatistikleri ve Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Yaklaşımları ve Uygulamaları – Land Degradation Neutrality Decision Support System District Statistics and Sustainable Land Management Approaches and Practices - Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara.
- FAO, 2017. Voluntary Guidelines for Sustainable Soil Management. Rome.
- FAO Türkiye, 2019. Sürdürülebilir Toprak Yönetimi Ulusal Eylem Planı. Ankara.
- FAO, 2020a. Towards a definition of soil health. ITPS Soil Letters #1. Rome, Italy.
- FAO, 2020b. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb1447en>
- Franzluebbers AJ, 2016. Should Soil Testing Services Measure Soil Biological Activity? *Agricultural & Environmental Letters*, 1(1): 150009.
- Fine AK, Es HM van, Schindelbeck RR, 2017. Statistics, Scoring Functions, and Regional Analysis of a Comprehensive Soil Health Database. *Soil Science Society of America Journal*, 81(3): 589–601. <https://doi.org/10.2136/sssaj2016.09.0286>
- He D, Dong Z, Zhu B, 2025. Biochar carbon-based amendment rather than straw contributes to the mitigation of greenhouse gas emissions while increasing crop yield: Insights from a residue management perspective. *Environmental Technology & Innovation*.
- Kibblewhite MG, Ritz K & Swift MJ, 2008. Soil health in agricultural systems. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 363(1492): 685–701. <https://doi.org/10.1098/rstb.2007.2178>
- Lal R, 2016. Soil health and carbon management. *Food and Energy Security*, 5(4): 212– 222. <https://doi.org/10.1002/fes3.96>
- Lehmann J, Bossio DA, Kogel-Knabner I, Rillig MC, 2020. The concept and future prospects of soil health. *Nature Reviews Earth & Environment*. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-0080-8>
- Lehman R M, 2015. Understanding and enhancing soil biological health: The solution for reversing soil degradation. *Sustainability*, 7(1), 988–1027. <https://doi.org/10.3390/su7010988>
- Namlı A, Akça E, Akça MO, Aydın G, Erdem DB, Çullu MA, Saygın SD, Erpul G, Kızılkaya R, Ortaş İ, Öztürk HS, Torun MB, Turgay OC, 2025. Sürdürülebilir Toprak Yönetiminin Göstergeleri, Sayfa: 100-125. Türkiye Ziraat Mühendisliği X. Teknik Kongresi. (13-17 Ocak 2025, Ankara).
- Seaton FM, Barrett G, Burden A, Creer S, Fitos E, Garbutt A, Griffiths RI, Henry P, Jones DL, Keenan P, Keith A, Lebron I, Maskell L, Pereira MG, Reinsch S, Smart SM, Williams B, Emmett BA, 2021. Soil health cluster analysis based on national monitoring of soil indicators. *European Journal of Soil Science*. <https://doi.org/10.1111/ejss.12958>
- UNEP, 2018. Global Soil Biodiversity Atlas.
- USDA NRCS, 2022. Soil Health Principles. Retrieved from: <https://www.nrcs.usda.gov/resources/guides-and-instructions/soil-health> Erişim tarihi: 11.05.2025
- USDA Climate Hubs, 2023. Climate-Smart Agriculture and Forestry Strategy. Retrieved from: <https://www.climatehubs.usda.gov/> Erişim tarihi: 11.05.2025



## Karbon noktalarının farklı kil mineralleri üzerindeki etkisi

Kadir YILMAZ, Ömer Faruk DEMİR, Burak ÖZBEK\*

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Kahramanmaraş

### Öz

İklim değişimleri, artan insan sayısı ve azalan toprak kalitesi gibi nedenlerle dünya ölçeğinde gıda güvenliğinde zorluklar yaşanmaktadır. Geleneksel tarım yöntemleri sürdürülebilir tarımsal üretimi desteklemede yetersiz kaldığından, gıda güvensizliği sorununu etkili bir şekilde çözmek için yüksek performanslı ve sürdürülebilir bir tarım sistemini geliştirmek önem arz etmektedir. Son yıllarda tarımsal alanlarda girdi verimliliğini arttırarak gıda üretimini ve güvenliğini arttırmak, tarım ve çevresel sorunlara çözüm üretmek amacıyla tarımda nanoteknoloji kullanımında umut verici gelişmeler olmaktadır. Nanoteknolojinin bir ürünü olan nano partiküllerin kimyasal ve fiziksel özellikleri sayesinde çeşitli alanlardaki kullanımlarında hızlı artışlar gözlenmektedir. Son dönemlerde boyutları genellikle 0.1-20 nm arasında değişen ve yarı karbon bir malzeme olarak tanımlanan karbon noktaları (KN) oldukça popüler hale gelmiştir. Yapı ve özellikleri itibarıyla daha önce incelenmiş karbon formlarına göre belirgin farklılıklar gösteren karbon noktaları, çeşitli fizikokimyasal niteliklerin yanı sıra yüksek biyo-uyumluluk ve yüksek stabilite gibi özellikleri ile dikkat çekmektedir. Toprak agregasyonu ve verimliliğini önemli ölçüde artıran ve bir kül bileşeni olan karbon noktaları hakkında yapılan araştırmalar bu çalışmada incelenmeye çalışılmıştır. Yapılan araştırmalarda karbon noktaları ile kil kompozitlerinin çevresel ve tarımsal uygulamalarda yenilikçi çözümler sunma potansiyeline sahip materyaller olduğu öne çıkmaktadır. Bu kapsamda karbon noktalarının farklı kil mineralleriyle olan etkileşimleri incelemekte; özellikle elektrostatik etkileşimler, van der Waals kuvvetleri ve yüzey fonksiyonelleştirme süreçleri detaylı bir şekilde ele alınmakta, bu etkileşimlerin verimlilik ve adsorpsiyon kapasitesi üzerindeki etkileri değerlendirilmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Karbon noktalar, nanoteknoloji, kil mineralleri, sürdürülebilir tarım.

## The effects of carbon dots on different clay minerals

### Abstract

Climate changes, increasing population, and decreasing soil quality create challenges in food security on a global scale. Traditional agricultural methods are insufficient to support sustainable agricultural production, making it essential to develop a high-performance and sustainable agricultural system to effectively address the issue of food insecurity. In recent years, there have been promising developments in the use of nanotechnology in agriculture to increase input efficiency in agricultural areas, enhance food production and safety, and address agricultural and environmental problems. Due to their chemical and physical properties, there is a rapid increase in the use of nanoparticles, a product of nanotechnology, in various fields. Carbon dots (CDs), defined as quasi-carbon materials with sizes typically ranging from 0.1 to 20 nm, have recently become quite popular. Carbon dots, which exhibit distinct differences from previously studied carbon forms in terms of structure and properties, attract attention with their various physicochemical qualities, including high biocompatibility and high stability. This study aims to examine research on carbon dots, which significantly enhance soil aggregation and productivity and are a component of ash. Research indicates that carbon dots and clay composites have the potential to provide innovative solutions for environmental and agricultural applications. In this context, the interactions between carbon dots and different clay minerals are examined in detail, focusing on electrostatic interactions, van der Waals forces, and surface functionalization processes, and evaluating the effects of these interactions on efficiency and adsorption capacity.

