



2022

Cilt/Volume : **10**

Sayı/Number : **2**

eISSN : 2146 - 8141

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. Füsun 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 : Google Akademik, CABI, TR Dizin, EBSCOHOST



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2022

CİLT : 10

SAYI : 2

SAYFA : 91 - 192

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- Topraksız ortamda buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) çim sularının bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisi** 91
Banu Kadioğlu
- Elementel kükürt kireçli topraktaki baharlık domates yetiştiriciliğinde etkili olabilir mi?** 97
Ahmet Şafak Maltaş, Zehra Nur Güneş, Mustafa Kaplan
- PGPR uygulanmış ortamlara humik asit ilavesinin Kirik buğdayının (*Triticum aestivum* L. var. delfii) makro element alımına etkisi** 105
Ferit Sönmez
- Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor beslenmesine etkileri** 116
Nutullah Özdemir
- Nanede (*Mentha multimentha* L.) kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma spp*'nin biyolojik mücadele ve bitki gelişimindeki etkinliği** 123
Emre Demirer Durak, Füsün Gülser, Hasret Güneş
- Ankara İli Kalecik İlçesi topraklarının toprak etüdü, haritalanması ve sınıflandırılması** 135
Tülay Tunçay, Oğuz Başkan, Orhan Dengiz, Mehmet Keçeci, Mustafa Usul Özkan
- Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğdayın azotlu gübre gereksinimlerinin tahmin edilmesinde Mitscherlich-Bray eşitliğinin uygulanması** 150
Aysegül Korkmaz, Fatma Gökmen Yılmaz, Mustafa Harmanakaya, Sait Gezgin
- Buğdayda verim ve verim parametrelerine toprak özelliklerinin etkisi** 159
Salih Demirkaya, Elif Öztürk
- Çilek üretiminde plastik malç uygulamasından kaynaklı toprakta plastik birikiminin belirlenmesi** 165
Muhittin Onur Akça, Sedat Gündoğdu, Oğuz Can Turgay
- Topraklarda enzimatik reaksiyonların başlangıç hızının belirlenmesi** 177
Fariz Mikailsoy, Erhan Erdel
- Ordu ve Giresun illerindeki bazı fındık bahçesi topraklarının bitki besin elementi kapsamı** 186
Abdurrahman Ay, Rıdvan Kızılkaya



Topraksız ortamda buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) çim sularının bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin verim ve besin elementi içerikleri üzerine etkisi

Banu KADIOĞLU*

Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak Su Kaynakları Yerleşkesi Aziziye/Erzurum

Öz

Araştırmada buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) çim suyunun torf ortamında tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) bitkilerinin verim ve besin elementi içeriği üzerine etkisi araştırılmıştır. Araştırmada sulamada kullanılan çim suları; 30x50x7 cm boyutunda plastik küvetlere ekilen buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) bitkilerinin on gün sonra biçilmesi ve katı meyve suyu sıkacağından geçirilmesi ile elde edilmiştir. Tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişnişler (*Coriandrum sativum* L.) saksılara 25 adet konulmuş ve invitro şartlarda 45 gün süre ile torf ortamında yetiştirilmiştir. Saksılara su, buğday çim suyu ve yulaf çim suyu uygulanmıştır. Su (kontrol), buğday çim suyu ve yulaf çim suyu (10 tekrerrür x 2 tür x 3 uygulama) uygulamaları olacak şekilde 60 saksıda yürütülen araştırmada tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) bitkilerinin verimleri ile bitki besin elementi içerikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda, çim suyu uygulamalarının verim ve bitki besin elementi içerikleri üzerine olumsuz yönde etkili olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday çim suyu, Kişniş, Tere, Torf, Yulaf çim suyu

The effect of wheat (*Triticum aestivum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) grass juices on some medicinal and aromatic plant yield and nutrient content in soilless environment

Abstract

In this study, the effects of wheat (*Triticum aestivum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) grass juice on cress (*Lepidium sativum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) plant yield and nutrient content in peat medium were investigated. Grass waters used in irrigation in the research; It was obtained by mowing wheat (*Triticum aestivum* L.) and oat (*Avena sativa* L.) plants planted in 30x50x7 cm plastic tubs after ten days and passing them through a juicer. In the research using cress (*Lepidium sativum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) seeds, 25 medicinal and aromatic plant seeds placed in pots were grown in peat medium for 45 days under in vitro conditions. In the study carried out in 60 pots with water (control), wheatgrass juice and oat grass juice (10 replications x 2 species x 3 applications) the yields and plant nutrients of cress (*Lepidium sativum* L.) and coriander (*Coriandrum sativum* L.) plants contents were examined. As a result of the research, it was determined that grass juice applications had a negative effect on yield and plant nutrient content.

Keywords: Wheatgrass juice, Coriander, Cress, Peat, Oat grass juice

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

İnsan beslenmesinde yoğun olarak kullanılan ve önemli bir yere sahip olan buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) doğrudan ya da işlenmiş olarak tüketilmektedir. Son yıllarda serin iklim tahıllarından elde edilen çim ve çim sularının sağlık için yararı ile ilgili tartışmalar gündeme sıkça gelmektedir. 1930'lardan itibaren Amerika'da tahıl çimleri şişelenmiş veya kurutulmuş halde tüketilmeye başlanmıştır. Tahıl çimlerinin, tahıl unlarına oranla 4-5 kat daha fazla vitamin, mineral ve protein içerdikleri belirtilmiştir (Sezgin, 2020). Büyüme döneminde buğday çimi kalsiyum, iyot, bor, molibden, potasyum, magnezyum, selenyum, çinko, krom, demir, sodyum gibi mineralleri içermektedir (Raju ve ark., 2003). Aynı zaman da

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 535 250 18 07

E-posta : banu250@hotmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 1 Temmuz 2022

Kabul Tarihi : 28 Kasım 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1139170

yulaf çim suyu da aminoasit, B1, B2, B6, ve B12 vitaminleri, mineraller, vitaminler, antioksidanlar (tricin), klorofiller ve enzimler yönünden oldukça zengindir (Rexhepi ve Renata, 2015). Buğday çim suyunun, tahıl ve yem bitkisi tohum fizyolojisi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada çimlenme oranı, çimlenme indeksi ile kök ve gövde uzunlukları incelenmiş buğday çim suyu uygulamasının çimlenme indeksi, çimlendirme oranı ile kök ve gövde uzunluğunu azalttığı belirlenmiştir (Akgün ve ark., 2018).

Geçmişten günümüze halk hekimliğinde sıklıkla faydalanılan bitkiler, birçok hastalığın tedavisinde kullanılmıştır ve hala kullanılmaktadır. Kişniş (*Coriandrum sativum* L.) halk arasında yaygın olarak ağrı kesici, sakinleştirici, ateş düşürücü, iştah açıcı, sindirim sistemini düzenleyici, idrar sökücü ve antimikrobiyal olarak kullanılmaktadır (Baytop, 1999; Albayrak ve ark., 2012; Sahip ve ark., 2013; Aslan ve ark., 2015). Kişnişin Doğu Anadolu'da özellikle Erzurum'da yaygın olarak yapılan ayran aşına katıldığı, iştah açıcı olarak ve antimikrobiyal etki için kullanıldığı belirlenmiştir (Kadioğlu ve ark., 2021, Kadioğlu ve ark., 2021a). Yeşil aksam ve tohumundan yararlanan kişniş (*Coriandrum sativum* L.) Apiaceae (Maydanozgiller) familyasına ait olup ülkemizde Burdur, Denizli, Erzurum, Gaziantep, Isparta, İzmir, Konya ve Orta Karadeniz bölgesindeki bazı illerimizde yetişmektedir. %100 torf, %75 torf + %25 toprak, %50 torf + %50 toprak, %25 torf + %75 toprak, % 100 toprak olmak üzere beş farklı yetiştirme ortamında çimlenme fizyolojisi incelenen *Coriandrum sativum* L.'nin torf ortamının da en yüksek değerleri aldığı kişniş (*Coriandrum sativum* L.) tohumlarında en iyi çimlenmeyi %100 torf ortamının sağladığı tespit edilmiştir (Kadioğlu, 2021b). Haç çiçekliler (Cruciferae) familyasından olan diğer bir tıbbi ve aromatik bitki olan tere (*Lepidium sativum* L.) (Aslan ve ark., 2015) yaprakları salata olarak yenen çiçekleri çay olarak içilen, tohumları baharat olarak kullanılan aromatik bir bitki türüdür. Anadolu'da yetişen terenin (*Lepidium sativum* L.) anavatanı Asya'dır. Ülkemizde tere, kerdeme ve cırcır olarak da bilinmektedir. Tere (*Lepidium sativum* L.) vücuttaki yağ yakımını hızlandırmakta, karaciğeri temizlemekte ve guatr hastalığı için halk arasında tüketilmektedir. Tere, vitamin ve mineraller açısından oldukça zengin bitkilerden biridir. 100 gram terede 220 mg kalsiyum, protein, karbonhidrat, selüloz, A, B1, B2, B3, B6, C ve E vitaminleri ile fosfor, demir, sodyum ve potasyum gibi mineraller bulunmaktadır (Başagaoglu ve Kavalalı, 2019).

Katı ortam kültürü ve su kültürü olarak ayrılan toprak olmadan ya da karışım olarak kullanılan bitki yetiştirme işlemine topraksız tarım ya da alternatif tarım denilmektedir. Çalışmada buğday ve yulaf tohumlarının çimlendirilme işlemi hidroponik sistem ile sağlanmıştır. Ortalama yedi günde 20-25 cm boya ulaşabilen yeşil aksam iç içe geçerek halı görünümünü almaktadır (Karaşahin, 2015). Hidroponik ortamda su ihtiyacı az, hastalık ve zararlı kontrolü kolay, verim yüksek ve çevre kirliliği daha az olmaktadır (Uyeda ve ark., 2011). Tohum çeşidi, su kalitesi, pH, sulama süresi, bitki besin elementi, sıcaklık, ışık yoğunluğu hidroponik sistemde verimi etkileyen unsurlardır (Dung ve ark., 2010; Fazaeli ve ark., 2012). Araştırmada torf ortamında bazı tıbbi ve aromatik bitkilerin verim ve bitki besin elementi içerikleri üzerine buğday ve yulaf çim sularının etkilerini belirlemek amaçlanmıştır.

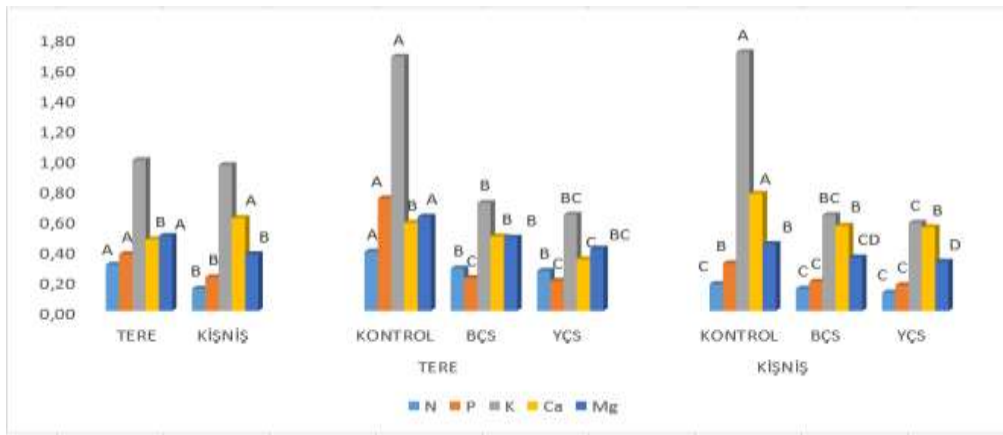
Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2022 yılında invitro şartlarda (25±1°C) yürütülmüştür. Çimler topraksız ortamda buğday (*Triticum aestivum* L.) ve yulaf (*Avena sativa* L.) tohumlarının 30x50x7 cm boyutunda plastik küvetlere sık bir şekilde ekilmesi ile elde edilmiştir. On gün sonra makas ile hasat yapılmıştır. Çimler katı meyve suyu sıkacağından geçirilerek çim suyu elde edilmiştir (Akgün ve ark., 2018). Tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) tohumlarının kullanıldığı araştırma, tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre 2 tür x 3 uygulama x 10 tekerrür olarak toplam 60 saksıda yürütülmüştür. Tohumların yüzey sterilizasyonunu sağlamak için % 5'lik NaClO çözeltisi kullanılmıştır. Tohumlar 10 dakika süre ile sterilize edilmiştir. Sterilize edilen tohumlar; içerisinde torf bulunan saksılara (25 x 20) her saksıya 25 adet tohum olacak şekilde ekilmiştir. Her saksıya, su (KONTROL), buğday çim suyu (BÇS) ve yulaf çim suyu (YÇS) gel-git yöntemi ile 150 ml olarak uygulanmıştır (Karaşahin, 2015). Deneme 45 gün yürütülmüş ve 45 gün sonra hasat edilen bitkiler oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 70°C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar etüvde kurutulmuştur. Kurutulan örnekler teflon bıçaklı öğütücüde ortalama 2 mm inceliğinde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008). H₂SO₄ karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yöntemiyle bitki örneklerinin toplam azot içeriği belirlenmiştir (AOAC, 1990). Mikro ve mikro bitki besin elementleri (P, K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn içerikleri) HClO₄ karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra Perkin Elmer (Optima 2100) Model ICP – OES cihazı ile belirlenmiştir (AOAC, 1990). Hasat edilen bitki aksamı hassas terazide tartılarak bitki verimi (g/saksı), kök bölgesinden 1 cm yükseklikten hasat edilen çimler hassas terazide tartılarak çim verimi (g/saksı) belirlenmiştir (Karaşahin, 2015).

Varyans analizi ile ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD çoklu karşılaştırma testleri JMP 5.0.1 programında yapılmıştır.

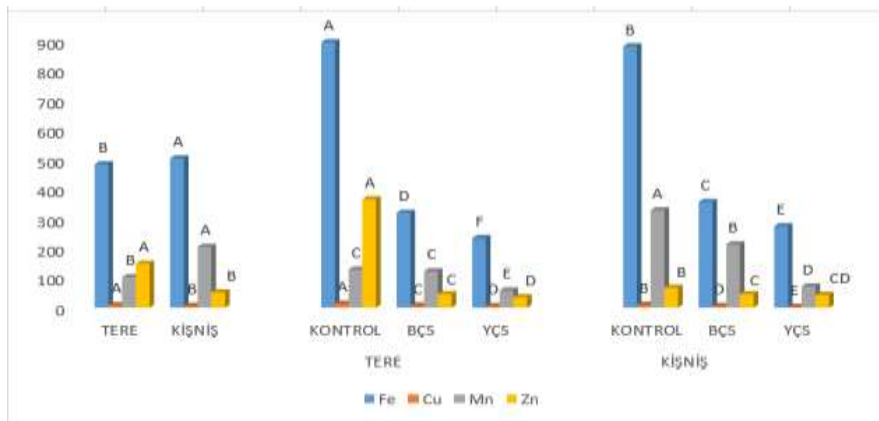
Bulgular ve Tartışma

İn vitro şartlarda topraksız tarım teknikleri kullanılarak yetiştirilen tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) ait verim ve makro ve mikro bitki besin elementi içerikleri tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre makro bitki besin elementlerinden azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) mineralinin uygulamalar arasında %1'de önemli olduğu belirlenmiştir. Bitkiler arasında azot (N), fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) minerallerinin %1'de önemli bulunmasına karşın potasyum (K) minerali önemsiz bulunmuştur. Uygulama x bitki etkileşimini incelendiğinde azot (N) ve potasyum (K) mineralleri önemsiz iken fosfor (P), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) mineralleri %1 seviyesinde önemli çıkmıştır. Uygulamalarda incelenen tüm parametrelerde kontrol en yüksek değerleri alırken bunu sırası ile buğday ve yulaf çim suları izlemiştir. En yüksek mineral içerikleri tere bitkisinde N (%0.31), P (%0.38), K (%1.00) ve Mg (%0.50)'da tespit edilmiştir. Uygulama x Bitki etkileşimlerinin de ise YÇS x kişniş etkileşimini en yüksek değeri fosfor mineralinde (%1.70) almıştır (Şekil 1).