**Keywords:** Carbon dots, nanotechnology, clay minerals, sustainable agriculture.

© 2025 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (553) 238 5298

E-posta : [burak\\_ozbek@outlook.com.tr](mailto:burak_ozbek@outlook.com.tr)

Makale Türü: DERLEME MAKALE

Geliş Tarihi : 22 Mart 2025

Kabul Tarihi : 6 Mayıs 2025

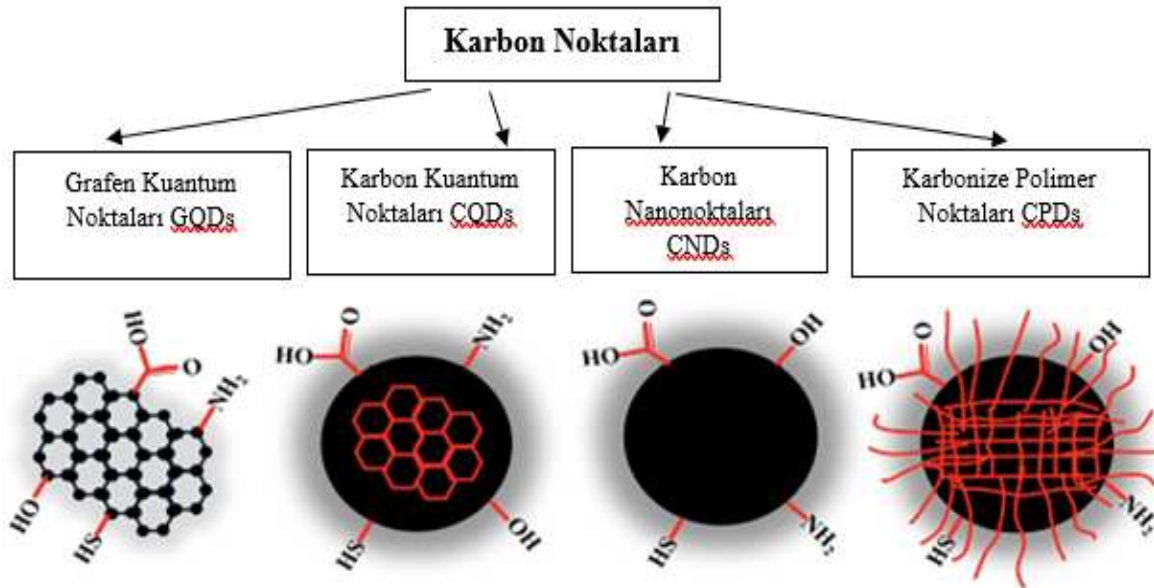
e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1663198

## Giriş

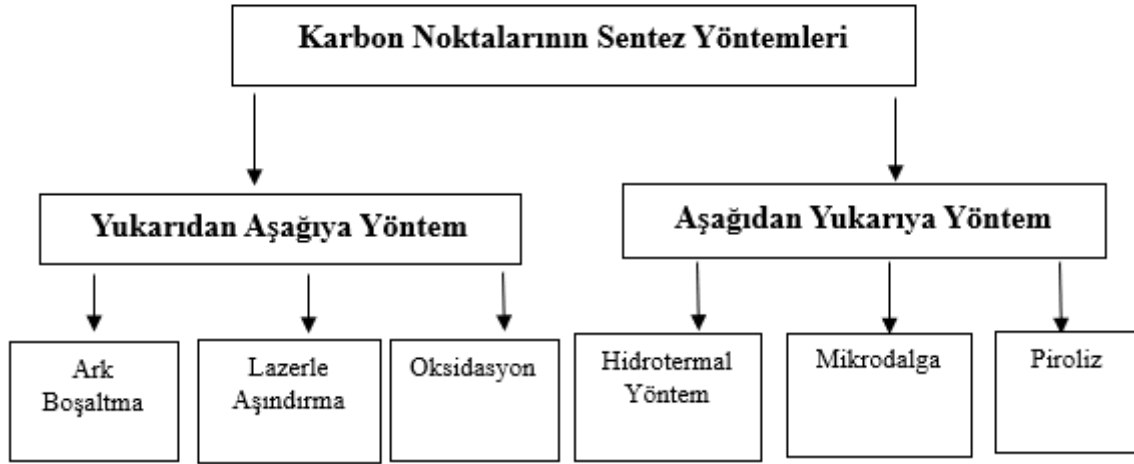
İklim değişimleri, artan insan sayısı ve azalan toprak kalitesi dünya çapında gıda güvenliği açısından zorluklar yaratmaktadır (Willett ve ark., 2019). Geleneksel tarım yöntemleri sürdürülebilir tarımsal üretimi desteklemede yetersiz kalmaktadır (Lowry ve ark., 2019). Gıda güvensizliği sorununu etkili bir şekilde çözmek için yüksek performanslı ve sürdürülebilir bir tarım sistemi geliştirmek önem arz etmektedir. Karbon noktaları (KN), tarımsal uygulamaları iyileştirmede büyük potansiyele sahip olan nispeten yeni karbon nano malzemelerdir (Maholiya ve ark., 2023; Tripathi ve Sarkar, 2022).

Karbon noktaları (KN), floresan özellikleri barındıran bir tür karbon tabanlı nano malzemelerdir ve 10 nm'den daha küçük boyutlarda, yarı küresel dizilimlerle karbon nanopartiküllerinden meydana gelir (Maholiya ve ark., 2023). KN'ları, bir dizi nanosize floresan karbon bileşiğinin genel adı olup, grafen kuantum noktaları, karbon kuantum noktaları, karbon nano noktaları ve karbonize polimer noktaları gibi belirli karbon çekirdek yapıları ile yüzey grupları ve özelliklere göre ayrıştırılan malzemeleri kapsar (Şekil 1) (Xia ve ark., 2019; Singh ve ark., 2023). KN'ları genellikle yüzeylerinde amino ( $-NH_2$ ), karboksil ( $-COOH$ ) ve hidroksil ( $-OH$ ) gibi su çözünürlüğünü artıran ve muhtemelen H bağı oluşumundan kaynaklanan O/N barındıran işlevsel gruplara sahiptir (Singh ve ark., 2023). KN'ları, yüzey grupları açısından zengin olduğundan işlevsel ligandlar, iyonlar, organik moleküller, polimerler, DNA ve proteinlerle bağlanabilir, bu da KN'larının yüzey özelliklerini ve etkileşimlerini değiştirerek çeşitli alanlarda belirli taleplere uygun hale gelmelerini sağlar.



Şekil 1. Karbon Noktalarının Sınıflandırılması (Xia ve ark., 2019; Singh ve ark., 2023)

Karbon noktalarının üretilmesinde yukarıdan aşağıya ve aşağıdan yukarıya olmak üzere iki farklı yaklaşım mevcuttur (Dinç ve Kara, 2018). Sentez yöntemi Şekil 2' de şematik bir şekilde gösterilmektedir. Lazer ablasyonu, asidik aşındırma ve elektrokimyasal aşındırma tekniklerinin uygulandığı yukarıdan aşağıya üretim metodu ile kaliteli ve saf karbon noktaları elde edilebilmektedir (Kang ve Lee, 2019). Ancak bu yöntem, fazla enerji tüketimi, yüksek atık madde oluşumu, karmaşık sentez süreci ve maliyetinin yüksekliği gibi sebeplerden dolayı pek tercih edilmemektedir. Bunun yerine hidrotermal, mikrodalga, piroliz gibi yöntemlerin kullanıldığı aşağıdan yukarıya üretim yöntemi tercih edilmektedir (Şekil 2) (Kang ve Lee., 2019; Dinç ve Kara., 2018). Bu teknikte karbon noktaları, karbonhidratlar, organik asitler ve polimerler gibi organik bileşenlerden yüksek ısıda çözücü olarak su veya etanol kullanılarak kolaylıkla sentezlenmektedir (Li ve ark., 2021; Dinç ve Kara., 2018).



Şekil 2. Karbon noktaların sentez yöntemleri (Li ve ark., 2021; Dinç ve Kara., 2018).

Kil, esasen alüminosilikatlardan oluşan ince taneli doğal bir toprak malzemesi sınıfıdır. Bazen farklı kristal yapıları içerisinde değişken miktarlarda demir, magnezyum, alkali metaller, toprak alkali metaller ve diğer katyonlar da bulunabilmektedir. Kil mineralleri, toprak sistemlerinin önemli bir bileşeni olarak, bu sistemlerin fiziksel ve kimyasal özelliklerini önemli ölçüde etkilemektedir. Montmorillonit, kaolinit ve illit gibi farklı kil türleri iyon değişim kapasitesi, yüzey yükü ve gözeneklilik gibi niteliklerine bağlı olarak karbon noktalarının çevresel davranışlarını değiştirebilmektedir (Sposito, 1989). Bu bağlamda, karbon noktalarının kil mineralleriyle etkileşimlerinin anlaşılması, bu nanomalzemelerin tarımsal alanlarda daha etkin ve güvenli bir şekilde kullanılabilmesi açısından büyük bir öneme sahiptir (Chen ve ark., 2021).

Bu derleme makale, karbon noktalarının farklı kil mineralleriyle etkileşimini incelemeyi amaçlamaktadır. Literatürdeki mevcut çalışmaları değerlendirerek, bu etkileşimlerin mekanizmaları ve tarımsal uygulamalardaki olası etkileri tartışılacaktır. Ayrıca, konuya dair bilgi eksiklikleri vurgulanarak gelecekteki araştırmalar için öneriler sunulacaktır.

## Karbon noktalarının kimyasal yapıları ve kil mineralleri ile etkileşimleri üzerine yapılan araştırmalar

Tarım alanında karbon noktalarının çeşitli kil mineralleriyle etkileşimi, tarımsal uygulamaların etkinliğini artırmak, çevresel etkileri minimize etmek ve toprak sağlığını geliştirmek için önemli bir araştırma konusudur. Karbon noktaları, kil mineralleriyle birleştiğinde, bu birleşimlerin toprak ve bitki sağlığına olan etkileri olumlu sonuçlar verebilir. Karbon noktaları, farklı kil minerali gruplarıyla (Kaolinit, serpantin, mika, simektit, profilit ve talk, klorit, paligorskit, sepiyolit, vermikülit) etkileşimleri kimyasal bağlar, elektrostatik çekimler, hidrofobik etkileşimler ve van der Waals kuvvetleri gibi çeşitli mekanizmalar aracılığıyla şekillenir. Kil mineralleri genelde negatif yüklü yüzeylere sahip mikroskobik parçacıklardır. Karbon noktaları ise yüzeylerinde farklı fonksiyonel gruplar taşır (örneğin,  $-COOH$ ,  $-OH$ ,  $-NH_2$ ). Bu onları elektrokimyasal olarak aktif kılar. Karbon noktalarının yüzeyindeki pozitif yüklü gruplar (örneğin,  $-NH_2$  grupları) ile kil minerallerinin negatif yükleri arasındaki elektrostatik etkileşimler, bu iki malzemenin güçlü bir şekilde birleşmesine yol açar. Bu bağlar, karbon noktalarının kil mineralleriyle etkin bir şekilde etkileşimde bulunmasını ve toprakta uzun süre kalmasını sağlar. Bu etkileşimler, toprakta karbon noktalarının dağılımını kontrol ederek, besin maddelerinin ve gübrelerin hedeflenen bir şekilde taşınmasını sağlar (Li ve ark., 2020). Bazı karbon noktalarının yüzeylerinde hidrojen bağları veya hidrofobik gruplar mevcut olabilir. Bu tür gruplar, kil minerallerinin yüzeyindeki su ile etkileşime geçerek, hidrofobik etkileşimlerin ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu etkileşimler, karbon noktalarının kil minerallerinin yüzeyine tutunmasını ve daha stabil bir durumda kalmasını sağlar. Hidrofobik etkileşimler, karbon noktalarının toprakta su ile taşınmasını ya da besin maddelerinin taşınmasında rol oynayan taşıma hızını etkileyebilir (Yang ve ark., 2019). Kil mineralleri ve karbon noktaları arasındaki etkileşimlerin diğer önemli bir mekanizması, van der Waals kuvvetleridir. Bu kuvvetler, moleküller arasında yakın mesafelerde meydana gelir ve zayıf elektriksel etkileşimlerle oluşur. Karbon noktalarının yüzeyleri, bu kuvvetler aracılığıyla kil mineralleriyle etkileşimde bulunabilir. Dolayısıyla karbon noktalarının daha stabil ve uzun

sürekli etkileşimler gerçekleştirmesini mümkün kılar. Van der Waals kuvvetlerinin etkisi özellikle suyun ve bitki köklerinin etkileşimi sırasında belirgin olabilir. Bu da karbon noktalarının toprakta daha etkin bir şekilde dağılmasını ve bitkilerle etkileşim kurmasını sağlar (Zhao ve ark., 2017). Kil mineralleri, özellikle alüminyum ve silisyum bazlı mineraller, çeşitli metal iyonlarını adsorbe edebilir ve bu iyonlarla kimyasal bağlar oluşturabilirler. Karbon noktalarının yüzeyindeki fonksiyonel gruplar (örneğin, karboksil grupları, amino grupları), bu metal iyonlarıyla koordinasyon bağları kurarak kil mineralleriyle etkileşebilir. Bu kimyasal bağlar, karbon noktalarının kil mineralleriyle birleşmesini ve toprak ortamında daha güçlü bir şekilde tutunmasını sağlar. Ayrıca, bu etkileşimler, besin maddelerinin ve ilaçların taşınmasını daha kontrollü hale getirebilir. Bu mekanizma, karbon noktalarının kil mineralleri ile etkileşime girerken çevresel kirleticilerin adsorpsiyonunu da artırır (Chen ve ark., 2020). Kil mineralleri, yüksek yüzey alanına sahip oldukları için fiziksel adsorpsiyon açısından oldukça etkilidir. Karbon noktalarının kil mineralleriyle etkileşimi, bu minerallerin yüzeylerinde fiziksel olarak adsorbe olma yoluyla da gerçekleşebilir. Fiziksel adsorpsiyon, elektrostatik çekimlerin ve van der Waals kuvvetlerinin etkisiyle karbon noktalarının kil mineralleri üzerinde birikmesine neden olur. Bu tür etkileşimler, karbon noktalarının daha geniş alanlara yayılmasını ve tarımsal ürünlerde etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Bai ve ark., 2019).