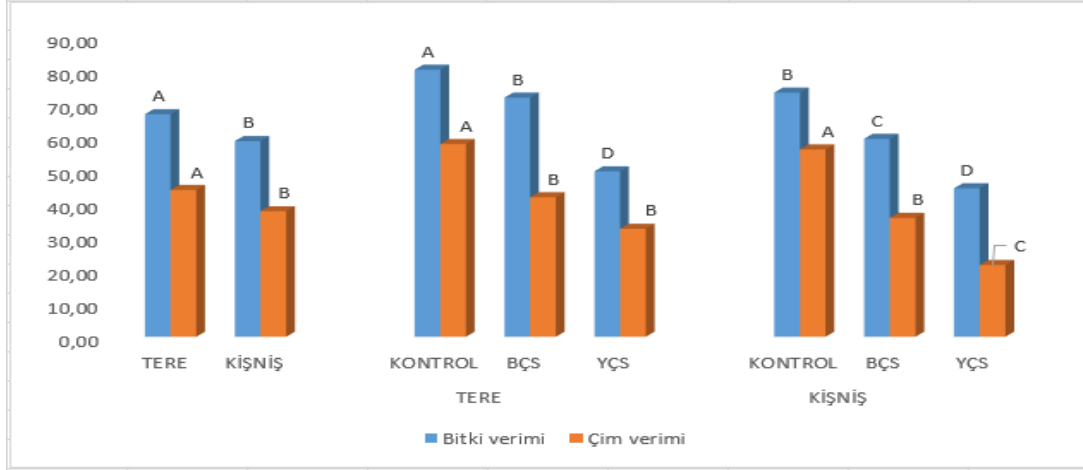
Şekil 1. Bitki ve uygulamaların makro mineraller üzerine etkisi (Aynı harfteki sütunlarda gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur ($P \leq 0.01$)).

Mikro bitki besin elementi içerikleri incelendiğinde uygulamalar, bitki ve uygulama x bitki etkileşimlerinde demir (Fe), mangan (Mn) ve çinko (Zn) minerallerinin incelenen tüm parametrelerde %1'de önemli olduğu, bakır (Cu) mineralinde ise uygulama ve bitkilerde %1'de önemli olduğu, uygulama x bitki etkileşiminin ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Uygulamalarda incelenen tüm parametrelerde kontrol en yüksek değerleri alırken bunu sırası ile buğday ve yulaf çim suları izlemiştir. En düşük mineral içerikleri kişniş bitkisinde; Cu 6.37 ppm ve Zn 51 ppm olarak tespit edilmiştir. Uygulama x Bitki etkileşiminde YÇS x tere etkileşimini en yüksek değerleri sırası ile Fe, Cu, Zn minerallerinde 896, 13.6, 366 ppm olarak almıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Bitki ve uygulamaların mikro mineraller üzerine etkisi (Aynı harfteki sütunlarda gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, $P \leq 0.01$).

Bitki verimi parametresinde uygulamalar ve bitkiler %1'de önemli iken uygulama x bitki etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalarda kontrol 77 g/saksı ile en yüksek değeri almıştır. YÇS 47g/saksı ile en düşük değeri alırken, bitkilerde en yüksek değeri 67 g/saksı ile tere almıştır. Çim verimi parametresinde ise uygulamalar %1'de bitki %5'de önemli iken uygulama x bitki etkisi önemsiz bulunmuştur. Uygulamalarda kontrol (57.2 g/saksı), BÇS (39 g/saksı) ve YÇS (27 g/saksı) olarak belirlenmiştir. Bitkilerde tere (44 g/saksı) ve kişniş (37 g/saksı) sıralaması gerçekleşmiştir. Bitki ve çim verimlerinde uygulama x bitki etkisinde YÇS X kişniş etkisi en düşük değerleri almıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Bitki ve uygulamaların verim üzerine etkisi (Aynı harfteki sütunlarda gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur, $P \leq 0.01$).

Çeşitli bitkilerin aksamlarından hazırlanan çim sularına olan ilgi; çim suyu çeşitliliğinin fazlalığı, yan etkisinin olmaması, bağışıklık sistemini güçlendirmesi, diyetlerde kullanılabilir olması gibi nedenlerle her geçen gün artmaktadır. Bitki besin elementi ve vitaminler yönünden oldukça zengin (Akgün ve ark., 2018) olan çim suları ile ilgili çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Yürüttüğümüz çalışmada uygulamalarda (KONTROL, BÇS ve YÇS) en yüksek değerleri kontrol uygulaması almış bunu BÇS uygulaması ve YÇS uygulaması takip etmiştir. Tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişniş (*Coriandrum sativum* L.) üzerine BÇS ve YÇS uyguladığımız çalışmamız sonucunda kontrol uygulamasının BÇS ve YÇS uygulamalarından daha iyi değer vermesinin nedeninin allelopatik etki sonucu olduğu düşünülmektedir. Allelopati bir bitkinin kimyasal salgılarıyla diğer bitki üzerine gösterdiği engelleyici etki olarak tarif edilebilmektedir. Bitkilerin salgıladıkları kimyasallar da allelokimyasal olarak adlandırılmaktadır (Rice, 1984; Khalid ve Shad, 1991; Callaway, 2002). Metabolik olaylar üzerine etki yapan allelokimyasallar bitki gelişimini etkileyebilmektedir. Allelokimyasal maddenin çeşidine ve yoğunluğuna bağlı olarak bu durum değişim gösterebilmektedir (Jose ve Gillespie, 1998; Terzi, 2007). Allelopatide bir bitki üzerine diğer bir bitki doğrudan veya dolaylı olarak zararlı bir etkiye sahip olabilir (Zeng ve ark., 2008). 11 kültür bitkisi üzerine farklı yabancı ot ekstraktlarının allelopatik etkilerinin belirlendiği çalışmada yabancı otlar test edilmiş çoğunun kontrole göre; domates, biber, kabak, mısır ve soğan gibi sebzelerde tohum çimlenmesini azalttığı ifade edilmiştir (Kadioğlu ve ark., 2005). Başka bir çalışmada, noel çalısının (*Chromolaena odorata*) yaprak ve köklerinden %0.1 ve %10 oranında elde edilen ekstraktların bazı otsu bitkilerin tohum çimlenmesini ve fide gelişimini olumsuz etkilediği bildirilmiştir (Hu ve Zhang, 2013). Rezene, kimyon, kereviz, dereotu, anason ve kişniş ekstraktlarının marul tohumlarının çimlenmesi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada kullanılan bitki ekstraktlarının marul çimlenmesini engellediği belirtilmiştir (Lamoureux ve Koning, 1998). Yürüttüğümüz çalışmamızda tere (*Lepidium sativum* L.)'de ortalama değerler; N %0.31, P %0.38, K %1.00, Ca %0.47, Mg %0.50, Fe 483 ppm, Cu 8.88 ppm, Zn 149 ppm ve Mn 205 ppm olarak tespit edilmiştir. Kişniş (*Coriandrum sativum* L.)'de ise N %0.15, P %0.22, K %0.97, Ca %0.63, Mg %0.37, Fe 505 ppm, Cu 6.37 ppm, Zn 51.97 ppm ve Mn 205 ppm olarak belirlenmiştir. Bitki morfolojisini, anatomisini ve kimyasal bileşimini değiştiren makro ve mikro bitki besin elementleri bitki büyümesini etkileyerek bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılığını ya da toleransını azaltıp ya da artırarak (Yıldız, 2012) insan sağlığı açısından daha faydalı hale getirmektedir. Bitkiler büyüyüp gelişmeleri için gerekli bitki besin elementlerini seçici olarak almada sınırlı bir yeteneğe sahiptir. Bitki veya bitki aksamalarının (meyve, meyve suyu, bitki ekstraktı vb.) kullanıldığı çeşitli çalışmalarda ekstraktların fazla miktarda antioksidant bileşiklere sahip olduğu bunların kullanımının bitki gelişimini azalttığı yada teşvik ettiği bildirilmiştir (Lin, 2004; Joseph ve ark., 2007; Pan ve ark., 2009).

Alleopatik etkinin bitkiden bitkiye göre değiştiği bilinmektedir. Çalışmamızda uygulama x bitki interaksiyonları incelendiğinde tüm bitki besin elementleri için YS x tere interaksiyonunun kontrolden sonra en iyi değerleri aldığı aynı zamanda bitki ve çim verim parametrelerinde de kontrol uygulamasının en yüksek değerleri verdiği belirlenmiştir. Çalışmamızda elde edilen veriler diğer çalışma sonuçları ile paralellik göstermektedir. Özbay (2018) tarafından yapılan çalışmada biberin (*Capsicum annuum* L.) imlenme ve fide gelişimi üzerine çeşitli tıbbi ve aromatik bitki ekstraktlarının allelopatik etkisi incelenmiş bitki ekstraktlarının biberde çimlenmeyi azalttığı ve fide gelişimini engellediği allelopatik etki ve oranının bitki tür ve konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği saptanmıştır.

Sonuç

Sonuç olarak hidroponik sistemle elde edilen arpa ve buğday çim sularının torf ortamında yetiştirilen tere (*Lepidium sativum* L.) ve kişnişin (*Coriandrum sativum* L.) bitki besin elementi içerikleri ve verim üzerine kontrole göre negatif yönde etkili olduğu, terenin (*Lepidium sativum* L.) mineral değerlerinin kişniş (*Coriandrum sativum* L.) mineral değerlerine nazaran daha iyi olduğu, yulaf çim suyu x tere interaksiyonunun daha etkili olduğu belirlenmiş allelopatik etkinin bitki türleri arasında farklılık gösterdiği saptanmıştır.

Kaynaklar

- AOAC, 1990. In: Helrich, K (Ed.), Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Washington, DC.
- Akgun İ, Ayata R, Karaman R, 2018. Effect of wheat grass (*Triticum aestivum* L.) juice on seed germination. *Academia Journal of Engineering and Applied Sciences*. 1(4): 19-24.
- Albayrak S, Gnc A, Albayrak S, 2012. Geleneksel gıda olarak kişniş: tıbbi yararları ve biyoaktiviteleri. *Mesleki Bilimler Dergisi*. 1(4): 2-7.
- Aslan N, Baydar H, Kızıl S, Karık U, şekeroğlu N, Gümüşçü A. 2015. Tıbbi ve aromatik bitki üretiminde değişimler ve yeni arayışlar. TMMOB Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi, 483-587, 12-16 Ocak, Ankara.
- Baytop T, 1999. Türkiye'de Bitkiler İle Tedavi. İstanbül Üniversitesi. Eczacılık Fakültesi Yayınları, No. 3255. s.1-480.
- Başağaoğlu İ, Kavalalı G, 2019. Tere bitkisinin (*Lepidium sativum* L.) halk hekimliğinde kullanılması. *Lokman Hekim Dergisi*. 9(3): 282-284.
- Callaway RM, 2002. The detection of neighbors by plants. *Trends Ecol. Evol.* 17: 104-105.
- Dung DD, Godwin IR, Nolan JV, 2010. Nutrient content and in sacco digestibility of barley grain and sprouted barley. *Journal of Animal and Veterinary Advances*. 9(19): 2485-2492.
- Fazaeli H, Golmohammadi HA, Tabatabayee SN, Asgari-Tabrizi M. 2012. Productivity and nutritive value of barley gren fodder yield in hydroponic system. *World Applied Science Journal*. 16(4): 531-539.
- Hu G, Zhang Z, 2013. Allelopathic effects of *Chromolaena odorata* on native and nonnative invasive herbs. *Journal of Food, Agriculture & Environment*. 11(1): 878-882.
- Jose S, Gillespie AR, 1998. Allelopathy in black walnut (*Juglans nigra* L.) alley cropping: II. Effects of juglone on hydroponically grown corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L. Merr.) growth and physiology. *Plant and Soil*. 203: 199-205.
- Joseph JA, Shukitt-Hale B, Lau FC, 2007. Fruit polyphenols and their effects on neuronal signalling and behavior in senescence. *Ann N Y Acad Sci*. 1100: 470- 485.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın no; 1241. Fen Bilimleri. ISBN 97 J.H.
- Kadioğlu B, Kadioğlu S, Tařđın G, 2021. Erzurum ilinde tıbbi ve aromatik bitki tüketicilerinin alışkanlıklarının belirlenmesi. *Bahçe*. 50(1): 7-15.
- Kadioğlu B, Kadioğlu S, Tařđın G, 2021a. Tıbbi ve aromatik bitki tüketiminin Erzurum ilinde mevsimlere göre değerlendirilmesi. *Muş Alparslan Üniversitesi Tarımsal retim ve Teknolojileri Dergisi*. 1(1): 73-83.
- Kadioğlu B, 2021b. Determination of the growth physiology of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) in different growing environments. III. Balkan Agricultural Congress, 306, 29 August-1 September, Edirne.
- Kadioğlu I, Yanar Y, Asav U, 2005. Allelopathic effects of weeds extracts against seed germination of some plants. *Journal of Environmental Biology*. 26(2): 69-73.
- Karasahin M, 2015. Grass juice yield and nutritional values of some cereals in soilless culture. *Iğdır Univ. J. Inst. Sci. &Tech*. 5(4): 57-64.
- Khalid S, Shad R, 1991. Potential advantage of recent allelochemical discoveries in agroecosystems. *Progressive Farming*. 11: 30-35.

- Lamoureux S, Koning R, 1998. The allelopathic potential of apiaceae seeds upon germination of lettuce. Available from URL: www.plantphys.info/research/allelopathy.html
- Liu RH, 2004. Potential synergy of phytochemicals in cancer prevention: mechanism of action. *J Nutr*, 134: 3479-3485.
- Özbay N, 2018. Bazı tıbbi bitki ve yabancı ot ekstraktlarının biberin çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*. 5(1): 81-85.
- Pan MH, Lai CS, Dushenkov S, Ho Tang C, 2009. Modulation of inflammatory genes by natural dietary bioactive compounds. *J Agric Food Chem*. 57: 4467-4477.
- Raju KM, Raju MP, Mohan YM, 2003. Synthesis of superabsorbent copolymers as water manageable materials. *Polymer International*. 52: 768-772.
- Rexhepi-Hasani A, Renata K, 2015. Consumer acceptance and readiness to pay for green juices containing grain grass juices in Kosovo. *Journal of the Association-Institute for English Language and American Studies*. 4(6): 49-57.
- Rice EL, 1984. *Allelopathy*. 2nd ed. Academic Press, Orlando, FL.
- Sahib NG, Anwar F, Gilani AH, Hamid AA, Saari N, Alkharfy KM, 2013. Coriander (*Coriandrum sativum* L.): A potential source of high-value components for functional foods and nutraceuticals-A review. *Phytother Res*. 27(10):1439-1456.
- Sezgin C, 2020. Tahılların çimlendirilmesi ve buğday çimi. Erişim yeri URL: <https://www.canfezasezgin.com/Home/Icerik/Tahillarin-cimlendirilmesi-vebugday-cimi>
- Terzi İ, 2007. Effects of walnut fruit hull extracts on muskmelon seed germination, seedlings elongation and dry weights. *Anadolu University Journal of Science and Technology*. 8(2): 355-360.
- Uyeda J, Cox LJ, Radovich TJ, 2011. An Economic comparison of commercially available organic and inorganic fertilizers for hydroponic lettuce production. *Sustainable Agriculture*. 5: 1-4.
- Yıldız N, 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Erzurum, Eser ofset matbaacılık, pp.1-477.
- Zeng RS, Mallik AU, Luo SM, 2008. *Allelopathy in Sustainable Agriculture and Forestry*. New York, Springer Press.



Elementel kükürt kireçli topraktaki baharlık domates yetiştiriciliğinde etkili olabilir mi?

Ahmet Şafak MALTAŞ^{1*}, Zehra Nur GÜNEŞ², Mustafa KAPLAN²

¹Akdeniz Üniversitesi Finike MYO Bahçe Tarımı Programı, Antalya

²Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Antalya

Öz

Bu çalışmada yüksek kireç içeriğine ve pH değerine sahip topraklarda baharlık domates yetiştiriciliğinde dikimden hemen önce uygulanan elementel kükürdün bitki gelişimine, beslenmesine ve meyve verim-kalitesine olan etkilerini incelemek amacıyla yapılmıştır. Kükürt toprak pH değerini (%3.52) ve tuzluluğunu (%35.19) düşürmüştür. Bitki boyu ve yaprakta bulunan klorofil miktarı ise artmıştır. Kükürt uygulamalarına bağlı olarak toprağın değişebilir potasyum, değişebilir magnezyum, alınabilir fosfor, alınabilir mangan ve alınabilir bakır kapsamı artmıştır. Yapraklardaki çinko kapsamı artarken, potasyum kapsamı azalmıştır. Meyvelerin kalsiyum içeriği azalırken, potasyum ve demir içeriği artmıştır. 1. kalite meyvelerdeki verim K₁ uygulamasında %18.18 oranında artarken, 2. kalite meyve verimi %48.72 oranında azalmıştır. Verim artışına ek olarak meyve kalitesi bakımından meyve sertliği ve C vitamini kapsamı artarmış ve diğer pek çok kalite kriteri korunmuştur. Meyvelerin meyve renginin C* değeri azalmıştır. Özellikle verimde meydana gelen artış baharlık domates yetiştiriciliği bakımından oldukça önemlidir. Ayrıca sertliğin artması ile yola dayanım ve raf ömrü iyileşirken, daha koyu renkli domateslerin elde edilmesi ile pazar değerinin artması söz konusudur. Kireçli topraklarda serada yetiştirilen domates bitkilerinin farklı sezonlarında ve diğer bitkilerin gelişimi üzerine kükürt uygulamalarının etkileri incelenmelidir.