Özellikle, kil mineralleriyle etkileşen karbon noktaları, toprağa yerleştirilen gübre ve pestisitlerin kontrollü salınımını sağlama potansiyeline sahiptir (Li ve ark., 2020). Karbon noktaları farklı kil minerali gruplarının yüzeyine bağlanarak kompozitin reaktivitesini ve işlevselliğini artırabilir. Bu birleşim sayesinde organik moleküllerin adsorpsiyonu ve katalitik süreçlerde yüksek verimlilik sağlar (Zhao ve ark., 2019). Bu tür etkileşimler, karbon noktalarının daha geniş alanlara yayılmasını ve tarımsal ürünlerde etkili bir şekilde kullanılmasını sağlar (Bai ve ark., 2019). Karbon noktalarının yüzeyindeki fonksiyonel gruplar (örneğin, karboksil grupları, amino grupları), metal iyonlarıyla koordinasyon bağları kurarak kil mineralleriyle etkileşebilir. Bu kimyasal bağlar, karbon noktalarının kil mineralleriyle birleşmesini ve toprak ortamında daha güçlü bir şekilde tutunmasını sağlar. Ayrıca, karbon noktalarının yüzey reaktivitesinin yüksek olması, kilin aktif yüzey alanını artırarak, katalitik reaksiyonlar için uygun bir ortam oluşturur. Karbon noktaları ve farklı kil mineralleri arasındaki etkileşimler, toprak yapısında değişikliklere yol açabilir ve bu değişiklikler bitki büyümesini olumlu yönde etkileyebilir.

### **Karbon noktaları üzerine yapılan araştırmalar**

Karbon noktaları hakkında hakemli dergi makaleleri, SpringerLink (<http://rd.springer.com/>), Preprints ([www.preprints.org](http://www.preprints.org)), Elsevier ([www.elsevier.com/locate/scitotenv](http://www.elsevier.com/locate/scitotenv)), MDPI Open Access Journals (<https://www.mdpi.com/>) ve Dergi Park Akademik (<https://dergipark.org.tr>) veri tabanlarında yayınlanmış makaleler aranmıştır. Arama terimleri olarak "carbon dots" × "clay minerals", "carbon dots" × "agricultural", "carbon dots" × "effect of different clay minerals", "carbon dots" × "interaction of different clay minerals", "carbon dots" × "soil" dahil olmak üzere farklı anahtar kelime kombinasyonları kullanılmıştır. İlk olarak 750 yayın belirlenmiş ve bu yayınlar tek tek taranarak bunların içerisinden toplamda 5 makale seçilmiştir. Konuya ilişkin seçilen makaleler ile ilgili ayrıntılı bilgiler makale başlıkları altında verilmiştir.

Literatür araştırmasına dahil edilen makaleler şu kriterleri karşılamıştır: Karbon noktalarıyla yapılan çalışmalar, kil mineralleriyle yapılan çalışmalar, karbon noktaları ve farklı kil mineralleri üzerinde yapılan çalışmalar, karbon noktalarının tarımsal üretimde kullanılmasıyla ilgili çalışmalar, karbon noktaların fizyolojik fonksiyonları ve tarımda uygulamalarıyla ilgili çalışmalar, doymuş toprakta yüzey aktif madde aracılı karbon noktalarının hareketliliği anyonik ve katyonik yüzey aktif maddelerin karşılaştırmasıyla ilgili çalışmalar, karbon noktalarının tarımda potansiyelini veri odaklı yaklaşımlarla ortaya çıkarmakla ilgili çalışmalar, karbon nanomalzeme kil nanokompozitlerinin çeşitli uygulamalar için ilerlemesiyle ilgili çalışmalar, İngilizce dilinde yazılmış ve açık erişime ulaşılabilen makaleler.

Dışlanan makaleler şu kriterleri karşılamamıştır; Karbon noktalarıyla yapılmayan çalışmalar (Karbon kuantum noktaları, grafen kuantum noktaları, karbonize polimer noktaları), kil minerallerinin kullanılmadığı çalışmalar, polisakkaritlerle yapılan çalışmalar, karbon noktaların mineraller üzerindeki adsorpsiyon agregasyon ve birikim davranışlarıyla ilgili çalışmalardır. Son çalışmalar; Doğal ürünlerden elde edilen karbon noktaların geliştirilmesi sentez yöntemleri özellikleri ve uygulamaları hakkındaki çalışmalar, yorumlar, görüşler, röportajlar, editöre mektuplar, başyazılar, posterler, konferans özetleri, kitap bölümleri ve kitaplar, karbon noktalarının bitkiler üzerindeki etkileri çalışmalarıdır.

**1-** Lu ve ark. (2023) tarafından doymuş toprakta yüzey aktif madde aracılı karbon noktalarının hareketliliği üzerine yapılan bu çalışmada, anyonik ve katyonik yüzey aktif maddeler karşılaştırılmıştır. Çalışmada,

toprak örneği Çin'in Puyang bölgesinden alınmış ve pH değeri 7.56 olarak belirlenmiştir. Örnekler,  $\zeta$  (zeta)-potansiyeli, FTIR, TEM ve TOC analizleriyle incelenmiştir. Ayrıca, karbon noktalarının süspansiyonları hazırlanmış ve dializ yöntemi ile saflaştırılmış, konsantrasyonu  $132 \text{ mg/L}^{-1}$  olarak belirlenmiştir. Bulgular, yeraltı sularında birlikte bulunan karbon nanomalzemeler ve çeşitli yüzey aktif maddelerin çevresel davranışlarını değerlendirmede ve karbon bazlı nanopartiküllerle ilgili potansiyel sorunlar ve riskleri tahmin etmede kullanılabileceğini göstermiştir. Araştırmada, doymuş toprak sütunlarında yüzey aktif madde aracılığıyla karbon noktalarının taşınmasının, yüzey aktif madde konsantrasyonlarına (örn. SDBS ve CTAB) ve su kimyasallarına (örn. çift değerli metal katyonlar ve pH) bağlı olduğu ortaya konulmuştur. Her iki yüzey aktif madde, özellikle 10 mM NaCl arka plan elektrolitinde ve pH 7.0' deki çözeltilerde karbon noktalarının taşınmasını kolaylaştırdığı belirlenmiştir.

**2-** Li ve ark. (2023)'lerinin yayınlamış olduğu bir derlemede, karbon noktalarının (KN) tarımsal uygulamalar üzerindeki fizyolojik işlevleri araştırılmış, karbon noktalarının bitki büyümesi ve gelişimi, fotosentez süreci, su ve besin maddesi alımı, abiyotik stres direnci gibi fizyolojik süreçlere olan etkileri ele alınmıştır. Ayrıca, KN'lerin biyosensör olarak ekolojik çevreyi iyileştirme ve tarımsal uygulamaları geliştirme potansiyeli incelenmiş, tarımda gelecekteki uygulamalara yönelik beklentiler ve araştırma yönleri belirlenmiştir. Sonuçları, karbon noktalarının tarımdaki çeşitli uygulamalar açısından yüksek bir potansiyele sahip olduğunu, ancak hayvanlar ve bitkilerdeki biyoakümümlüm ve gıda zinciri üzerindeki etkileri hakkında hâlen yeterli bilgi bulunmadığını göstermiştir. Bu bağlamda, KN'lerinin ekolojik toksisitesini anlamaya yönelik sistematik ve derinlemesine yapılacak çalışmalar ile bu nanomalzemelerin tarımda güvenli bir şekilde kullanılmasına katkı da sağlayabileceği vurgulanmıştır.

**3-** Yine Li ve ark., tarafından 2024 yılından önce Web of Science ve CNKI veri tabanlarında karbon noktaları ile ilgili yapılan kapsamlı bir çalışma sonucu yayınlanan bir makalede, toplam 1587 yayın taranmış ve bu tarama sonucunda 71 makale seçilmiştir. Makalelerde genel olarak, karbon noktalarının bitki büyümesini artırma potansiyeline sahip olduğu ve tarım alanında büyük ilgi gördüğü belirtilmiştir. Bununla birlikte, mevcut veriler arasında uyumsuzlukların olduğu ve KN'ları ile bitkiler arasındaki etkileşimlerin yönlendirilmesini belirlemede önemli boşluklar olduğu vurgulanmıştır. Gelecekte, farklı KN türlerinin bozulma mekanizmalarının yanı sıra katkı atomlarının salınımı gibi konularda derinlemesine araştırmaların yapılması gerektiği belirtilmiştir.

**4-** Boruah ve Chowdhury (2023) tarafından yapılan bir araştırmada, karbon nanomalzemelerin kil ile birleştirilmesi sonucu oluşan nanokompozitlerin çeşitli uygulamalardaki ilerlemeleri gözden geçirilmiştir. Çalışmada, karbon nanomalzemelerin killer ile oluşturduğu nanokompozitlere ait bazı örnekler tanımlanmaktadır. Bulgular, kil malzemelerinin karbon nanomalzemelerle birleştğinde tüm uygulamalarda büyük bir potansiyele sahip olduğunu göstermiştir. Sonuçta bu çalışmanın, araştırmacıların bilgilerini genişletmesine yardımcı olacağı ve karbon nanomalzeme bazlı nanokompozitler üzerine yapılan en son bulguları araştırmada önemli bir platform sağlayacağı vurgulanmıştır.

**5-** Baştürk ve ark.(2022), karbon noktalarının tarımsal üretimde kullanılması konulu yapılan bir makalede, yeni bir nanogöbrecek olarak tanımlanabilecek karbon noktalarının sentezi, tarımsal üretimde kullanımı ve bu kullanımın etkileri üzerine detaylı incelemeler yapılmıştır. Çalışmada, karbon noktalarının tarımsal üretimde bitki büyümesi, verim artışı, su ve besin emilimini arttırması, hastalık ve zararlılara karşı direncin yükseltilmesi gibi olumlu etkileri olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca, karbon noktalarının biyotik ve abiyotik strese karşı toleransı artırma kapasitesi olduğu belirtilmiştir. Günümüzde tarımsal üretimde kuraklık, su kıtlığı ve kimyasal ilaç kullanımının yarattığı olumsuz etkilerin azaltılmasında karbon noktalarının çevre dostu, biyo uyumluluk özellikleri ve toksisite içermemesi nedeniyle önemli katkılar sağlayabileceği öne sürülmüştür. Ancak, karbon noktalarının tarla ve sera koşullarında verim ve kaliteyi artırma yönünde özellikle fizyolojik çalışmalar da dahil olmak üzere daha geniş kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulduğu vurgulanmıştır.

## Sonuç

Literatürde yapılan incelemeler, karbon noktalarının farklı kil grupları ile etkileşimi sonucunda yüzey modifikasyonları, iyon değişim kapasitesinin artırılması, adsorpsiyon davranışlarının iyileştirilmesi ve nano materyallerin suda stabil kalmasını sağlayarak çeşitli uygulamalarda etkinliklerini artıracak önemli değişimler meydana getirdiğini göstermektedir. Başlangıç malzemelerinin uygun fiyatlı ve kolayca temin edilebilir olması nedeniyle karbon noktalarının sentezinde çok sayıda yöntem geliştirilmiştir. Ancak, karbon noktalarının kil mineralleriyle olan sinerjik etkilerinin mekanizmaları henüz tam olarak aydınlatılmamıştır.

Standart boyut, şekil ve fonksiyonel gruplara sahip yüksek kaliteli ve saf karbon noktaları için sistematik ve ölçeklenebilir bir sentez yöntemi henüz mevcut değildir. Bu durum, daha kapsamlı moleküler düzeyde araştırmaların gerekliliğini ortaya koymaktadır. Bu nedenle, yapılan çalışmalar sınırlı olmakta ve doğada bulunan her bir kil türü ile ilgili çalışmalar eksik kalmaktadır. Gelecek araştırmalar, karbon noktalarının kil mineralleri üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için gelişmiş karakterizasyon teknikleri ile deneysel ve teorik çalışmalarını birleştirmeyi gerektirmektedir.