Anahtar Kelimeler: Toprak pH'sı, Örtüaltı, Domates verimi, Domates kalitesi.

Can the elemental sulfur be effective in spring tomato cultivation in calcareous soil?

Abstract

In this study, it was carried out to examine the effects of elemental sulfur application just before planting on plant growth, nutrition, and fruit yield and quality in spring tomato cultivation in soil with calcareous and high pH value. Sulfur treatment decreased soil pH (3.52%) and salinity (35.19%). The plant height and amount of chlorophyll in the leaf increased. Depending on the sulfur applications, the exchangeable potassium, exchangeable magnesium, available phosphorus, available manganese, and available copper contents of the soil increased. While the zinc content in the leaves increased, the potassium content decreased. While the calcium content of the fruit decreased, the potassium and iron content increased. The yield of 1st quality fruit increased by 18.18% in the S₁ application, while the yield of 2nd quality fruit decreased by 48.72%. In addition to the increase in yield, fruit firmness and vitamin C content increased in terms of fruit quality, and many other quality criteria were preserved. The C* value of the fruit color decreased. Especially the increase in yield is very important in terms of spring tomato cultivation. In addition, road resistance and shelf life improve with the increase in fruit firmness, while the marketing value of the darker tomatoes increases. The effects of sulfur applications on tomato plants grown in greenhouses in calcareous soil in different seasons and on the development of other plants should be examined.

Keywords: Soil pH, Greenhouse, Tomato yield and quality.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Dünyada 2019 yılında yaklaşık 181 milyon ton domates (*Solanum lycopersicum* L.) üretilmiştir (FAO, 2019). Türkiye Dünya domates üretimi içerisinde yaklaşık 13 milyon ton üretim miktarı ile 4. sırada yer almaktadır (TÜİK 2020). Ülkemizde üretilen toplam sebze içerisinde domates ilk sırada yer almaktadır. Yıllara göre

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 535 378 8686

E-posta : ahmetsafak@akdeniz.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 6 Eylül 2022

Kabul Tarihi : 30 Kasım 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1171794

değişmekle birlikte Türkiye domates üretiminin, % 68-72'si açıkta, % 28-32'si ise örtü altında yapılmaktadır (Güvenç, 2019).

Domates bitkisi hafif asidik pH (5.5-6.8) koşullarında daha iyi geliştiği bilinmektedir (Freeman ve ark., 2019). Türkiye toprakları büyük ölçüde yüksek kireç içeriğine ve yüksek pH değerine sahiptir (Gözükara ve Kaplan 2018; Maltaş ve Kaplan, 2018). Yüksek toprak pH'lı yetiştirme ortamlarında bazı bitki besin elementlerinin (fosfor, demir, mangan, çinko ve bakır) alınabilirliğinin azaldığı pek çok çalışmacı tarafından bildirilmiştir (Kacar ve Katkat, 2007; Khavazive ark., 2018; Akay ve ark., 2019; Sirisuntornlak ve ark., 2021; He ve ark., 2021).

Yüksek olan toprak pH değerinin düşürülmesi için pek çok alternatif bulunmaktadır. Toprağa kükürt uygulaması bu alternatiflerden içerisinde bir tanesi olup özellikle kireçli topraklarda pH'yı düşürmek için kullanılacak alternatifler içerisinde en ucuzudur (Besharati, 2017). Ancak kükürt uygulamalarına bağlı olarak toprak pH değeri düşer iken toprak tuzluluğunun arttığı da pek çok araştırmacı tarafından bildirilmektedir (Sierra ve ark., 2007; Al-Balawna ve Abu-Abdoun, 2019). Toprak tuzluluk değerinin artması domates bitkisinin gelişimini, meyve verimini ve kalitesini çoğunlukla olumsuz etkilemektedir (Özer ve ark., 2019; Syed ve ark., 2021). Toprak tuzluluğunun bitki gelişimi üzerine etkisi düşünüldüğünde soğuk dönemde olumsuz etki bir miktar azalabilirken hatta bazen olumlu etki bile gösterebilir. Sıcak dönemlerde bu etki katlanarak olumsuz olabilmektedir (Ata ve Kaplan, 2020). Ayrıca, kükürt uygulamasının toprak tuzluluğu üzerine etkisinin olmadığını ve hatta tuzluluğun düştüğünü bildiren çalışmalar da mevcuttur (Güneri ve ark., 2010; De Andrade ve ark., 2018). Bu amaçla kükürt gibi pH düşüşü ile bitki besin elementlerinin alınımını artırarak, olumlu etki gösteren ucuz bir materyalin, kireçli bir toprakta, cam serada domates bitkisinin gelişimine, beslenmesine, meyve verimine ve kalitesi üzerine etkisinin soğuk dönemden sıcaklık döneme geçiş de dikkate alınarak incelenmesi gerektiği düşünülmüştür.

Bu çalışma domates yetiştiriciliği bakımından yüksek pH değerine sahip kireçli bir toprakta soğuk dönemdeki kükürt uygulamalarının baharlık domates yetiştiriciliği üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne ait "1 nolu cam serada" yürütülmüştür. Çalışma yapılan sera toprağının özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı özellikleri

Toprak özelliği	Toprak analizi sonucu
Organik madde (%)	2.38
Kireç (%)	16.5
pH	7.49
EC (dS/m)	0.44
Tekstür	Killi tın
Toplam azot (%)	0.14
Alınabilir Fosfor (ppm)	209.0
Değişebilir potasyum (me/100 g)	1.47
Değişebilir kalsiyum (me/100 g)	20.62
Değişebilir Magnezyum (me/100 g)	3.91
Alınabilir demir (ppm)	4.43
Alınabilir mangan (ppm)	10.41
Alınabilir çinko (ppm)	8.02
Alınabilir bakır (ppm)	8.39

Araştırma konuları K₀: Kimyasal gübre (kontrol), K₁: 50 kg/da elementel kükürt+kimyasal gübre ve K₂:100 kg/da elementel kükürt+kimyasal gübre olarak belirlenmiştir. Kimyasal gübreleme olarak 20 kg N/da, 15 kg P₂O₅/da, 30 kg K₂O/da, 5 kg CaO/da, 2.5 kg MgO/da olacak şekilde fertigasyon gübrelemesi yapılmıştır. Kükürt uygulamaları fide dikiminden 3 gün önce yapılmış ve toprak ile karıştırılmıştır. Deneme sırasında çekilmiş olan bazı görseller Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Çalışmanın farklı dönemlerinden bazı görseller

Çalışmada bitki materyali olarak Newton F1 domates çeşidi kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak planlanmıştır. Fideler sıra arası 90 cm, sıra üzeri 40 cm olacak şekilde deneme parsellerine dikilmiş, dikimden sonraki bütün kültürel işlemler (budama, sulama, ilaçlama vb.) tüm uygulama parsellerine aynı şekilde yapılmıştır.

Denemede yaprak ve meyve örnekleri alınarak gerekli fiziksel ölçümler yapıldıktan sonra laboratuara getirilmiş, yıkandıktan sonra 65°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Domates meyvelerinde ortalama meyve çapı, bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı, bitki başına verim değerleri tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca meyvelerin renk, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarı, titre edilebilir asit (TEA) değeri ve meyve suyu pH'sı içeriği belirlenmiştir.

Domateslerde SÇKM miktarı belirlemek üzere meyve örnekleri katı meyve sıkacağından geçirilmiş ve meyve usaresi elde edilmiştir. Bu süzüntüden alınan örnek dijital refraktometre ile (Hanna HI96801, Hanna Instruments, USA) belirlenmiş ve sonuçlar % olarak ifade edilmiştir. Örneklerde TEA miktarının belirlenmesi amacıyla 2 ml meyve suyu, 0.1 N NaOH çözeltisi ile pH metrede (Inolab pH 720, WTW, Germany) pH= 8.1'e kadar titre edilmiştir. Sonuçlar % sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır. Meyvelerin renk ölçümleri meyvelerin kabuk renginde meydana gelen değişimler meyvenin ekvator bölgesinden üç farklı noktadan Minolta CR-400 (MINOLTA Camera Co, LTD Ramsey, NJ) marka renk ölçer ile CIE L*a*b* renk düzleminde belirlenmiştir (McGuire, 1992). Çalışmada meyve eti sertliği 3 mm'lik bir çapa sahip el penetrometresi yardımıyla meyve ekvator bölgesinden üç farklı noktadan ölçülmüştür.

Bitki analizleri için ise domates yaprak örneklerinde toplam N modifiye Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Ayrıca, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu analizleri için bitki örnekleri yaş yakılıp ICP-OES cihazında okunmuştur (Kacar ve İnal, 2008). Toprak örneklerinde pH (Jackson, 1967), elektriksel iletkenlik (Bower and Wilcox, 1965), toplam kireç (CaCO₃) (Evlıya, 1964), organik madde (Black, 1965), bünye (Bouyoucos, 1955), toplam N (Black, 1957), alınabilir P (Olsen ve Sommer, 1982), ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg (Kacar, 1972) ve alınabilir Fe, Zn, Mn ve Cu analizleri (Lindsay ve Norwell, 1978) yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Uygulamaların domates bitkisinin gelişimi üzerine etkileri incelendiğinde, kükürt uygulamalarına bağlı olarak domates bitkilerinin bitki boyu ve klorofil içeriği K₁ uygulamasında kontrole oranla kısmen azalırken, K₂ uygulamasında diğer iki uygulamaya göre artış elde edilmiştir (Çizelge 2). K₂ uygulamasında bitki boyunun artması, domates bitkisinin yapraklarında bulunan azot miktarının artmasına bağlanabilir. Ayrıca yapraklarda bulunan azot miktarının artması, yapraklardaki klorofil miktarının artmasını sağlayabilir (Odabaşı, 1981). Yaprak klorofil miktarı ile domates verimi arasında ilişkinin bulunduğu düşünüldüğünde (Özdemir ve Özer, 2015), yapraklardaki klorofil miktarındaki artışa bağlı olarak domates bitkisinin diğer yetiştirme koşullarının optimum hale getirilmesi ile meyve verimi ve kalitesinin artırılabilirliği düşünülmektedir.

Çizelge 2. Uygulamaların bitki gelişimi üzerine etkileri

Uygulamalar	K ₀	K ₁	K ₂
Bitki boyu (cm)	114.9 b	113.0 b	119.7 a
Gövde çapı (mm)	11.61	11.88	11.25
Yaprak sayısı (adet)	14	15	14
Yaprak uzunluğu (cm)	38.40	35.00	38.00
Boğum arası mesafe (cm)	19.93	18.60	20.93
Klorofil miktarı	54.56 b	53.37 b	56.67 a

Kükürt uygulamalarının toprak özellikleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, toprakta bulunan değişebilir potasyum ve magnezyum miktarları ile alınabilir mangan ve bakır miktarları kükürt uygulamalarına bağlı olarak genellikle artmıştır. Toprak pH değeri ve EC değeri ise uygulamaların etkilerine bağlı olarak azalmıştır (Çizelge 3). Kükürt uygulamalarının toprak pH değerini düşürdüğüne yönelik pek çok çalışma bulunmaktadır (McCray ve ark., 2018; Rahmani ve ark., 2018) Toprak pH değerindeki bu düşüşe bağlı olarak alınabilir mangan ve bakır kapsamı artmıştır. Ayrıca alınabilir fosfor miktarlarının da kontrol uygulamasına kıyasla K₁ uygulamasında %12.81 ve K₂ uygulamasında %7.18 arttığı belirlenmiştir. Nitekim kükürt uygulamalarına bağlı olarak toprakta alınabilir fosfor kapsamının arttığı bildirilmiştir (Skwierawska ve ark., 2008). Ancak kireçli toprağın yüksek tamponlama kapasitesine bağlı olarak; pH değerinin uzun süreli ve kalıcı olarak düşürülmesinin zorluklarının olduğu da bilinmelidir (Maltaş ve Kaplan, 2018; Akay ve ark., 2019). Toprak tuzluluk değeri kükürt uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır. Kükürt uygulamalarına bağlı olarak meyve veriminin artması toprak tuzluluğunun azaltılmasında etkili olabilir. Kükürt uygulamalarına bağlı olarak toprak tuzluluğunun düştüğünü bildiren çalışmalar mevcuttur (De Andrade ve ark., 2018).

Çizelge 3. Uygulamaların toprak özellikleri üzerine etkisi

Uygulamalar	K ₀	K ₁	K ₂
EC	702 a	498 b	455 b
pH	7.39 a	7.32 ab	7.13 b
N (%)	0.14	0.15	0.15
P (kg/da)	57.69	65.08	61.83
K (me/100 g)	1.44 b	1.43 b	1.53 a
Ca (me/100 g)	22.14	23.78	21.86
Mg (me/100 g)	3.54 b	3.79 a	3.40 b
Fe (ppm)	4.84	4.68	4.54
Mn (ppm)	12.66 b	14.11 a	14.13 a
Zn (ppm)	9.94	10.31	9.88
Cu (ppm)	7.09 b	7.68 a	7.41 ab

Kükürt uygulamalarının domates yapraklarının besin elementi kapsamı üzerine etkileri Çizelge 4'de gösterilmektedir. Kükürt uygulamalarının etkileri incelendiğinde domates bitkisinin yapraklarında bulunan çinko kapsamının uygulamaların etkisi ile arttığı, potasyum kapsamının ise azaldığı belirlenmiştir. Kükürt uygulamalarına bağlı olarak toprak pH değerinde meydana gelen düşüşe bağlı olarak yapraklarda bulunan çinko içeriğinin arttığı düşünülmektedir (Cui ve ark., 2004; Khavazi ve ark., 2018). Jones ve ark. (1991) tarafından bildirilen sınır değerlere göre domates bitkisinin çinko elementi bakımından yeterli beslenebilmesi için yapraklarında bulunan çinko kapsamının 20-250 mg/kg aralığında olması gerekmektedir. Bu durumda kontrol uygulamasında domates bitkisi için noksanlık söz konusu iken kükürt uygulamaları bu noksanlığın giderilmesini sağladığı görülmektedir. Türkiye gibi yüksek kireçli ve yüksek pH değerine sahip toprakları olan bir ülkede özellikle de topraklardaki alınabilir çinko kapsamının azlığı

düşünüldüğünde bilhassa domates yetiştiriciliğinde ve yapraklarında çinko noksanlığı olan pek çok sebze ve meyvede kükürt kullanımı ile bu elementin noksanlığının giderilmesi ya da azaltılması mümkün olabilir (Beshatati, 2017; Rahmani ve ark., 2018). Ancak özellikle kireçli topraklarda çeşitli uygulamaların etkisi ile toprak pH değerinde meydana gelen bu düşüşün kalıcı olmadığı bilinmelidir (Maltaş ve Kaplan, 2016)

Çizelge 4. Uygulamaların domates bitkisinin yaprak besin içeriği üzerine etkileri

Uygulamalar	K ₀	K ₁	K ₂
N (%)	2.86	2.79	2.99
P (%)	0.22	0.24	0.22
K (%)	2.02 a	1.81 b	1.82 b
Ca (%)	6.29	6.53	6.58
Mg (%)	0.69	0.63	0.64
Fe (ppm)	72.52	73.22	68.23
Mn (ppm)	106.97	99.46	102.69
Zn (ppm)	19.48 c	25.81 b	27.55 a
Cu (ppm)	8.66	8.03	7.78

Kükürt uygulamalarının domates meyvelerinin besin elementi kapsamı üzerine etkileri Çizelge 5'de gösterilmektedir. Kükürt uygulamalarının domates meyvesinde bulunan besin elementleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde potasyum ve demir kapsamının uygulamaların etkisi ile arttığı belirlenmiştir. Meyvelerde bulunan magnezyum ve mangan kapsamı K₁, bakır kapsamı ise K₂ uygulamasında en yüksek düzeyde belirlenmiştir. Meyvede bulunan kalsiyum içeriği ise uygulamaların etkileri ile azalmıştır. Meyvelerdeki kalsiyum içeriği kükürt uygulamalarına bağlı olarak kontrole oranla azalmıştır. Kontrol uygulamasına oranla meyvelerin magnezyum-mangan içeriği sırası ile K₁ uygulamasında %7.69-4.32 artarken K₂ uygulamasında %15.38-8.90 azalmıştır. Bakır kapsamı incelendiğinde ise kontrol uygulamasına göre K₁ uygulamasında düşüş (%30.34) K₂ uygulamasında ise artış (%77.18) meydana gelmiştir. Meyvedeki kalsiyum içeriğinin düşmesine, sera içi sıcaklıkların artması ile bu elementin meyveye taşınmasının azalması ve meyve veriminin artması ile seyrelme etkisinin sebep olabileceği söylenebilir. Kükürt uygulamalarına bağlı olarak kanola bitkisinin kalsiyum kapsamının kontrole oranla azaldığı belirlenmiştir (Yılmaz 2017). Kükürt ve organik gübre uygulamalarının kireçli bir toprakta yetiştirilen fasulye bitkisinin meyvesinde bulunan potasyum ve demir elementlerinin kapsamını kontrol uygulamasına oranla artırdığı bildirilmiştir (Yağmur ve Okur, 2017). Kükürt uygulamalarına bağlı olarak ıspanak yapraklarında bulunan mangan kapsamının azaldığı rapor edilmiştir (Gülser ve Ayaş, 2016).

Çizelge 5. Uygulamaların domates meyvesinin besin kapsamı üzerine etkileri

Uygulamalar	K ₀	K ₁	K ₂
N (%)	1.35	1.44	1.14
P (%)	0.35	0.38	0.37
K (%)	2.31 b	3.12 a	3.11 a
Ca (%)	0.18 a	0.16 a	0.13 b
Mg (%)	0.13 a	0.14 a	0.11 b
Fe (ppm)	22.55 b	28.20 a	28.58 a
Mn (ppm)	9.44 ab	9.85 a	8.60 b
Zn (ppm)	4.19	5.11	7.77
Cu (ppm)	19.02 b	13.25 c	33.70 a

Uygulamaların domates meyvesinin meyve kalitesi üzerine etkileri incelendiğinde, kükürt uygulamalarına bağlı olarak domates bitkilerinin meyve eti sertliği ve C vitamini kapsamı kükürt uygulamalarına bağlı olarak artmıştır (Çizelge 6). Meyvelerin asitlik ve SÇKM değerleri K₂ uygulamasında en yüksek düzeyde belirlenmiştir. Meyve renginin C* değeri ise uygulamaların etkileri ile azalmıştır. Meyvenin C vitamini içeriği kükürt uygulamalarına bağlı olarak artmıştır. Domates gibi çok tüketilen bir sebzenin vitamin kapsamının artırılması oldukça önemlidir. Domatesin 12 ay üretimi ve tüketiminin olduğu düşünüldüğünde özellikle kış döneminde C vitamini yüksek domates meyvelerinin üretiminin sağlanması ile bu meyveleri tüketen kişilerin bağışıklık sisteminin daha güçlü olması sağlanabilir (Çetin, 2020; Önal ve Demirci, 2020; Arslan, 2021; Eyice Başev, 2022). Aynı zamanda uygulamaların etkileri ile domates meyvelerinin renk doygunluğu da (daha koyu kırmızı renkli meyve) artırmıştır. Daha kırmızı renkli meyvelerin oluşması bu meyvelerin likopen içeriklerinin de daha yüksek olabileceğini düşündürmektedir (Toor ve ark., 2006). Likopen ise C vitamini gibi insan sağlığı açısından önemli bir karotenoidtir (Aksu ve Özçelikçi, 2022). Kükürt uygulamalarına bağlı olarak; kireçli toprakta yetişmiş domates meyvelerinin meyve eti sertliğinin artması,

meyvelerini yola dayanımını ve gideceği yere ulaştığında raf ömrünün uzun olmasını sağlar. Bu durum hem sert hem de daha koyu renkli meyvelerin üretimi ile bu sebzenin ihracat potansiyeline katkı sunabilir.

Çizelge 6. Uygulamaların 1. kalite domates meyvelerinin kalite parametreleri üzerine etkileri

Uygulamalar	K ₀	K ₁	K ₂
pH	4.49	4.54	4.50
Asitlik (%)	1.03 a	0.94 b	1.32 a
SÇKM (%)	6.10 ab	6.03 b	6.80 a
L*	39.35	39.26	38.99
C*	36.06 a	34.70 b	35.18 ab
H°	42.42	41.35	41.92
Sertlik (N/cm ²)	1.16 b	1.33 a	1.32 a
C vitamini (mg/100g)	27.90 b	29.27 a	28.03 b

Kükürt uygulamalarının 1. ve 2. kalite domates meyvesinin ortalama meyve ağırlığı, ortalama meyve çapı, bitki başına ortalama meyve sayısı ve dekara verim değerleri üzerine etkileri Çizelge 7'de verilmiştir. Kükürt uygulamalarının 1. kalite domates meyvelerinde bitki başına ortalama meyve sayısı ve dekara verim değerlerini artırmıştır. 2. kalite meyvelere olan etkiler incelendiğinde ise bitki başına ortalama meyve sayısı ve dekara verim kükürt uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır.

Çizelge 7. Uygulamaların 1. ve 2. kalite meyve verimi üzerine etkileri

Uyg.	1. kalite				2. kalite			
	Ortalama meyve ağırlığı (g)	Ortalama meyve çapı (mm)	Bitki başına meyve sayısı (adet)	Verim (ton/da)	Ortalama meyve ağırlığı (g)	Ortalama meyve çapı (mm)	Bitki başına meyve sayısı (adet)	Verim (ton/da)
K ₀	130.33	64.45	27.67 b	10.23 b	66.67 a	49,43	4,15 a	0.78 a
K ₁	135.33	64.56	31.69 a	12.09 a	68.33 a	49,99	2,08 b	0.40 c
K ₂	127.67	62.47	28.67 b	10.25 b	61.67 b	48,81	3,25 ab	0.56 b

1. kalite meyve veriminde, kontrol uygulamasına oranla K₂ uygulamasında sınırlı bir artış meydana gelirken, K₁ uygulamasında %18.18 oranında önemli bir artış meydana getirmiştir. Uygulamaların etkilerine bağlı olarak 2. kalite meyve sayısı (%49.88) ve verimi (%48.72) kontrole oranla azalmıştır. Özellikle K₁ uygulamasının kontrole oranla 1. kalite verimini artırırken 2. kalite verimini düşürmesi dikkat çekicidir. 1. kalite verimde meydana gelen 1.86 tonluk verim artışının üretici açısından oldukça önemli olduğu kesindir. Ayrıca verim artışı meydana gelirken bu meyvelerin kalite parametrelerinin de kontrol uygulamasına oranla genellikle daha iyi olması dikkat çekicidir. Kireçli bir toprakta tanelik domates yetiştiren üreticiler verim artışına ek olarak, kaliteden dolayı daha yüksek fiyata ürün satarak da kazancını artırabilir. Çalışmada genellikle örtüaltı baharlık tanelik domateslerde meydana gelen BER'li meyve hasadı yapılmamıştır.

Sonuç

Kireçli toprakta kükürt kullanımına bağlı olarak domateste bitki boyu ve klorofil miktarı artmıştır. Toprak pH değeri ve EC değeri düşmüştür. Kireçli ve yüksek pH değerine sahip bir toprakta kükürt genellikle pH düşürücü olarak nitelendirilirken, bu çalışmada aynı zamanda tuzluluk düşürücü bir etkisinin de olabileceği tespit edilmiştir. Bu etkinin farklı kireç kapsamına sahip topraklardaki daha uzun süreli etkileri de araştırılmalıdır. pH'da meydana gelen düşüşe bağlı olarak, toprağın yarıyışlı besin elementi içeriği (fosfor, potasyum, magnezyum, mangan ve bakır) artmıştır. Domates bitkisinin yapraklarında bulunan potasyum kapsamının azaldığı çinko kapsamının ise uygulamaların etkisi ile arttığı belirlenmiştir. Uygulamaların etkileri ile meyvelerde bulunan potasyum ve demir kapsamı artarken kalsiyum kapsamı azalmıştır. Kükürt domates meyvelerinin C vitamini ve meyve eti sertliğini artırırken, meyvelerin asitlik ve SÇKM değerleri sadece 100 kg/da dozunda artmıştır. Meyve renginin C* değeri ise kükürde bağlı olarak azalmıştır. 1. kalite meyvelerdeki bitki başına ortalama meyve sayısı ve dekara verim değerleri artarken, 2. kalite meyvelerde, bitki başına ortalama meyve sayısı ve dekara verim kükürt uygulamalarına bağlı olarak azalmıştır.

Kireçli bir toprakta baharlık dönemde yetiştirilen domates bitkisinin gelişimi üzerine dikimden hemen önce uygulanan 50 kg/da elementel kükürdün bitki gelişimi, beslenmesi ve meyve verim ve kalitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Elementel kükürt pek çok kimyasal gübreyle oranla daha ucuz bir materyaldir. Bu sebeple daha yüksek pH değeri ve kireç içeriğine sahip topraklarda, diğer bitkilerde ve özellikle de farklı yetiştirme sezonlarında kükürt kullanımının etkileri araştırılmalıdır.

Kaynaklar

- Akay A, Şeker, C, Negiş H, 2019. Effect of enhanced elemental sulphur doses on pH value of a calcareous soil. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29: 34-40.
- Aksu BM, Özçelikçi B, 2022. Karaciğer Hastalıkları ve Nutrasötikler. *Beslenme ve Diyetetikte Biyopsikososyal Konulara Multidisipliner Yaklaşım*, 115.
- Al-Balawna A, Abu-Abdoun I, 2019. The effect of sulfur powder addition on the chemical and physical properties of soil in Jordan valley. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 8(2): 42-48.
- Arslan E, 2021. Bazı Vitaminlerin Bağışıklık Sistemi ve Covid-19 Tedavisindeki Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (25): 185-191.
- Ata N, Kaplan M, 2020. Tavuk gübresi ve fertigasyon EC'lerinin örtüaltı baharlık domates (*Solanum lycopersicum*) yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(3): 425-431.
- Besharati H, 2017. Effects of sulfur application and Thiobacillus inoculation on soil nutrient availability, wheat yield and plant nutrient concentration in calcareous soils with different calcium carbonate content. *Journal of Plant Nutrition*, 40(3): 447-456.
- 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. *Agronomy Journal*, 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.
- Cui Y, Dong Y, Li H, Wang Q, 2004. Effect of elemental sulphur on solubility of soil heavy metals and their uptake by maize. *Environment International*, 30 (3): 323.
- Çetin F, 2020. Bağışıklık sistemi desteklerinin besin-ilaç etkileşimi. *İstanbul Sabahattin Zaim Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 2(1), 14-19.
- De Andrade, JJ, De Oliveira FJM, Pessoa LGM, Dos Santos Nascimento SA, De Souza ES, Barros G, Miranda AFM, De Ovileria CA, Dos Santos Freire MBG 2018. Effects of elemental sulfur associated with gypsum on soil salinity attenuation and sweet sorghum growth under saline water irrigation. *Australian Journal of Crop Science*, 12(2): 221-226.
- Evlia H, 1964. Kültür Bitkilerinin Beslenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, 36: 292-294.
- Eyice Başev S, 2022. Covid-19 Sürecinin Tüketici Davranışlarına Etkisi ve Tüketici Eğilimlerindeki Yenilikler: Bağışıklık Güçlendirici Gıda Takviyeleri Örneği. *Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 24(1): 69-91.
- FAO, 2019. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Erişim Tarihi: 11.05.2018.
- Freeman JH, McAvoy EJ, Boyd NS, Kanissery R, Smith HA, Desaegeer J, Noling JW, Vallad GE, 2019. Tomato Production. In: Dittmar, P., Freeman, J., Paret, M., Smith, H. (Eds.), *Vegetable Production Handbook of Florida*, Gainesville: University of Florida Institute of Food and Agricultural Sciences, pp. 349-392.
- Gözükara G, Kaplan M, 2018. Domates (*Solanum lycopersicum* L.) yetiştiriciliğinde üretici ve çeşit faktörlerinin yaprak ve meyvedeki bitki besin maddesi konsantrasyonu üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4): 484-495.
- Gülser F, Ayaş HÇ, 2016. Kükürt ve humik asit uygulamalarının ıspanak (*Spinacea oleracea* var. spinoza) bitkisinin mikro besin elementi içeriklerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1): 27-31.
- Güneri M, Mısırlı A, Yokaş İ, 2010. İnterdonat limon çeşidinde kükürt, jips ve amonyum sülfat uygulamalarının toprak reaksiyonu, vejetatif gelişme ve meyve özellikleri üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1): 1-9.
- Güvenç İ, 2019. Türkiye'de domates üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 57.
- He H, Wu M, Su R, Zhang Z, Chang C, Peng Q, Dong Z, Pang J, Lambers H, 2021. Strong phosphorus (P)-zinc (Zn) interactions in a calcareous soil-alfalfa system suggest that rational P fertilization should be considered for Zn biofortification on Zn-deficient soils and phytoremediation of Zn-contaminated soils. *Plant and Soil*, 461(1): 119-134.
- Jackson, M.C. 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Jones Jr, JB, Wolf B, Mills HA, 1991. *Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide*. Micro-Macro Publishing, Inc., Athens, GA: USA, 213 pp.

- 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.
- Kacar B, Katkat V, 2007. Gübreler ve Gübreleme Tekniği. Nobel Yayınları, Ankara.
- Khavazi K, Jahandideh Mahjan Abadi VA, Taghipoor F, 2018. Effect of sulfur, Thiobacillus bacteria and phosphorus on the yield and nutrient elements uptake of wheat in calcareous soil. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 8(2): 23-41.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for Zinc, Iron, Manganese and Copper. Soil Science Society of America Journal, 42 (3): 421-428.
- Maltas AS, Kaplan M, 2018. Effect of different amounts of acid application in fertigation on calcareous soil pH. Journal of Plant Nutrition, 41(4): 520-525.
- Maltaş AŞ, Kaplan M, 2016. Evaluation of asid usage routines in greenhouse tomato (*Solanum lycopersicum*) cultivation in the central district of Antalya. Mediterranean Agricultural Sciences, 29(3): 139-142.
- Mcguire RG, 1992. Reporting of objective color measurements. HortScience, 27: 1254-1255.
- McCray JM, Ji S, Crusciol C, 2018. Influence of elemental sulfur on sugarcane yield on Histosols with near-neutral pH. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(1): 109-123.
- Odabaş F, 1981. Bacchus çeşidinde (*Vitis vinifera* L.) yaprakların klorofil miktarı üzerine azot gübrelemesinin etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12: (2-3).
- 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.
- Önal HY, Demirci Z, 2020. İmmün Sistemin Gelişmesinde ve Desteklenmesinde Besin Desteklerinin Rolü. Sağlık Profesyonelleri Araştırma Dergisi, 2(3): 137-147.
- Özdemir A, Özer H, 2015. Organik olarak yetiştirilen salkım domatesin (*Solanum lycopersicum* L.) verim ve kalitesi üzerine yaprak budamasının etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 30(1): 1-6.
- Özer S, Öztürk O, Çebi U, Altıntaş S, Yurtseven E, 2019. Sera koşullarında farklı tuzluluk düzeyindeki sulama sularının domates bitkisinin kök gelişimi üzerine etkisi. Toprak Su Dergisi, 146-152.
- Rahmani HA, Khavazi K, Abadi VJM, Ramezanzpour MR, Mirzapour MH, Mirzashahi K, 2018. Effect of thiobacillus, sulfur, and phosphorus on the yield and nutrient uptake of canola and the chemical properties of calcareous soils in Iran. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 49(14): 1671-1683.
- Sierra CB, Lancellotti AM, Vidal IP, 2007. Elemental sulphur as pH and soil fertility amendment for some Chileans soils of Regions III and IV. https://www.researchgate.net/publication/27789507_Investigation_-_Elemental_sulphur_as_pH_and_soil_fertility_amendment_for_some_Chileans_soils_of_Regions_III_and_IV
- Sirisuntornlak N, Ullah H, Sonjaroon W, Anusontpornperm S, Arirob W, Datta A, 2021. Interactive effects of silicon and soil pH on growth, yield and nutrient uptake of maize. Silicon, 13(2): 289-299.
- Skwierawska M, Zawartka L, Zawadzki B, 2008. The effect of different rates and forms of sulphur applied on changes of soil agrochemical properties. Plant Soil Environ, 54(4): 171-177.
- Syed A, Sarwar G, Shah SH, Muhammad S, 2021. Soil salinity research in 21st century in Pakistan: its impact on availability of plant nutrients, growth and yield of crops. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 52(3): 183-200.
- Toor RK, Savage GP, Heeb A, 2006. Influence of different types of fertilisers on the major antioxidant components of tomatoes. Journal of Food Composition and Analysis, 19: 20- 27.
- TÜİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- Yağmur B, Okur B, 2017. Kompost ahır gübresi ve kükürt uygulamalarının kireçli alkalın toprakta yetiştirilen fasulye bitkisinin gelişimi üzerine etkisi. Toprak Su Dergisi, Özel Sayı: 13-25.
- Yılmaz R, 2017. Kükürtlü gübrelemenin kanola bitkisinin (*brassica napus* l.) verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.