## Kaynaklar

- Arpita Kumar S, Kumar P, Kataria N, Bhankar V, Kumar K, Kumar R, Hsieh CT, Khoo KS, 2023. Assessment of biomass-derived carbon dots as highly sensitive and selective templates for the sensing of hazardous ions. *Nanoscale*.
- Bai Y, Cao X, Zhang X, Liang X, Wang H, 2019. Adsorption mechanism of carbon dots on clay minerals: Insights from experimental and theoretical studies. *J. Colloid Interface Sci.* 554:114–123.
- Baştürk MH, Arslanoğlu SF, Öztürk R, 2022. Karbon noktaların tarımsal üretimde kullanılması. *Int. J. Life Sci. Biotechnol.* 5(3):669–679.
- Boruah JS, Chowdhury D, 2023. Advances in carbon nanomaterial clay nanocomposites for diverse applications. *Minerals* 13(1):26.
- Chen J, Liang Z, Yang X, 2020. Toxicological evaluations of carbon dots in agricultural systems. *Environ. Toxicol. Chem.* 39(5):1311–1320.
- Chen S, Liu J, Zeng H, Zhang Z, Chen C, 2021. Interaction mechanisms between engineered nanoparticles and clay minerals: Implications for soil remediation. *Environ. Sci. Nano* 8(2):404–423.
- Diñç S, Kara M, 2018. Synthesis and applications of carbon dots from food and natural products. *J. Apitherapy Nat.* 1(1):33–37.
- Kang Z, Lee ST, 2019. Carbon dots: Advances in nanocarbon applications. *Nanoscale* 11(41):19214–19224.
- Li G, Xu J, Xu K, 2023. Physiological functions of carbon dots and their applications in agriculture production. *Preprints*.
- Li J, Li X, Kah M, Yue L, Cheng B, Wang C, Wang Z, Xing B, 2024. Unlocking the potential of carbon dots in agriculture using data-driven approaches. *Sci. Total Environ.*
- Li J, et al, 2020. Interaction between carbon nanodots and clay minerals for biomedical applications. *Mater. Sci. Eng. C* 114:111073.
- Li Y, et al, 2021. Magnesium-nitrogen co-doped carbon dots enhance plant growth through multifunctional regulation in photosynthesis. *Chem. Eng. J.* 422:130114.
- Li Z, Wang S, Wang X, 2020. Carbon dots as delivery carriers for controlled release of agrochemicals. *J. Agric. Food Chem.* 68(28):7563–7572.
- Lowry GV, Avellan A, Gilbertson LM, 2019. Opportunities and challenges for nanotechnology in the agri-tech revolution. *Nat. Nanotechnol.* 14:517–522.
- Lu T, Chen J, Zhang Q, Zhang M, Li Y, Q Z, 2023. Surfactant mediated mobility of carbon dots in saturated soil: Comparison between anionic and cationic surfactants. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30:37622–37633.
- Maholiya A, Ranjan P, Khan R, Murali S, Nainwal RC, Chauhan PS, et al, 2023. An insight into the role of carbon dots in the agriculture system: a review. *Environ. Sci. Nano* 10:959–995.
- Sposito G, 1989. *The chemistry of soils*. Oxford Univ. Press.
- Tripathi S, Sarkar S, 2022. Chapter 8 - Carbon dots in agricultural system. In: R Khan, S Murali, & S Gogoi (Eds.), *Carbon Dots in Agricultural Systems* (pp. 175–197). Academic Press.
- Willet W, Rockström J, Loken B, Springmann M, Lang T, Vermeulen S, et al, 2019. Food in the Anthropocene: the EAT-Lancet Commission on healthy diets from sustainable food systems. *Lancet* 393:447–492.
- Xia C, Zhu S, Feng T, Yang M, Yang B, 2019. Evolution and synthesis of carbon dots: From carbon dots to carbonized polymer dots. *Adv. Sci.* 6:1901316.
- Yang X, Li C, Liu Y, 2019. Carbon dots enhance plant growth and photosynthesis. *J. Agric. Food Chem.* 67(15):4426–4434.
- Zhao J, Li Y, Liu Y, Wang X, Zhang X, 2019. Functionalization of carbon dots on beidellite clay for enhanced reactivity and functionality in environmental and catalytic applications. *Environ. Sci. Technol.* 53(12):6789–6798.
- Zhao X, Li W, Zhang Y, 2017. Carbon quantum dots as fluorescent probes for pesticide detection. *J. Agric. Food Chem.* 65(34):7395–7400.

## 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

SOIL SCIENCE SOCIETY OF TURKEY



# 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.



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

## (Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)



Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır

### TÜRKİYE TOPRAK BİLİMİ DERNEĞİ (TTBD) TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ ETİK İLKELER ve YAYIN POLİTİKASI

Bir araştırma kuruluşunda bilimsel araştırmalarda sorumlu konumda olan Türkiye Toprak Bilimi Derneği (TTBD) üyeleri, akademik danışmanlıklarını yürütmekte oldukları kişilerin (öğrenciler, uzmanlar, stajyerler, araştırma görevlileri, burslular, rotasyonla gelenler, vb.), olabilecek en iyi eğitimi almalarını ve meslek yaşamında doğru hedefler koyabilmelerini sağlayacak bilgi, beceri ve tutumlarla donanmalarını sağlamakla yükümlüdürler. Araştırma planlanması, yürütülmesi, sunulması ve yayımlanması sürecinde dürüst ve açık olmalıdır. Benzer konularda çalışan diğer araştırmacıların yaptığı çalışmalara saygı göstermeli, kaynak göstermeden alıntı yapmamalıdır. Bilimsel araştırma ve yayın sürecinde nesnellikten şaşmamalıdır. Yalnız kendisi için değil, çalıştığı kurum ve mensubu olduğu camia içindeki meslektaşları ve gençler için de örnek alınacak şekilde davranmalı ve etik kural ihlallerine karşı duyarlı ve uyanık olmalıdır. Araştırma yapılan ortamların sadece teknik donanım ve bilgi ile doldurulması da araştırmacı nitelikleri ve etik davranış gibi çok önemli özelliklerin kazandırılması için yeterli değildir. Her toprak bilimi ve bitki besleme alanındaki araştırmacının bu açılardan da yetkin bir şekilde yetiştirilmesi ve evrensel bilim camiasında saygın bir yer edinmesi temel önceliklerimizden birisidir.

Her çeşit bilimsel araştırmada uyulacak temel ilkeler şunlardır: Veriler, bilimsel yöntemlerle elde edilir. Bunların değerlendirilmesinde, yorumunda ve kuramsal sonuçların elde edilmesinde bilimsel yöntemlerin dışına çıkılamaz, sonuçlar saptırılamaz, elde edilmemiş sonuçlar araştırma sonuçlarıymış gibi gösterilemez. Araştırma ve deneylerin, hayvan sağlığına ve ekolojik dengeye zarar vermemesi temel ilkedir. Çalışmalara başlanılmadan önce gerekli izinler yetkili birimlerden yazılı olarak alınır. Bu çerçevede uluslararası beyanname hükümleri ve Türkiye'nin taraf olduğu uluslararası sözleşmeler ve ulusal mevzuat hükümleri göz önünde bulundurulur.

Araştırmacılar ve yetkililer, yapılan bilimsel araştırma ile ilgili olarak muhtemel zararlı uygulamalar konusunda ilgilileri bilgilendirmek ve uyarmakla yükümlüdür. Araştırmacılar, kendi vicdanî kanaatlerine göre zararlı sonuçlara ve/veya onaylamadıkları uygulamalara yol açabilecek araştırmalara katılmama hakkına sahiptir. Yapılacak çalışmalarda, diğer kişi ve kurumlardan temin edilen veri ve bilgilerin, izin verildiği ölçüde ve şekilde kullanılması, gizliliğine riayet edilmesi ve korunması sağlanır.