PGPR uygulanmış ortamlara humik asit ilavesinin Kirik buğdayının (*Triticum aestivum* L. var. *delfii*) makro element alımına etkisi

 Ferit SÖNMEZ*

Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu

Öz

Bu çalışma PGPR bakterileri uygulanmış ortamlarda yetiştirilen Kirik buğdayının makro element içeriği üzerine humik asit uygulamalarının etkisinin belirlenmesi amacıyla kurulmuştur. Çalışmada sekiz adet bakteri ile humik asitin 0, 1000 ve 2000 mg kg⁻¹ dozları kullanılmıştır. İklim odasında yürütülen çalışma, tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre kurulmuş ve 2 kg toprak alan saksılarda 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmaya yaklaşık ik ay devam edilmiş ve çalışma sonunda Kirik buğdayının toprak üstü aksamında azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum elementleri analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre bakteri, humik asit ve bakteri x humik asit interaksyonu azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine P<0.01 düzeyinde önemli etkide bulunmuştur. Bazı bakteri uygulamaları Kirik buğdayının azot içeriğini kontrole göre artırmışken bazı bakteriler azaltmıştır. Genel olarak bakteri uygulamaları fosfor içeriğini kontrole göre artırmışken, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri düşüş göstermiştir. Ortama humik asitin artan dozlarının uygulanması azot ve fosfor içeriklerini artırmışken, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içeriklerinde düşüşe neden olmuştur. PGPR uygulanmış ortamlarda humik asidin artan dozlarının azot ve fosfor elementlerinin alımını artırdığı, potasyum, kalsiyum ve magnezyum elementlerinin alımını ise azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: PGPR, makro element, buğday, humik asit, gübreleme.

Determination of the effect of humic acid addition on the macro element uptake of Kirik wheat (*Triticum aestivum* L. var. *delfii*) in PGPR treated media

Abstract

This study was established to determine the effect of humic acid applications on the macro element contents of Kirik wheat grown in growing media with PGPR bacteria. Eight bacteria and 0, 1000 and 2000 mg kg⁻¹ doses of humic acid were used in the study. The study carried out in the greenhouse was established according to the factorial experimental design in randomized plots and was carried out in 3 replications in pots including 2 kg soil. The study continued for about two months and at the end of the study, nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium elements were analyzed in the above-ground part of Kirik wheat. According to the results of the analysis, the interaction of bacteria, humic acid and bacteria x humic acid had a significant effect on nitrogen, phosphorus, potassium, calcium and magnesium contents at P<0.01 level. While some bacterial treatments increased the nitrogen content of Kirik wheat compared to the control, some bacteria decreased it. Generally, bacterial treatments increased phosphorus content compared to control, while potassium, calcium and magnesium contents decreased. The application of increasing doses of humic acid to the medium increased the nitrogen and phosphorus contents, while it caused a decrease in the potassium, calcium and magnesium contents. It was determined that increasing doses of humic acid increased the intake of nitrogen and phosphorus elements and decreased the intake of potassium, calcium and magnesium elements in PGPR applied media.

Keywords: PGPR, macro element, wheat, humic acid, fertilization.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 301 3696

E-posta : sonmezferit@ibu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 7 Haziran 2022

Kabul Tarihi : 4 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1127512

Giriş

Kimyasal gübre kullanım maliyetinin arttığı bir dönemde toprakların mevcudiyetinde varolan faydalı organizmaların özel koşullarda çoğaltılarak tarımsal üretimde mikrobiyal gübre olarak uygulanması daha da bir önem kazanmıştır. Kimyasal gübre kullanımı ile verimde artış olanakları sağlanmasına karşılık toprakların sağlığı üzerine olumsuz etkileride gözardı edilmemesi gereken önemli bir konudur. Nitekim fosforlu gübre uygulamaları ile toprağın kadmiyum içeriğinde artışlar olduğu bilinen bir gerçekliktir. Yine uzun süreli gübre uygulamaları ile toprak pH'sında yaşanan, kimi bölgeler için, düşüşler önemli sorunları da yapısında barındırmaktadır. Kimyasal gübre kullanımı ile toprakların tuzlanması, ağır metal birikimi, besin elementi dengesizlikleri, mikrobiyal popülasyonda ki değişimler, sulardaki ötrofikasyon ve nitrat kirliliği, atmosfere azot ve kükürt içeren bileşenlerin karışması, sera etkisi gibi sorunlar ortaya çıkmaktadır (Sönmez ve ark., 2008)

Toprakların ayrılmaz bir parçası olan mikroorganizmalar içerisinde faydalı olanların varlığı yaklaşık yüzyıldan daha uzun bir süredir bilinmekteydi. Bunların mikrobiyal gübre olarak kullanımı ile ilgili düşüncelerin varlığı yakın zamanlarda çoğalmış ve son yıllarda ki teknolojik gelişmeler ışığında bu organizmaların mikrobiyal gübreye dönüştürülerek tarımsal üretimde kullanımı yaygınlaşmıştır. Ülkemizde de buna benzer bir gelişme süreci yaşanmış ve artık milli imkânlarla geliştirilen ve satışı yapılan mikrobiyal gübrelerimiz mevcuttur. Mikrobiyal gübre kullanımı ile bitkilerin ve toprağın besin element içeriğinde artışlar olduğu yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Şahin ve ark., 2015; Kotan ve ark., 2021). Mikrobiyal gübre üretiminde kullanılan ve Bitki Gelişimini Teşvik Eden Bakteriler (PGPR) olarak adlandırılan bu mikroorganizmalar atmosferdeki elementel azotu bağlamalarının yanı sıra, topraklardaki fosfatı çözmeleri, fitohormon ve enzim üretmeleri gibi direk etkileriyle bitki gelişimini olumlu etkilemenin yanı sıra kodlandıkları bitkide sistemik dayanıklılığı artırma, yetiştirme ortamındaki diğer patojenler ile yer ve besin rekabeti sonucu onları baskılama ve ürettikleri bazı sekonder metabolitler ile patojenlerin gelişimini engelleme gibi dolaylı etkileriyle de bitki gelişimini destekledikleri yapılan çalışmalarla bildirilmektedir (İmriz ve ark., 2014; Sonkurt ve Çığ, 2019; Söğüt ve Çığ, 2019; Soylu ve ark., 2020; Kotan ve ark., 2021; Çığ ve ark., 2021).

Düşük kaliteli linyitler ve bazı turbalar, içerdikleri yüksek orandaki azot ve humik asit dolayısıyla son yıllarda tarımsal üretimde gübre olarak kullanım da yaygınlaşmaktadır (Tuncalı ve ark., 2002). Linyit rezervlerimiz ise ülkemizin çeşitli bölgelerinde farklı kalite ve tipte yer almakta ve en büyük linyit rezervimiz Kahramanmaraş-Afşin-Elbistan bölgesindedir (Ay, 2015). Bu bölgedeki linyit yataklarının düşük ısı değer ve kalitesi, fakat yüksek humik asit içeriği nedeniyle humusça zengin kömürlerin tek başına veya yapay gübrelerle karıştırılarak komposit bir gübre olarak kullanımı denenmekte ve hatta uygulama alanı bulmaktadır (Peker ve Kural, 1979). Başlangıçta katı humik asit kullanımı daha çok gübreleme amacıyla olsada daha sonraları toprak düzenleyici olarak kullanımı yaygınlaşmıştır. Humik asitlerin tarımsal işlemlerde önemli rolleri arasında toprakların katyon değişim kapasitesini (KDK) artırmaları ile toprak verimliliğini yükseltmek, toprakta suda-çözünebilir inorganik gübreleri muhafaza ederek, yetiştirilen bitkilere gerektiği kadarını serbest bırakmak ve özellikle kimyasal gübrelerin olumsuz etkilerini azaltmak şeklinde sıralayabiliriz (Akıncı, 2011). Humik moleküllerin içerisindeki çok çeşitli fonksiyonel gruplar, birçok değişik yollarla, metallerle kompleks oluştururlar (Livens, 1991). Humik maddeler —COOH fonksiyonel grubuna ek olarak, bu maddelerin negatif yükleri fenolik -OH, enolik -OH, alkolik -OH, =NH ve C=O yapıları gibi yüksek miktarda oksijen içeren fonksiyonel gruplara sahip olmaları nedeniyle topraktaki katyonların yağış yada sulama suyu ile topraktan yıkanarak uzaklaşmasını azaltmakta ve topraklarda doğal şelat olarak görev yapmaktadır (Stevenson, 1994). Humik maddelerin eşsiz özelliği geniş bir pH aralığında tampon özelliği göstermesi nedeniyle tamponlanma kapasitesi dar bir pH aralığında yetişen bitkiler için çok önem kazanmaktadır (Stevenson, 1994). Humik maddeler toprak pH'nı nötralize etmekte ve böylece pH nötralize olduğu zaman, toprakta kolloitlerinde adsorbe/absorbe olan ve bitki kökleri tarafından alınamayan birçok iz element alınabilir hale gelmektedir (Yılmaz, 2007). Humik asit üretiminde kullanılan leonarditin yapısındaki düşük molekül ağırlıklı humik maddeler (fulvat) bitkilerin metabolik işlemlerini etkileyen kimyasal reaksiyonlarla bağlantılıken, yüksek molekül ağırlıklı humik maddeler (humat) toprağın fiziksel özelliklerini değiştirmektedir (Karaman ve ark., 2014).

Humik asit ve bakteri uygulamalarının bitkinin verim ve verim öğeleri ile klorofil pigmentlerinde, besin element içeriklerinde önemli artışlar sağladığı yapılan çalışmalar ile bildirilmiştir (Güneş, 2007; Erman e ark., 2012; Olivares ve ark., 2015; Tunçtürk ve ark., 2016; Ekin, 2019a; Ekin, 2019b; Hamidreza ve Sergei, 2019). Bu çalışmada PGPR kodlanmış Kirik buğdaylarının makro besin element içeriği üzerine artan humik asit uygulamalarının etkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan organizmalar TÜBİTAK TOVAG1080147 projesinden elde edilen PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Bacillus megaterium*'dur. İlk dört bakteri azot fikser özelliği, son dört bakteri ise fosfat çözücü özelliği ön planda olan organizmalardır. Çalışmada Kirik buğdayı (*Triticum aestivum* L. var. delfii) test bitkisi olarak kullanılmıştır. Bakteri suşları saf kültür olarak NB ortamında 28°C geliştirilmiş ve bakteriyel süspansiyon 108 cfu/tohum olacak şekilde Kirik buğdayı tohumlarına aşılansmıştır (Tozlu ve ark., 2012). Hazırlanan saksılara bakteri kodlanmış 10 adet olacak şekilde Kirik buğdayı tohumu ekilmiştir. Saksılar 2 kg toprak alan saksılardır. Deneme 3 tekerrürlü olacak şekilde Tesadüf parsellerinde faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür.

Hazırlanan saksılara humik asidin üç dozu, (HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit ve HA₃; 2000 mg kg⁻¹) Agrohüm ticari ürününden (%86 HA) uygulanmıştır. Toplam 27 saksıda deneme yürütülmüştür. Denemeye yaklaşık 8 hafta devam edilmiştir. Organizmaların etkinliğinin net belirlenmesi için kontrol dahil ortama sabit dozda azot ve fosfor gübrelemeleri yapılmamıştır. Deneme sonunda toprak üstü aksam dikkatlice kesilmiş, normal su ve saf suda yıkandıktan kese kağıtları içerisinde etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, kahve öğütücü değirmenlerde öğütülerek analize hazır hale getirilmişlerdir. Bitki örneklerinde yapılan analizler Kacar ve İnal (2009)'ın belirttiği şekilde, azot, mikro kjehldahl yöntemi ile, fosfor; spektropotometrede belirlenmiş, potasyum, kalsiyum ve magnezyum; kuru yakma sonucu elde edilen ekstraktların ASS aletinde okutulması suretiyle belirlenmiştir. Elde edilen veriler CoStat istatistik programı yardımıyla analiz edilmiştir.

Denemede kullanılan toprak ve humik asite ait bazı analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Denemede kullanılan toprak alkalın, tuzsuz, organik madde içeriği ile toplam azot ve yarıyıllı fosfor içerikleri az, ekstrakte edilebilir potasyum yeterli, ekstrakte edilebilir kalsiyum iyi, ekstrakte edilebilir magnezyum yüksek, alınabilir demir, mangan ve bakır içerikleri yeterli sınır değeri içerisinde iken çinko noksan sınır değerleri içerisinde yer almaktadır (Tüzüner, 1990).

Çizelge 1. Deneme toprağı ve humik asite ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Materyal	pH	Tuz	Kireç	Organik Madde	Azot	Bünye	P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
		$\mu\text{S cm}^{-1}$	%											
Toprak	8.05	305	7.6	0.15	0.079	Kumlu-killi-tın	3.6	254	2374	875	5.06	19.1	0.37	0.66
Humik asit	4.0	2500	-	50	1.8	-	1.5	800	700	200	1200	-	50	-

Bulgular ve Tartışma

Çalışma sonucunda elde edilen verilerin yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, uygulamalara ait ortalamalar ve Duncan harflendirme sonuçları Çizelge 3'te ve interaksiyonlara ait görseller Şekil 1, 2, 3, 4 ve 5'te verilmiştir. Bakteri, humik asit ve bakteri x humik asit interaksiyonları azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri üzerine P<0.01 düzeyinde önemli etkide bulunmuşlardır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Bakteri ve humik asit uygulamalarının Kirik buğdayının makro element içeriğine etkisine ait varyans analiz tablosu

V.K.	Sd	Azot		Fosfor		Potasyum		Kalsiyum		Magnezyum	
		K.O..	F	K.O.	F	K.O..	F	K.O..	F	K.O..	F
Bakt.	11	1.516	2232.8***	8980090	233.7***	0.565	242.7***	47223	142.3***	201052	259.9***
H.A.	2	0.198	292.1***	1208477	31.4***	0.106	45.4***	43379	130.7***	45624	58.9***
Bakt.x H.A.	22	0.042	61.3***	374347	9.7***	0.040	17.2***	55497	167.3***	23248	30.0***
Hata	72	0.0001		38426		0.002		331		773	

*** %0.01

Çizelge 3'te görüleceği üzere kontrolde %1.644 olan azot içeriği, PGPR₂ uygulamasında %1.979 olarak en yüksek değeri vermiştir. Bu ikisi arasında %20.3'lük artış elde edilmiştir. En düşük değer ise PGPR₅ bakteri uygulamasında %1.487 olarak belirlenmiş, %10.6 oranında düşüş elde edilmiştir. Artan humik asit uygulaması ile azot içeriği artış göstermiştir. Kontrol (%1.515) ile 2000 mg kg⁻¹ HA uygulaması (%1.924) arasında %27.0 oranında artış elde edilmiştir.