Her çeşit bilimsel yayında uyulacak temel ilkeler şunlardır: Bilimsel araştırmanın tasarlanması, planlanması, yürütülmesi ve yayına hazırlanması aşamalarında katkıda bulunmamış kişiler, yazar isimleri arasında gösterilemez. Bilimsel yayınlarda bir çalışmadan yararlanırken, bilimsel atıf kurallarına uygun olarak kaynak gösterilir. Henüz sunulmamış veya savunularak kabul edilmemiş tezler veya çalışmalar, sahibinin izni olmadan kaynak olarak kullanılamaz. Evrensel olarak tanınan bilim kuramları, bilim alanlarının temel bilgileri, matematik teoremleri ve ispatları gibi önermeler dışında hiçbir çalışmanın tümü veya bir bölümü, izin alınmadan ve asıl kaynak gösterilmeden çeviri veya özgün şekliyle yayımlanamaz.

#### Araştırma ve Yayın Etiği

Dergi, Yayın Etiği Komitesi ([Committee on Publication Ethics \(COPE\)](#)) tarafından belirlenen etik yönergeleri, çerçeveleri ve standartları benimser ve bunlara uyar.

#### Yazarların Etik Sorumlulukları

- Orijinal İçerik: Dergi yalnızca orijinal akademik çalışmaları yayınlar. Dergiye gönderilen yazılar yayınlanmamış veya yayın için değerlendirilmemiş olmalıdır. Ancak yazarlar, başka bir yayıncıdan ret mektubu aldıktan sonra yazılarını Dergiye gönderebilirler. Çevrimiçi olarak arşivlenmeyen tezler ve tezler orijinal ve yayınlanmamış olarak kabul edilir. Ancak, tezlerin veya tezlerin içeriğini ve verilerini kullanarak bir yazı gönderen yazarlar bunu Teşekkür bölümünde beyan etmelidir.

- Yazarlık: Yazarlar, "Yazarlık" bölümünde listelenen yazarlık kriterlerine uymalı ve bağış veya hayalet yazarlıktan kaçınmalıdır.
  - Tekrarlayan Yayın (Dublikasyon): Bir araştırmanın sonuçlarını, ilk yayınlandığı derginin editöründen izin almaksızın başka dergide tekrar yayınlamamak. Yazarlar, aynı veri kümesine, çalışmaya veya deneye dayalı bir yazıyı yayın için göndermekten kaçınmalıdır. Tekrarlayan yayınlar etik dışı kabul edilir.
  - Atıflar ve İntihal: Yazarlar, akademik çalışmalarını desteklemek için ilgili ve doğrulanmış literatüre atıfta bulunmalıdır. Başkalarının fikirlerini, yöntemlerini, verilerini, uygulamalarını, yazılarını, şekillerini veya eserlerini sahiplerine bilimsel kurallara uygun biçimde atıf yapmadan kısmen veya tamamen kendi eseriymiş gibi sunmamalıdır.
  - Yazarlar, diğer akademik çalışmalara atıfta bulunurken her türlü atıf manipölasyonundan ve suistimalden kaçınmalı ve ayrıca intihalden ve kendi kendine intihalden kaçınmalıdır.
  - Uydurma ve Sahtecilik: Yazarlar, herhangi bir içeriğin veri uydurmasından ve sahteciliğinden kaçınmalıdır. Yazarlar, yazılarında sunulan verilerin doğru ve yazıyı temsil ettiğinden emin olmakla yükümlüdür. Yazarlardan, şeffaflığı sağlamak için ham verilerini veya ek verilerini yazıyla birlikte göndermeleri istenebilir. Yazarlar, ek ve yardımcı materyal göndermekten sorumludur. Araştırmaya dayanmayan veriler üretmemek, sunulan veya yayınlanan eseri gerçek olmayan verilere dayandırarak düzenlememek veya değiştirmemek, yapılmamış bir araştırmayı yapılmış gibi göstermemek,
  - Etik onay: Etik komite onayı gerektiren çalışmalarda Yöntemler bölümünde ve makalenin sonunda Etik Komite Onayı yer almalıdır. Gönderimden önce etik komite onayı içindeki ilgili tanımlayıcı bilgilerin kimliksizleştirilmesini sağlamak zorunludur. Başlık sayfasında ayrıca üniversite, etik komite onayının tarihi ve numarası hakkında bilgiler yer almalıdır. Etik Komite Onayı sunulmalıdır.
  - Hayvan ve İnsan Deneklerle İlgili Çalışmalar: Dergiye sunulan tüm yazılar ve hayvan veya insan deneklerle ilgili tüm çalışmalar, yetkililer tarafından belirlenen yönergeler ve etik ilkelere uymalıdır.
  - Çıkar Çatışması: Yazarlar çıkar çatışması beyan etmelidir. Yazarların (veya işverenlerinin, sponsorlarının veya ailelerinin/arkadaşlarının) araştırmayı veya sonuçların yorumlanma biçimini etkileyebilecek diğer kuruluşlarla veya onlarla çalışan kişilerle mali, ticari, yasal veya profesyonel bir bağlantısı olduğunda çıkar çatışması olabilir. Bu nedenle, yazarlar başlık sayfalarında mali, ticari, yasal veya profesyonel çıkar çatışması beyan etmelidir. Çıkar çatışması yoksa, yazarlar bunu yazılarında da beyan etmelidir.
  - Yazarların, yayınlanmış, ön baskı veya inceleme aşamasındaki bir yazıdaki herhangi bir yanlışlık veya hatayı dergi editörüne veya yayıncıya bildirmeleri ve yazıyı düzeltme veya geri çekme konusunda baş editörle işbirliği yapmaları gerekir.
  - Çarpıtma: Araştırma kayıtları ve elde edilen verileri tahrif etmek, araştırmada kullanılmayan yöntem, cihaz ve materyalleri kullanılmış gibi göstermek, araştırma hipotezine uygun olmayan verileri değerlendirmeye almamak, ilgili teori veya varsayımlara uydurmak için veriler ve/veya sonuçlarla oynamak, destek alınan kişi ve kuruluşların çıkarları doğrultusunda araştırma sonuçlarını tahrif etmemek veya şekillendirmemek,
  - Dilimleme: Bir araştırmanın sonuçlarını araştırmanın bütünlüğünü bozacak şekilde, uygun olmayan biçimde parçalara ayırarak ve birbirine atıf yapmadan çok sayıda yayın yaparak doçentlik sınavı değerlendirmelerinde ve akademik terfilerde ayırı eserler olarak sunmamak,
  - Haksız yazarlık: Aktif katkısı olmayan kişileri yazarlar arasına dâhil etmek, aktif katkısı olan kişileri yazarlar arasına dâhil etmemek, yazar sıralamasını gerekçesiz ve uygun olmayan bir biçimde değiştirmek, aktif katkısı olanların isimlerini yayım sırasında veya sonraki baskılarda eserden çıkarmak, aktif katkısı olmadığı halde nüfuzunu kullanarak ismini yazarlar arasına dâhil ettirmemek,
- Diğer etik ihlali türleri: Destek alınarak yürütülen araştırmaların yayınlarında destek veren kişi, kurum veya kuruluşlar ile onların araştırmadaki katkılarını açık bir biçimde belirtmemek, insan ve hayvanlar üzerinde yapılan araştırmalarda etik kurallara uymamak, yayınlarında hasta haklarına saygı göstermemek, hakem olarak incelemek üzere görevlendirildiği bir eserde yer alan bilgileri yayınlanmadan önce başkalarıyla paylaşmak, bilimsel araştırma için sağlanan veya ayrılan kaynakları, mekânları, imkânları ve cihazları amaç dışı kullanmak, tamamen dayanaksız, yersiz ve kasıtlı etik ihlali suçlamasında bulunmak.