Çizelge 3. Bakteri ve humik asit uygulamalarının Kirik buğdayının makro element içeriğine etkisine ait ortalamalar ve Duncan harflendirme sonuçları

Uygulamalar	Azot %	Fosfor mg kg ⁻¹	Potasyum %	Kalsiyum mg kg ⁻¹	Magnezyum mg kg ⁻¹
Bakteriler					
Kontrol	1.644 h*	3933 c	1.902 a	1639 a	1072 d
PGPR ₁	1.823 c	4324 a	1.853 b	1622 a	1147 b
PGPR ₂	1.979 a	4359 a	1.700 de	1431 g	1037 e
PGPR ₃	1.670 g	3481 e	1.682 e	1518 de	1044 e
PGPR ₄	1.778 d	4107 bc	1.831 bc	1529 d	1095 cd
PGPR ₅	1.487 j	4239 ab	1.811 bc	1492 f	1039 e
PGPR ₆	1.541 i	3981 c	1.534 g	1529 d	999 f
PGPR ₇	1.742 e	3408 e	1.615 f	1444 g	950 g
PGPR ₈	1.861 b	4039 c	1.812 bc	1600 b	1192 a
Humik Asit, mg kg⁻¹					
HA ₀	1.515 b	3332 c	1.748 b	1559 a	1136 a
HA ₁	1.689 b	3943 b	1.870 a	1565 a	991 c
HA ₂	1.924 a	4321 a	1.619 c	1500 b	1095 b

* sütun içerisinde aynı harfle gösterilen ortalamalar arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde fark yoktur (PGPR₁-TV77B; *B. Subtilis*, PGPR₂-TV60D; *B. Megaterium*, PGPR₃-TV33A; *H. Alvei*, PGPR₄-TV98A; *B. Psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *B. Atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *B. Megaterium*, PGPR₇-TV103B; *B. Subtilis*, PGPR₈-TV108A; *B. Megaterium*, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹)

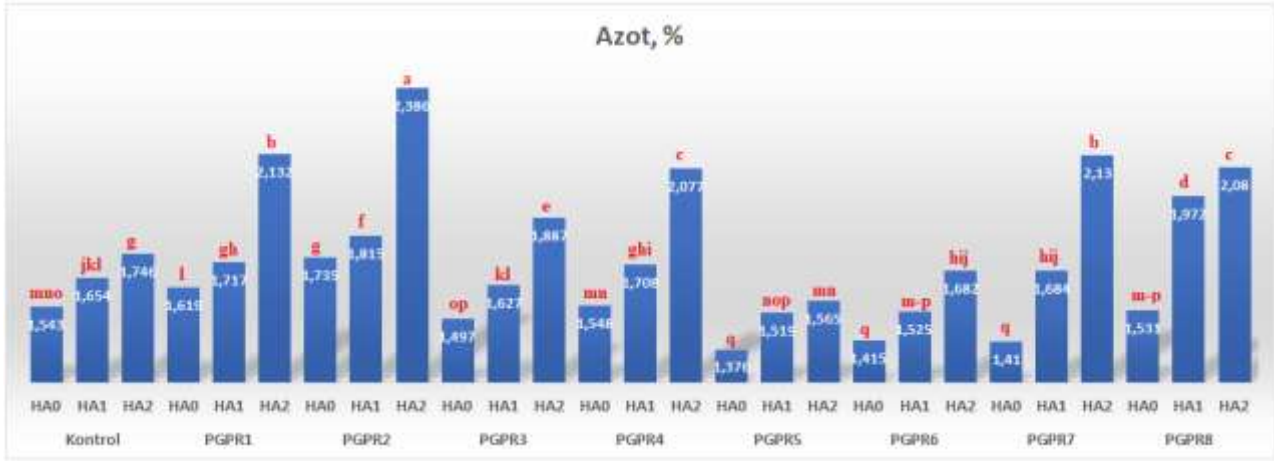
Fosfor içeriğine bakteri uygulamalarının etkisi incelendiğinde kontrolde 3933 mg kg⁻¹ olan fosfor içeriği PGPR₂ (4359 mg kg⁻¹) ve PGPR₁ (4324 mg kg⁻¹) uygulamalarında en yüksek değerlere ulaşılmıştır. Kontrolde göre sırasıyla %10.8 ve %9.9 oranında artışlar elde edilmiştir. En düşük fosfor içeriği ise PGPR₇ bakteri uygulamasında (3408 mg kg⁻¹) olarak tespit edilmiştir. Kontrolde göre %15.4 oranında azalış elde edilmiştir. Humik asit uygulama dozuna bağlı olarak bitkinin fosfor içeriğinde artış elde edilmiştir. Humik asit uygulanmayan bitkilerde 3332 mg kg⁻¹ olan fosfor içeriği 2000 mg kg⁻¹ HA uygulaması ile 4321 mg kg⁻¹'a yükselmiş, bu değişim %29.7 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

Kirik buğdayını potasyum içeriği bakteri uygulamaları ile düşüş göstermiştir. Bakteri uygulanmayan kontrol bitkilerinde %1.902 olan potasyum içeriği en düşük değeri %1.543 ile PGPR₅ bakteri uygulamasında vermiştir. Bu ikisi arasında %23.4 oranında fark elde edilmiştir. Humik asit uygulamaları ile de potasyum içeriği azalmıştır. Kontrolde %1.748 olan potasyum içeriği 2000 mg kg⁻¹ HA uygulaması ile %1.619'a düşmüştür. Yaklaşık %8.0 oranında düşüş elde edilmiştir (Çizelge 3).

Kalsiyum içeriği uygulanan bakterilerin etkisi kontrole göre azalış göstermiş ve en düşük kalsiyum içeriği 1431 mg kg⁻¹ ile PGPR₂ bakteri uygulamasında belirlenmiştir. Kontrolde göre %14.5 oranında azalış gerçekleşmiştir. Humik asit uygulaması ile önce bir miktar artış olmasına karşılık 2000 mg kg⁻¹ HA uygulaması ile belirgin bir azalış elde edilmiştir. Kontrolde 1559 olan kalsiyum içeriği 2000 mg kg⁻¹ HA uygulaması ile 1500 mg kg⁻¹'a düşmüş ve bu azalış % 3.9 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

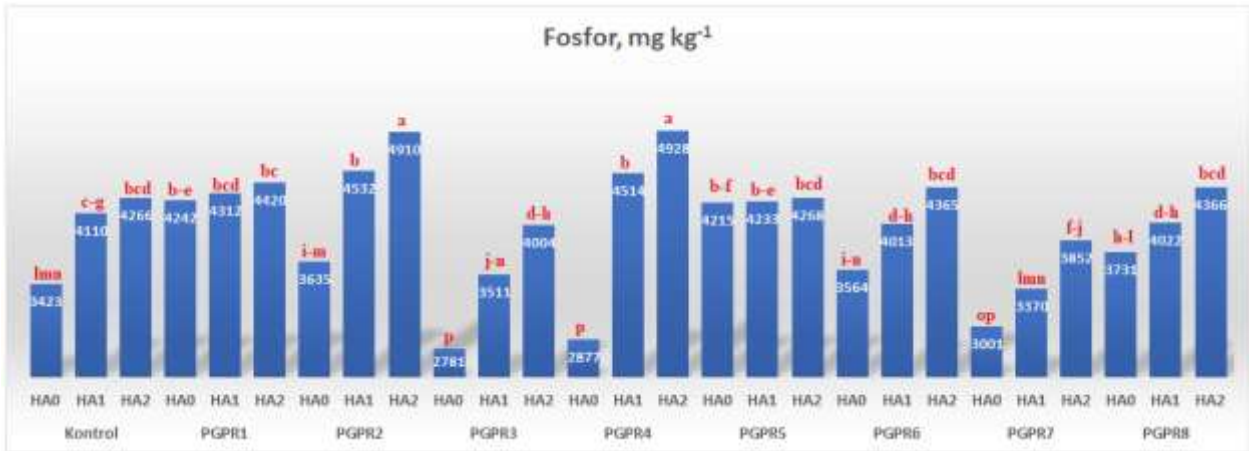
Buğday bitkisinin magnezyum içeriği bakteri uygulamaları ile kontrolde göre artış ve azalış şeklinde değişimler göstermiştir. PGPR₂ ve PGPR₈ bakteri uygulamalarında kontrole göre magnezyum içeriğini artırmışken, diğerleri kontrole göre azaltmışlardır. Kontrolde 1072 mg kg⁻¹ olan magnezyum içeriği PGPR₂ ve PGPR₈ bakteri uygulamalarında sırasıyla 1147 mg kg⁻¹ ve 1192 mg kg⁻¹'a yükselmiş ve bu yükselişler %7 ve %11.2 oranında gerçekleşmiştir. En düşük magnezyum içeriği 950 mg kg⁻¹ ile TV103B bakteri uygulamasında elde edilmiş, bu değişim %12.8 oranında gerçekleşmiştir (Çizelge 3).

Şekil 1'de izlendiği gibi PGPR'ları içeren ortamlara humik asitin uygulanması durumunda Kirik buğdayının azot içeriğine etkilerinin olumlu yönde olduğu görülmektedir. En belirgin değişim PGPR₂ bakteri uygulamasında ve ortamda 2000 mg kg⁻¹ humik asit varlığında elde edilmiştir. HA₀xPGPR₂ uygulamasında %1.735 olan azot içeriği HA₂xPGPR₂ uygulamasında %2.386'a yükselmiş, bu artış %35.5 oranında artış olarak gerçekleşmiştir. Yine bir diğer önemli değişimi PGPR₇ bakteri uygulamasında gerçekleşmiştir. HA₀xPGPR₇ uygulamasında bitki azot içeriği %1.410 iken HA₂xPGPR₇ uygulamasında %2.130'a yükselmiş, bu artış %51.1 oranında gerçekleşmiştir. Diğer bakteri uygulamalarında da humik asitin varlığında bakteriler bitkinin azot içeriğinde artış sağlamışlardır.



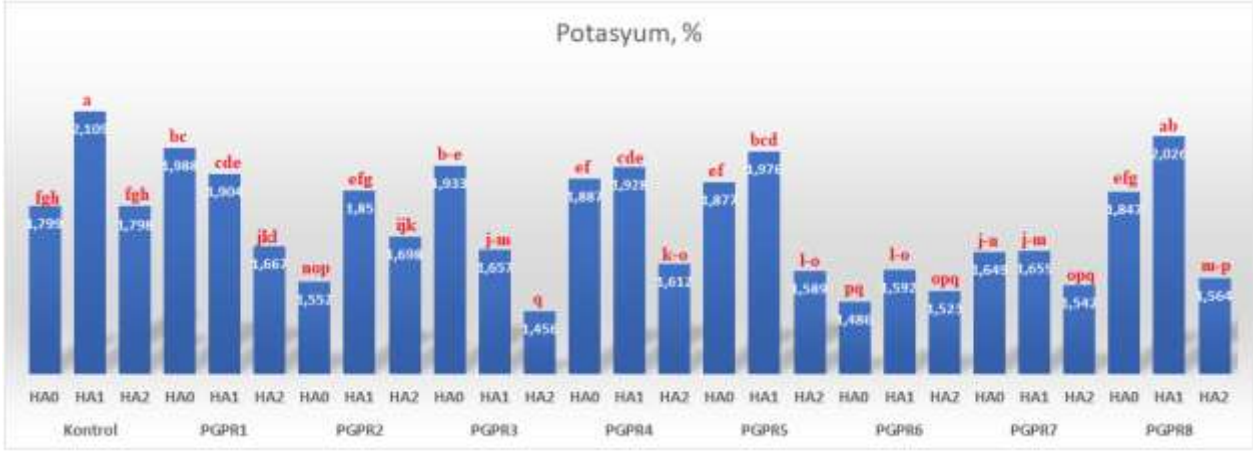
Şekil 1. Bakteri x humik asit interaksiyonunun Kirik buğdayının azot içeriğine etkisi, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹; PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Bacillus megaterium*, Lsd ($p < 0.05$); 0.042

Artan humik asit uygulamaları ile bitkinin fosfor içeriğinde elde edilen artışlar, özellikle bakteri uygulamalarında daha belirgin olduğu tespit edilmiştir. Kontrol grubu bitkilerinde HA₀ (3423 mg kg⁻¹) ile HA₂ (4266 mg kg⁻¹) arasında %24.6'lık bir artış elde edilmişken HA₀xPGPR₄ (2781 mg kg⁻¹) ile HA₂xPGPR₄ (4928 mg kg⁻¹) uygulamasında bu artış oranı %71.3 oranında gerçekleşmiştir. PGPR₃, PGPR₄ ve PGPR₇ olarak kodlanan bakterilerin humik asit uygulanmayan ortamlardaki bitkilerinin fosfor içeriklerini, kontrol grubu bitkilerinin de aşağısında olacak şekilde azaltırken humik asitin 2000 mg kg⁻¹ uygulama dozlarında en yüksek artış oranlarına ulaştırmıştır. Diğer bakterilerde de artan humik asit uygulamalarının ile bitkinin fosfor içeriğinde artış meydana getirdiği görülmektedir (Şekil 2).



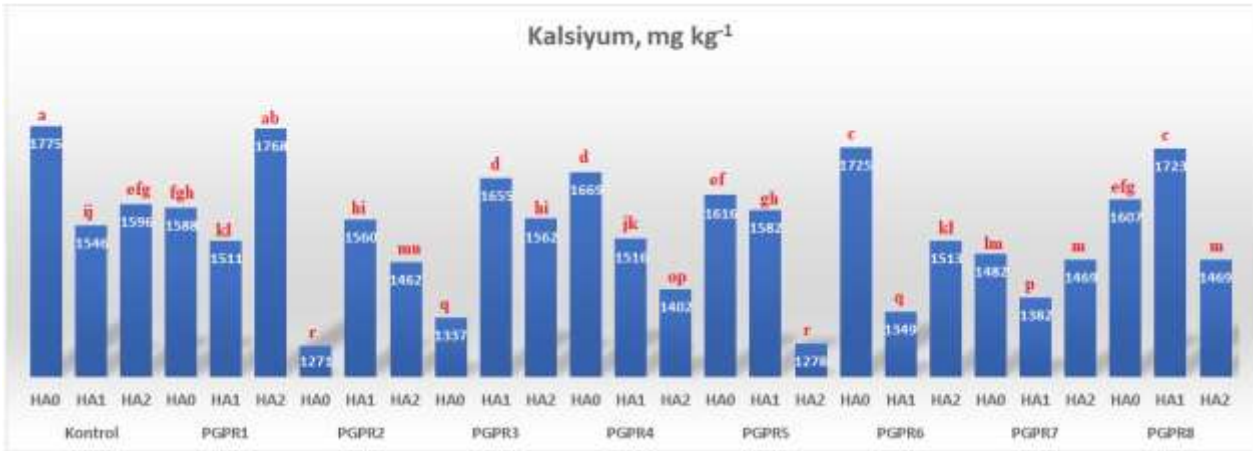
Şekil 2. Bakteri x humik asit interaksiyonunun Kirik buğdayının fosfor içeriğine etkisi, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹; PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Bacillus megaterium*, Lsd ($p < 0.05$); 319

Genel olarak humik asitin 1000 mg kg⁻¹ uygulama dozu tüm bakteri uygulamalarında potasyum içeriğini kontrole göre artırmışken, 2000 mg kg⁻¹ humik asit uygulanmış ortamlarda potasyum içeriğinde düşüş gözlenmiştir. Bakteri uygulanmayan kontrol grubu bitkilerde (%1.799) kontrole göre HA₁ dozu (%2.109) %17.2 potasyum içeriğini artırmışken, HA₂ dozun (%1.798)'da belirgin bir düşüş belirlenmemiştir. PGPR₁ ve PGPR₂ olarak kodlanan bakteri uygulamalarında 1000 mg kg⁻¹ humik asit uygulamasına göre 2000 mg kg⁻¹ humik asit uygulamasında görülen potasyum içeriğinde düşüş azalmışken, PGPR₃, PGPR₄, PGPR₅, PGPR₆, PGPR₇ ve PGPR₈ olarak kodlanan bakterilerde daha fazla düşüş belirlenmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Bakteri x humik asit interaksiyonunun Kirik buğdayının potasyum içeriğine etkisi, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹; PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Bacillus megaterium*, Lsd ($p < 0.05$); 0.084

Bakteri uygulanmayan kontrol grubu bitkilerde humik asidin artan dozları kalsiyum içeriğinde düşümlere neden olmuştur. Humik asidin 0 mg kg⁻¹ uygulamasında 1775 mg kg⁻¹ olan kalsiyum içeriği HA₁ uygulama dozunda 1546 mg kg⁻¹'a, HA₂ uygulama dozunda 1596 mg kg⁻¹'a düşmüştür. Bu düşüşler sırasıyla %14.8 ve %11.2 oranında gerçekleşmiştir. Bakterilerin varlığında humik asidin artan dozları Kirik buğdayının kalsiyum içeriğinde düşüme ve artışa neden olmuştur. PGPR₂ olarak kodlanan bakteri uygulaması ile Kirik buğdayının kalsiyum içeriklerinde çok belirgin artışlar elde edilmiştir. HA₀xPGPR₂ uygulamasında 1272 mg kg⁻¹ olan kalsiyum içeriği HA₁xPGPR₂ ve HA₂xPGPR₂ uygulamalarında sırasıyla 1560 mg kg⁻¹ ve 1462 mg kg⁻¹'a yükselmiştir. Bu artışlar sırasıyla %22.6 ve 14.9 oranında gerçekleşmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Bakteri x humik asit interaksiyonunun Kirik buğdayının kalsiyum içeriğine etkisi, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹; PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Bacillus megaterium*, Lsd ($p < 0.05$); 29

Kirik buğdayının magnezyum içeriği bakteri uygulanmayan ortamlarda humik asidin artışı ile azalış göstermiştir. Humik asidin 0 mg kg⁻¹ uygulamasında 1183 mg kg⁻¹ olan magnezyum içeriği, HA₁ uygulama dozunda 1038 mg kg⁻¹'a, HA₂ uygulama dozunda 996 mg kg⁻¹'a düşmüştür. Ortama bakteri uygulaması ile magnezyum içeriğindeki değişimler oldukça farklılık göstermiştir. Bazı bakteriler magnezyum içeriğini kontrol uygulamalarına göre artırmışken (HA₀xPGPR₄ ve HA₀xPGPR₈), bazıları da azaltmıştır (HA₀xPGPR₂, HA₀xPGPR₃, HA₀xPGPR₅, HA₀xPGPR₆ ve HA₀xPGPR₇). Humik asidin 2000 mg kg⁻¹ uygulandığı ortamlarda PGPR₁, PGPR₂ ve PGPR₈ kodlu bakteriler magnezyum içeriğinde artış sağlamışken humik asidin 1000 mg

kg⁻¹ uygulandığı ortamlarda ise PGPR1, PGPR2, PGPR3, PGPR6, PGPR7, ve PGPR8 kodlu bakteriler düşüşe neden olmuşlardır (Şekil 5).



Şekil 5. Bakteri x humik asit interaksiyonunun Kirik buğdayının magnezyum içeriğine etkisi, HA₀; 0 mg kg⁻¹ humik asit, HA₁; 1000 mg kg⁻¹ humik asit, HA₂; 2000 mg kg⁻¹; PGPR₁-TV77B; *Bacillus subtilis*, PGPR₂-TV60D; *Bacillus megaterium*, PGPR₃-TV33A; *Hafnei alvei*, PGPR₄-TV98A; *Bacillus psychrosaccharolyticus*, PGPR₅-TV15B; *Bacillus atrophaeus*, PGPR₆-TV99D; *Bacillus megaterium*, PGPR₇-TV103B; *Bacillus subtilis*, PGPR₈-TV108A; *Lsd* ($p < 0.05$); 45

Toprakların canlılığının vazgeçilmez unsurlarından olan mikroorganizmaların özel ortamlarda çoğaltılarak gübre amacıyla kullanımı günümüzde yaygınlaşmıştır. Ayrıca toprak düzenleyici olarak kullanımı yaygınlaşan humik asitin bitki yetiştirme ortamınlarıda bu mikroorganizmaların faaliyetleri üzerine etkilerinin belirlenmesi önem arz etmektedir.

Çalışmamızda humik asit uygulamalarının PGPR bakterilerinin Kirik buğdayının makro element içerikleri üzerine etkisi araştırılmıştır. PGPR bakterilerinin humik asidin varlığında makro element alınımı üzerine etkileri oldukça farklılık göstermiştir. Azot içeriği üzerine bakteri uygulamaları genelde kontrole göre artış sağlamıştır (Çizelge 3). Bu durum PGPR uygulamalarının bitkinin nitrat alımını ve nitrat redüktaz enziminin aktivitesini artırmaları (Oliveira ve ark., 2015) ve kök bölgesinde besin elementlerinin yarıyışlı miktarlarını artırmaları (Glick, 1995; İpek ve Eşitken, 2017) nedeniye gerçekleştirmektedirler. Yine humik asit uygulamalarının bitkinin azot içeriğinde artış sağladığı, bu durumun humik asit uygulamalarının toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisinden kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Humik asitxPGPR uygulamaları genel olarak azot içeriğinde en yüksek değere (HA₂xPGPR₂; %2.380) ulaştırmıştır. Bu durum humik asit ve bazı PGPR'ların birlikte uygulanmasının bitkilerin azot içeriğinde artışın daha fazla gerçekleşebileceğini ve özellikle azotlu gübre kullanımını azaltmak için iyi bir alternatif uygulama olabileceğini göstermektedir.

PGPR₃ ve PGPR₇ olarak kodlanan organizmalar haricinde diğer bakteriler bitkinin fosfor içeriğini kontrole göre artırmışlardır. En yüksek artış kontrole göre (3933 mg kg⁻¹) PGPR₂ kodlu bakteri (4359 mg kg⁻¹) uygulamasında elde edilmiştir. Burada PGPR₁ ve PGPR₂ bakterileri azot fikse eden bakteriler olmasına karşılık bitkinin fosfor alımını daha çok artırdıkları belirlenmiştir (Çizelge 3). Humik asit uygulamaları ile de bitkinin fosfor içeriğinde de artış elde edilmiştir. Kontrolde 3332 mg kg⁻¹ olan fosfor içeriği 2000 mg kg⁻¹ humik asit uygulamasında 4321 mg kg⁻¹'a yükselmiştir. Gerek PGPR uygulamaları ile gerekse humik asit uygulamaları ile bitkinin fosfor içeriğinde elde edilen artışlar PGPR ve humik asit uygulamalarının toprakların alınabilir fosfor içeriğinde artışa neden olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Nitekim humik asitin ve bakterilerin ayrı ayrı veya birlikte uygulandığı benzer çalışmalarda hem toprakların hemde bitkilerin fosfor içeriğinde artışlar olduğu bildirilmektedir (Jamal ve ark., 2018; Sönmez ve Alp, 2019; Korkmaz ve ark., 2021). Humik asit uygulamaları ile topraklarda yararışlılığı yüksek olan humik asit-metal fosfat kompleks bileşiği (Weir ve Soper, 1963) ile suda çözünür fosfatın miktarında artış (Wang ve ark., 1995) sağlamakta ve böylece bu topraklardan bitkiler tarafından fosforun alınabilirliği artmaktadır. PGPR'ların toprakta var olan ve bitkiler tarafından alınabilirliği düşük olan fosfat bileşiklerini salgılamış oldukları organik asitler (Peret ve ark., 2014; Sözer Bahadır ve ark., 2018; Wu ve ark., 2018; Bectaoui ve ark., 2020) ile çözünürlüğünü artırmak yolu ile bitkilerce alınabilirliğini sağlamaktadırlar. Bazı PGPR'lar indol asetik asit salınımı yapmakta ve böylece bitkilerin besin element absorpsiyonunun fazla olduğu saçak kök

oluşumunu teşvik etmektedirler (Datta ve Basu, 2000; Sözer Bahadır ve ark., 2018). Humik ait ve PGPR'ların birlikte uygulanması ile bitkinin fosfor içeriğindeki artış en yüksek seviyelere çıkmış. Bu durum özellikle azot fikse eden bakteri ($HA_2 \times PGPR_4$) uygulamalarında daha belirgin olduğu görülmüştür. Bu durum muhtemelen azot ve fosfor arasındaki sinergistik etkiden (Kacar ve Katkat, 2008) kaynaklanmıştır. Ayrıca humik asitin yetiştirme ortamlarına uygulanması sonucunda kök bölgesi rizosferinin pH'sında düşüş sağlamak için bitkilerin ortama daha fazla proton (H^+) salgılamasını teşvik etmekte (Azevedo ve ark., 2019; Jing ve ark., 2020) ve böylece fosfor alımını artırmaya yardımcı olmaktadır.

Humik astin 1000 mg kg^{-1} uygulaması potasyum içeriğini artırmışken, 2000 mg kg^{-1} uygulaması kontrol ile aynı sonucu vermiştir (Şekil 3). Bakteri uygulamalarının humik asit uygulamalarında gözlenen potasyum içeriğindeki değişimlere etkisi oldukça farklılık göstermiştir. TV77B ve TV33A olarak kodlanan bakteriler potasyum içeriklerinde düşüğe neden olmuşken, diğer bakteriler hem artış hemde azalış şeklinde etkilerde bulunmuşlardır. Bu durum humik asitin uygulanması ile toprakların başta kation değişim kapasitesindeki artışın yanı sıra birçok fiziksel ve kimyasal özelliklerde iyileştirmeler sağlamasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca humik asit uygulamaları, bitkilerin auxin ve sitokinin gibi hormon üretimini teşvik etmek (van Tol de Castro ve ark., 2021; Ampong ve ark., 2022) suretiyle besin element alımında değişimlere nede olmaktadır. Ortama ilave edilen 1000 mg kg^{-1} humik asit miktarı potasyum alımını artırmasına karşılık, 2000 mg kg^{-1} humik asit uygulaması dozunda ki düşüşün nedeni humik asitin toprakların KDK'sındaki getirmiş olduğu artış ile daha fazla yarıyışlı kation absorbe edebilmesinden kaynaklanmış olabilir. Nitekim Giannouli ve ark. (2009) humik asit uygulamalarının toprağın KDK'sını artırdığını bildirmişlerdir.

Kirik buğdayının kalsiyum içeriği humik asit uygulamaları ile azalış göstermiştir. Ortama PGPR aşılması ile kalsiyum içeriğindeki değişimler farklılık arz etmiştir. $PGPR_1$, $PGPR_2$, $PGPR_3$ ve $PGPR_8$ olarak kodlanan bakteriler humik asitin artışına karşılık bitkinin kalsiyum içeriğini kontrol uygulamalarına göre artırmışken, $PGPR_2$, $PGPR_4$, $PGPR_5$ ve $PGPR_7$ olarak kodlanan bakteriler ise bu düşüşü engelleyememiş hatta daha fazla azalışa neden olmuşlar (Şekil 4). Humik asit uygulamaları ile toprak pH'sında düşümler olduğu birçok çalışma ile bildirilmiştir (Rupiasih, 2005; Laskosky ve ark., 2020). Benzer olarak PGPR'ların üretmiş oldukları organik asitlerin (Bhattacharya ve ark., 1986) toprak pH'sında düşüğe neden olduğu bildirilmiştir (Çığ ve ark., 2021). Bunun sonucunda bitkilerin kalsiyum alımı azalmaktadır. Bitkinin potasyum alımındaki artış kalsiyum alımının azalmasında neden olmuş olabilir (Şekil 3).

Magnezyum içeriği bakteri uygulanmayan kontrol bitkilerinde uygulanan humik asit dozuna bağlı olarak azalış göstermiştir. Bakteri uygulamaları ile magnezyum içeriği hem artış hemde azalış şeklinde bir değişim göstermiştir. $PGPR_1$ ve $PGPR_2$ olarak kodlanan bakteri uygulamalarında artan humik asit dozlarında bitkinin magnezyum içeriğinde artışlar elde edilirken, diğer bakteri uygulamalarında azalışlar elde edilmiştir (Şekil 5). Gerek humik asit uygulamalarında gerekse PGPR uygulamalarında magnezyum içeriğindeki düşümler toprak pH'sında ki düşümlerin etkisinden kaynaklanmış olabileceği gibi potasyum ve amonyum ile magnezyum arasındaki rekabetin sonucu olarak köklerden daha az magnezyum absorpsiyonundan (Güneş ve ark. 2013) kaynaklanmış olabilir.

Sonuç

Sonuç olarak PGPR'lar dolaylı mekanizmaları ile fitopatogenik mikroorganizmaya karşı antagonistik etkiye sahip olmaları (Bashan ve de-Bashan, 2005) ve doğrudan mekanizmalarında ise oksin, sitokininler ve giberellinler gibi bitki büyüme düzenleyicileri, inorganik fosfatın çözündürülmesi ve organik fosfatın ve/veya besin maddelerinin mineralizasyonu ve atmosferik azotun asimbiyotik fiksasyonu (Glick, 1995; Zahir ve diğerleri, 2004) yolu ile bitkilerin gelişmelerine olumlu yönde etki etmektedirler. PGPR uygulamalarının toprağın K, Ca, Mg, Fe, Mn ve Zn içeriklerinde artışlar sağladığıda bildirilmemiştir (Orhan ve ark., 2006). Bununda bir sonucu olarak bazı durumlarda bitkilerin makro ve mikro element alımında iyileşmeler sağlamaktadırlar. Humik asit uygulamaları ile toprağın mikrobiyal populasyon ve aktivitesinde (Li ve ark., 2019), emzim aktivitesinde (Maji ve ark., 2017), amonyum konsantrasyonunda artış sağlanması, nitrifikasyonun azalması (Dong ve ark., 2009), fosfataz aktivitesinde artış sağlanması (Sharma ve ark., 2013) ve KDK'da artış (Laskosky ve ark., 2020) sağlanmasının bir sonucu olarak bitkilerin kök ve kök üstü aksamında verim artışları, klorofil pigment içeriğinde ve besin element içeriklerinde önemli değişimler meydana gelmektedir (Delfine ve ark., 2005; Bybordi ve Ebrahimian, 2013; Rose ve ark., 2014; Khan ve ark., 2018; Olaetxea ve ark., 2020; Nasiroleslami ve ark., 2021). PGPR ve humik asit uygulamalarının birlikte uygulanmasının besin element içeriği bakımından büyük fayda sağlayacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akinci Ş, 2011. Hüyük asitler, bitki büyümesi ve besleyici alımı. *Fen Bilimleri Dergisi*, 23(1), 46-56.
- Ampong K, Thilakarathna MS, Gorim LY, 2022. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Frontiers in Agronomy*, <https://doi.org/10.3389/fagro.2022.848621>.
- Ay F, 2015. Hüyük asit ve hüyük asit kaynaklarının jeolojik ve ekonomik önemi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi (CFD)*, 36(1), 28-51.
- Azevedo IG, Olivares FL, Ramos AC, Bertolazi AA, Canellas LP, 2019. Humic acids and *Herbaspirillum seropedicae* change the extracellular H⁺ flux and gene expression in maize roots seedlings. *Chem. Biol. Technol. Ag.* 6, 8.
- Bashan Y, de-Bashan LE, 2005. Bacteria/plant growth-promotion. In: *Encyclopedia of Soils in the Environment*, ed. D. Hillel, pp. 103–115. Oxford: Elsevier.
- Bhattacharya P, Dey BK, Banik S, Nath S, 1986. Organic manures in relation to rhizosphere effect. IV. Effect of organic manures on phosphate solubilizing power of rice and succeeding wheat rhizosphere soils. *Zentralblatt für Microbiologie* 141, 357–365.
- Bechtaoui N, Raklami A, Benidire L, Tahiri A, Göttfert M, Oufdou K, 2020. Effects of PGPR Co-inoculation on growth, phosphorus nutrition and phosphatase/phytase activities of faba bean under different phosphorus availability conditions. *Pol. J. Environ. Stud.*, 29(2), 1557–1565.
- Çiğ F, Sönmez F, Nadeem MA, Sabagh AE, 2021. Effect of biochar and PGPR on the growth and nutrients content of einkorn wheat (*Triticum monococcum* L.) and post-harvest soil properties. *Agronomy*, 11, 2418.
- Çiğ F, Erman M, Ceritoğlu M, 2021. Combined Application of Microbial Inoculation and Biochar to Mitigate Drought Stress in Wheat. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(Special Issue): 3528-3538.
- Datta C, Basu PS, 2000. Indole acetic acid production by a *Rhizobium* species from root nodules of a leguminous shrub *Cajanus cajan*. *Microbiol Res.*, 155, 123-127.
- Delfine S, Tognetti R, Ersilio Desiderio AA, 2005. Effect of foliar application of N and humic acids on growth and yield of durum wheat. *Agron. Sustain. Dev.*, 25, 183–191. doi: 10.1051/agro:2005017.
- Dong L, Córdoba-Kreylos AL, Yang J, Yuan H, Scow KM, 2009. Humic acids buffer the effects of urea on soil ammonia oxidizers and potential nitrification. *Soil Biol. Biochem.*, 41, 1612–1621. doi: 10.1016/j.soilbio.2009.04.023.
- Ekin Z, 2019a. Integrated use of humic acid and plant growth promoting rhizobacteria to ensure higher potato productivity in sustainable agriculture. *Sustainability*, 11, 3417; doi:10.3390/su11123417.
- Ekin Z, 2019b. Co-Application of humic acid and bacillus strains enhances seed and oil yields by mediating nutrient acquisition of safflower (*Carthamus Tinctorius* L.) plants in a semi-arid region. *Applied Ecology and Environmental Research*, 18(1), 1883-190.
- Erman M, Çiğ F, Bakırtaş E, 2012. Farklı dozlarda hüyük asit ve rhizobium bakteri aşılmasının mercimekte verim, verim öğeleri ve nodülasyona etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5(1), 64-67.
- Erman, M., Çakmakçı, R., Kotan, R., Çiğ, F., Karagöz, K., Sönmez, F., 2008. Isolation of plant growth promoting bacteria from the Van Lake Basin and investigation of their use in some cultural plants. *TÜBİTAK TOVAG* 108 O 147.
- Glick BR, 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. *Can. J. Microbiol.*, 41(2):109–117.
- Giannouli A, Kalaitzidis S, Siavalas G, Chatziapostolou A, Christanis K, Papazisimou S, 2009. Evaluation of Greek low-rank coals as potential raw material for the production of soil amendments and organic fertilizers. *Int. J. Coal Geol.*, 77, 383–393. doi: 10.1016/j.coal.2008.07.008
- Güneş A, 2007 Allüvyial materyaller üzerinde oluşan topraklarda yetiştirilen mısır bitkisinin (*Zea mays* L) verim ve besin içeriği üzerine organik ve mineral gübre uygulamalarının etkisi. *Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı yüksek lisans tezi*. Erzurum.
- Günes A, Alpaslan M, İnal A, 2013. *Plant Nutrition and Fertilization*, 3rd ed.; Ankara University Faculty of Agriculture Publications: Ankara, Turkey, p. 579.
- Hamidreza B, Sergei B, 2019. The effect of humic acid, plant growth promoting rhizobacteria and seaweed on essential oil, growth parameters and chlorophyll content in basil (*Ocimum basilicum* L.). *Agri Res& Tech: Open Access J.*, 19(4), 556103. doi: 10.19080/ARTOAJ.2019.19.556103.
- İmriz G, Özdemir F, Topal İ, Ercan B, Taş MN, Yakışır E, Okur O, 2014. Bitkisel üretimde bitki gelişimini teşvik eden Rizobakteri (PGPR)'ler ve etki mekanizmaları. *Elektronik Mikrobiyoloji Dergisi*, 12 (2), 1-19.
- İpek M, Eşitken M A, 2017. The actions of PGPR on micronutrient availability in soil and plant under calcareous soil conditions: An Evaluation over Fe Nutrition. In: Singh, D., Singh, H., Prabha, R. (eds) *Plant-*