## **Yazarlık Hakları**

- Yazarlık, bir araştırmmanın yayımlanması sırasında araştırmaya katkı yapan ve atılan tüm kişilerin adlarının sıralanması demektir. Yazarlık hakkı sadece metin yazarının değildir. İlke olarak araştırma sonuçları anonim olarak yayımlanmaz.
- Yazar sıralamasında, esas bilimsel katkının kime ait olduğunun da belirlendiği bir düzen bulunur. Bu nedenle, daha araştırmaya başlarken ve araştırma süresince yazarlık konusu ilgili kişilerle tartışılmalı, hatta yazılı bir protokol haline getirilmelidir.
- Yazar listesine, araştırma fikrini ortaya atan, planlanması, tasarımı ve yapılması ile yorumlanmasına bizzat katkı ve emek harcayanlar alınır.
- Maddi kaynak, mekan veya malzeme olarak katkıda bulunanlar, idari sorumlular, bazı teknik analiz ve hizmetlerde bulunanlar ile örnek temininde yardımcı olanlar alınmaz; ancak, kendilerine teşekkür edilebilir.
- Yayın sürecinde, ilgili dergi/kurum ile yazışmaları yapan “Sorumlu Yazar” olarak kabul edilir. Sorumlu yazar, yaptığı yazışmaları diğer yazarlarla paylaşmalı, gerekli işlemleri zamanında ve doğru olarak yapmalıdır. Bu anlamda yayın sürecinde hem diğer yazarlara hem de Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisine karşı sorumludur. Yayın sürecinde hakemlerin değerlendirmeleri ile çıkan yeni durumlar tüm yazarlar tarafından paylaşılmalı ve gerekli yanıtı diğer yazarların katkı yapması sağlanmalıdır.
- Tüm yazarların makalenin içeriği konusunda sorumluluk aldığı kabul edilir. Bir makalede herhangi bir katkısı olmayan bir kişinin yazar olması etik dışıdır. Aynı şekilde yayına önemli katkısı olan birinin yazarlar arasında yer almaması da etik dışıdır.

## **Editör ve Hakemlerin Uyması Gereken Kurallar**

Dergi Editör ve hakemleri [COPE](#) tarafından belirtilen Davranış Kuralları ve En İyi Uygulama Kılavuzuna uymakla yükümlüdür.

- El yazmalarını ve editör raporlarını gizli tutmak. El yazmaları, editör raporları ve elde edilen herhangi bir bilgi hiçbir nedenle paylaşılamaz veya ifşa edilemez.
- Anonimliklerini korumak, kimliklerini yazarlara veya diğer editörlere ve incelemecilere ifşa etmekten kaçınmak (İncelemeciler, derginin izni olmadan yazarlarla doğrudan iletişime geçemez).
- Tüm çıkar çatışmalarını (kişisel, mali, entelektüel, mesleki, politik veya dini) beyan etmek, editör ofisinden tavsiye almak veya çıkar çatışması olması durumunda incelemeye katılmamak.
- Yazarlar, diğer editörler ve hakemlerle açık ve yapıcı bir iletişim sürdürmek (Uygunsuz dil veya rahatsız edici davranış kabul edilemez).
- Atanan görevleri zamanında tamamlamak, görevden bir uzatma veya çekilme ihtiyacı olması durumunda dergiyi bilgilendirmek.
- İnceleme sürecini kolaylaştırmak, tarafsız kalmak, inceleme sürecinin tutarlı ve adil bir şekilde ilerlemesini sağlamak.
- Araştırma ve yayın etiğiyle ilgili herhangi bir suistimal, etik olmayan davranış veya usulsüzlükle karşılaşsanız editör ofisini bilgilendirmek.
- Hakemlik yapanlar mutlaka görüş bildirdikleri konunun uzmanı olmak zorundadır. Eleştirilerin objektif ve bilimsel olarak yapılması çok önemlidir. Hakemlerin çıkar çatışması olan konuları da açıklıkla belirtmeleri gereklidir. Kimi durumlarda bu gerekçeyle etik yönden hakemlik yapmayı kabul etmemeleri gerekebilir.
- Hakemlik konusu olan tüm metinler kişiye özeldir ve bu konu diğer hakemler dışında üçüncü kişilerle paylaşılmamalıdır.
- Hakemlik işlemi, hakeme çıkar sağlamamalıdır. Hakemler eleştirdikleri metinlerden çıkar sağlamamalı ve kendi çalışmaları için kopya çekmemelidirler.
- Hakemler değerlendirilen makale sahibinin tabi olduğu etik kurallara bağlı olmak ve bu kuralları titizlikle uygulamak durumundadır.

## **Çıkar Çatışmaları**

Çıkar çatışmaları, yazarların, hakemlerin veya editörlerin ticari firmalar, politik, akademik ya da finansal kurum ve kuruluşlarla olan, çalışmanın yayınlanması kararını etkileyebilecek nitelikte ve üçüncü kişiler tarafından tam olarak bilinmeyen ilişkilerini tanımlar. Mali çıkar ilişkileri arasında tam/yarım zamanlı istihdam, ücretli konuşma ve seyahatler, danışmanlık ve personel eğitimi sayılabilir.

- Çıkar çatışmasına neden olabilecek ilişkiler açıkça belirtilmelidir (dergi hakemliği, yayın için gönderilen mektup, konferans vs. durumlarda).

- Mali çıkar dışında birinci dereceden akrabalık, ast-üst ilişkisi, bürokratik ilişkiler gibi ilişkiler de gerektiğinde açıklanmalıdır.

## **Yayın Geri çekmeler**

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi (TBBBD), birden fazla gönderim, sahte yazarlık, intihal veya veri uydurma gibi etik ihlalleri olduğu tespit edilen makaleler için bir geri çekme süreci başlatacaktır. TBBBD, etik politikasının bir parçası olarak Yayın Komitesi tarafından belirlenen yönergelere ve önerilere uymaktadır.

---