- Microbe Interactions in Agro-Ecological Perspectives. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-6593-4_4.
- Jamal A, Hussain I, Sarır MS, Sharif M, Fawad M, 2018. Investigating combination and individual impact of phosphorus and humic acid on yield of wheat and some soil properties. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 492–500.
- Jing J, Zhang S, Yuan L, Li Y, Lin Z, Xiong Q, Zhao B, 2020. Combining humic acid with phosphate fertilizer affects humic acid structure and its stimulating efficacy on the growth and nutrient uptake of maize seedlings. *Sci Rep*, 10;17502 <https://doi.org/10.1038/s41598-020-74349-6>.
- Karaman MR, Şahin S, Geboloğlu N, Turan M, Güneş A, Tutar A, 2012. Hümik asit uygulamalması altında farklı domates çeşitlerinin (*Lycopersicon esculentum* L.) demir alım etkinlikleri. *Sakarya Üniversitesi, Fen Edebiyat Dergisi*, 14(1), 301–308.
- Khan RU, Khan MZ, Khan A, Saba S, Hussain F, Jan IU, 2018. Effect of humic acid on growth and crop nutrient status of wheat on two different soils. *J. Plant Nutr.*, 41, 453–460. doi: 10.1080/01904167.2017.1385807.
- Korkmaz A, Gezgin S, Yılmaz F, 2021. Organomineral ve kimyasal gübre ile farklı fosfor uygulamalarının silaj mısırın verimi ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2), 268 – 275.
- Kotan R, Tozlu AE, Güneş A, Dadaşoğlu F, 2021. Elma fidan yetiştiriciliğinde *Bacillus subtilis* içerikli bir mikrobiyal gübrenin kullanım olanaklarının belirlenmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 52(1), 46-55.
- Laskosky JD, Mante AA, Zvomuya F, Amarakoon I, Leskiw L, 2020. A bioassay of long-term stockpiled salvaged soil amended with biochar, peat, and humalite. *Agrosyst. Geosci. Environ.*, 3, e20068. doi: 10.1002/agg2.20068.
- Li Y, Fang F, Wei J, Wu X, Cui R, Li G, Zheng F, Tan D, 2019. Humic acid fertilizer improved soil properties and soil microbial diversity of continuous cropping peanut: A three-year experiment. *Sci. Rep.* 9, 1–9. doi: 10.1038/s41598-019-48620-4
- Livens FR, 1991. Chemical reactions of metals with humic material. *Environmental Pollution*, 70, 183.
- Maji D, Misra P, Singh S, Kalra A, 2017. Humic acid rich vermicompost promotes plant growth by improving microbial community structure of soil as well as root nodulation and mycorrhizal colonization in the roots of *Pisum sativum*. *Appl. Soil Ecol.*, 110, 97–108. doi: 10.1016/j.apsoil.2016.10.008.
- Nasiroleslami E, Mozafari H, Sadeghi-Shoae M, Habibi D, Sani B, 2021. Changes in yield, protein, minerals, and fatty acid profile of wheat (*Triticum aestivum* L.) under fertilizer management involving application of nitrogen, humic acid, and seaweed extract. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 21, 2642–2651. doi: 10.1007/s42729-021-00552-7.
- Olaetxea M, Mora V, Baigorri R, Zamarreño AM, García-Mina JM, 2020. The singular molecular conformation of humic acids in solution influences their ability to enhance root hydraulic conductivity and plant growth. *Molecules*, 26, 7–10. doi: 10.3390/molecules26010003.
- Orhan E, Esitken A, Ercisli S, Turan M, Sahin F, 2006. Effects of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield, growth and nutrient contents in organically growing raspberry. *Scientia Horticulturae*, 111, 38–43.
- Olivares FL, Aguiar NO, Rosa RCC, Canellas LP, 2015. Substrate biofortification in combination with foliar sprays of plant growth promoting bacteria and humic substances boosts production of organic tomatoes. *Sci. Hortic.*, 183, 100–108.
- Peker C, Kural O, 1979. Linyitlerin gübre olarak değerlendirilmesi. *Kimya Mühendisliği Dergisi*, 95; 35-38.
- Péret B, Desnos T, Jost R, Kanno S, Berkowitz O, Nussaume L, 2014. Root architecture responses: In search of phosphate. *Plant Physiol.*, 166 (4), 1713.
- Rose MT, Patti AF, Little KR, Brown AL, Jackson WR, Cavagnaro TR, 2014. A meta-analysis and review of plant-growth response to humic substances: Practical implications for agriculture. *Adv. Agron.*, 124, 37–89. doi: 10.1016/B978-0-12-800138-7.00002-4.
- Rupiasih NN, 2005. A review: Compositions, structures, properties and applications of humic substances. *J. Adv. Sci. Technol.*, 8, 16–25.
- Sharma SB, Sayyed RZ, Trivedi MH, Gobi TA, 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *Springerplus* 2, 587. doi: 10.1186/2193-1801-2-587.
- Sonkurt, M., Çiğ, F., 2019. The effect of plant growth-promoting bacteria on the development, yield and yield components of bread (*Triticum aestivum* L.) and durum (*Triticum durum*) wheats. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17 (2): 3877-3896.

- Soylu EM, Soylu S, Kara M, Kurt Ş, 2020. Sebzelerde sorun olan önemli bitki fungal hastalık etmenlerine karşı vermikomposttan izole edilen mikrobiyomların in vitro antagonistik etkilerinin belirlenmesi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 23 (1), 7-18.
- Söğüt S, Çığ F, 2019. Determination of the effect of plant growth promoting bacteria on wheat (*Triticum aestivum* L.) development under salinity stress conditions. Applied Ecology and Environmental Research 17(1):1129-1141.
- Sönmez İ, Kaplan M, Sönmez S, 2008. kimyasal gübrelerin çevre kirliliği üzerine etkileri ve çözüm önerileri. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 25(2), 24-34.
- Sönmez F, Alp Ş, 2019. The effects of applications humic acids on macronutrient, micronutrient, heavy metal and soil properties. YYÜ Tar Bil Derg., 29(4), 809-816.
- Sözer Bahadır P, Liaqat F, Eltem R, 2018. Plant growth promoting properties of phosphate solubilizing *Bacillus* species isolated from the Aegean Region of Turkey. Turkish Journal of Botany 42, 183-196.
- Stevenson FJ, 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. 2nd. Edition, John Wiley and Sons, Inc, New York, pp. 285.
- Şahin U, Ekinci M, Yıldırım E, Kızıloğlu MF, Turan M, Kotan R, Ors S, 2015. Ameliorative effects of plant growth promoting bacteria on water-yield relationships, growth and nutrient uptake of lettuce plants under different irrigation levels. HortScience, 50(9), 1379-1386.
- Tozlu E, Karagöz K, Babagil GE, Dizikısa T, Kotan R, 2012. Effect of some plant growth promoting bacteria on yield, yield components of dry bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Aras 98). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg., 43(2), 101-106.
- Tuncalı E. Çiftçi B, Yavuz N, Toprak S, Köker A, Ayçık H, Gencer Z, Şahin N, 2002. Chemical and technological properties of turkish tertiary coals. General Directorate Of Mineral Research And Exploration, 353-400, Ankara.
- Tunçtürk R, Kulaz H, Çiftçi V, 2016. Farklı rhizobium suşları ve organik gübre uygulamalarının çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.)' de bazı tarımsal karakterler üzerine etkisi. YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 26(4), 475-483.
- Tüzüner A, 1990. Toprak ve Su Analizleri Laboratuvarları El Kitabı. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- van Tol de Castro TA, Berbara RLL, Tavares OCH, Mello DF, Da G, Pereira EG, 2021. Humic acids induce a eustress state via photosynthesis and nitrogen metabolism leading to a root growth improvement in rice plants. Plant Physiol. Biochem., 162, 171-184. doi: 10.1016/j.plaphy.2021.02.043.
- Wang X, Wang Z, Li S, 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils, Soil use and management, 11(2), 99-102.
- Weir CC, Soper RJ, 1963. Interaction of phosphates with ferric organic complexes. Canadian Journal of Soil Science, 43, 393-399.'
- Wu L, Kobayashi Y, Wasaki J, Koyama H, 2018. Organic acid excretion from roots: a plant mechanism for enhancing phosphorus acquisition, enhancing aluminum tolerance, and recruiting beneficial rhizobacteria. Soil Sci. Plant Nutr., 64(6), 697.
- Yılmaz C, 2007. Hümik ve Fülvik Asit. Hasad Bitkisel Üretim, Ocak, 260 74.
- Zahir AZ, Arshad M, Frankenberger WT, 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy, 81: 97-168.



Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor beslenmesine etkileri

Nutullah ÖZDEMİR*

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

Öz

Bu araştırmada asit yapılı toprağa kireç ile organik ve inorganik (atık çamuru-AÇ; zeolit- ZEO; polyacrylamide-PAM) kökenli toprak düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin fosfor beslenmesine etkileri incelenmiştir. Sera koşullarında yürütülen araştırmada kireç üç, düzenleyiciler dört farklı dozda uygulanmışlardır. Araştırma toprağı killi tekstüre, başlangıçta kuvvetli asit reaksiyona (pH, 5.2) ve orta seviyede organik madde kapsamına sahiptir. Faktöriyel düzende yapılan çalışmada topraklar 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında saksılarda mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Yapılan uygulamaların çeşit, uygulama düzeyi ile toprağın pH değerine bağlı olarak yetiştirilen mısır bitkisinin P beslenmesinde değişime neden olduğu belirlenmiştir. Düzenleyicilerin mısır bitkisinin P beslenmesi üzerindeki etkileri bakımından AÇ>ZEO>PAM şeklinde sıralandıkları saptanmıştır. AÇ'nin farklı pH seviyelerinde, PAM ve Zeolit'in ise sadece nötr pH düzeylerinde etkili oldukları görülmüştür. AÇ'nin % 6.0 dozu hafif asit yapılı toprakta P beslenmesinde en etkili uygulama olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak düzenleyiciler, Kireç, pH, Zeolit, PAM.

Effect of soil conditioner applications on phosphorus of corn plant in acidic soils

Abstract

This research was carried out to determine the effects of lime, organic and inorganic (waste sludge- WS; zeolite- ZEO; polyacrylamide-PAM) based soil conditioner applications on phosphorus nutrition of corn plant. In the research carried out under greenhouse conditions, lime was applied in three different doses and the conditioner were applied in four different doses. The research soil has a clayey texture, initially strongly acidic reaction (pH, 5.2) and moderate organic matter content. Soils were incubated for 56 days in the factorial design study. After incubation, periods corn plants were grown in pots. It has been determined that the applications made caused a change in the P nutrition of the corn plant grown depending on the variety, application level and pH value of the soil. It was determined that the conditioners were ranked as WS>ZEO> PAM in terms of their effects on the P nutrition of the maize plant. WS was found to be effective at different pH levels, whereas PAM and Zeolite were effective only at neutral pH levels. The 6.0% dose of WS was determined as the most effective application for P nutrition in slightly acid soil.

Keywords: Soil conditioners, Lime, pH, Zeolit, PAM.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarımsal sürdürülebilirlikte karşılaşılan temel zorluk üretim üzerinde etkili olan karmaşık bileşenlerin doğru teşhisi ve olumsuz etkilerinin ortadan kaldırılması veya azaltılmasıdır. Bu alanda üzerinde durulması gereken en önemli konulardan birisi bitki besin elementlerinin durumudur (Havlin ve ark., 2014; İbrahim ve ark., 2021). Toprakların pH değerleri ve tamponlama kapasiteleri bu faktörlerin ilk sırasında yer almaktadır (von Tucher, 2018). Bitkilerin beslenmesinde önemli bir yere sahip olan fosfor toprak reaksiyonu ve tamponlama kapasitesinden fazlaca etkilenen elementlerin başında gelmektedir (Sims ve Patrick, 1978; Shuman, 1986).

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 14 Haziran 2022

Kabul Tarihi : 5 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1130555

Fosfor elementinin bitkiler tarafından topraktan alınabilme oranı bu elementin topraktaki toplam miktarı ile zayıf ilişkili olmasına karşılık pH değeri, organik madde içeriği, redoks potansiyeli, kolloid yapısı ve tekstür gibi toprak özellikleri, bitki türü, toprakların su içerikleri, ışık ve sıcaklık gibi çevresel faktörler tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir (Moraghan ve Mascagni, 1991; Gondal, ve ark., 2021). Toprağın söz konusu özelliklerini geliştirmede ve sürekliliğini sağlamada tercih edilen yöntem ise toprağa organik veya inorganik kökenli düzenleyicilerin ilavesidir (Bender ve ark, 1998; Özdemir ve ark., 2005; Candemir ve Gülser 2010; Yang ve ark., 2020). Bu amaçla atık çamurları, zeolit ve PAM tercih edilen düzenleyiciler arasında yer almaktadır.

Atık çamurları bozulmuş arazilerde bitki besin maddeleri ve organik maddenin geri kazandırılmasına imkan tanıdığı için tarım arazilerinde kabul gören bir uygulama olarak değerlendirilebilir (Garcia ve ark., 2005; Torri ve Lavado, 2009; Kowaljaw ve ark., 2010). Bu materyaller arazilere uygun miktarda verildiklerinde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri iyileştirmekte, karbon havuzunu genişletmekte ve sera gazlarının emisyonunu azaltabilmektedir (Walter ve ark., 2000; Binder ve ark., 2002; Ros ve ark., 2003; Demir ve Gülser, 2015; Mossa ve ark., 2020). Toprağa uygulanan zeolit'in de su rejimini etkilediği bildirilmiştir (Kavoosi, 2007; Ippolito ve ark., 2011). Diğer yandan toprakların fiziko-kimyasal özelliklerini düzenlemek, ürün kalite ve miktarını artırmak amacıyla günümüz koşullarında organik polimerler de yaygın olarak kullanılmakta ve bu amaçla polyacrylamide tercih edilmektedir. Birçok araştırmacı toprağa uygun dozlarda ilave edildiğinde polyacrylamide in toprak ve ürün özelliklerini pozitif yönde etkilediğini açıklamışlardır (Wallace ve Wallace 1986; Verplancke ve De Boodt, 1990; Mamedov ve ark., 2006).

Bu çalışmada, asit karakterli toprağa farklı düzeylerde tarım kireci, atık çamuru (AÇ), zeolit (ZEO) ve polyacrylamide (PAM) ilave edilerek inkübasyona bırakılmasının etkileri araştırılmıştır. İnkübasyon sonrasında deneme saksılarında mısır bitkisi yetiştirilmiş ve yapılan uygulamaların toprak özellikleri ve mısır bitkisinin P beslenmesine etkileri değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Samsun ili Terme ilçesi Köybucağı yerleşke sınırları içerisinde tarımsal faaliyetlerin yapılmakta olduğu arazilerin yüzey (0–20 cm) katmanından alınan toprak örnekleri kullanılarak sera koşullarında gerçekleştirilmiştir. Kullanılan toprak düzenleyiciler ve tarım kireci farklı kurum ve kuruluşlardan sağlanmıştır. Çalışmada mısır bitkisi (*Zea Mays Saccharata*) kullanılmıştır.

Faktöriyel düzende ve tesadüf blokları deneme planına göre yapılan çalışmada, toprak örneği 4.75 mm'lik elekten elendikten sonra denemede kullanılmıştır. Elenen örneklerde toprağın kireç ihtiyacı belirlenerek ihtiyacın %0, %50 ve %100'ünü karşılayacak miktarda tarım kireci uygulaması yapılmıştır. Daha sonra üç farklı pH değerine erişen topraklara (Çizelge 2) ağırlık esasına göre % 0, 2, 4 ve 6 oranında AÇ, %0, 0.5, 1.0 ve 2.0, oranında ZEO ve 0, 15.0, 30.0 ve 60.0 ppm oranında PAM ilave edilmiştir. Örnekler 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuş ve bu aşamada elverişli nemin %50'si tükenince tekrar sulama suyu ilavesi yapılmıştır. Araştırma yetiştirilen mısır bitkisinde tepe püskülü oluşuncaya kadar sürdürülmüş ve sonrasında bitkiler hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkiler önce laboratuvarda açık havada daha sonrada fırında 48 saat süre 65 0C kurutulduktan sonra öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar, 1972).

Topraklarının parçacık boyut dağılımının tespitinde Bouyous hidrometre (Demiralay, 1993); toprak pH'sının tespitinde cam elektrodlu pH-metre (Rowell, 1996); katyon değişim kapasitesinin saptanmasında Bower (Kacar, 1994); organik madde içeriğini ortaya konulmasında Walkley-Black (Kacar, 1994); kireç ihtiyacının ortaya konulmasında SMP (Kacar, 1994); değişebilir sodyum yüzdesinin belirlenmesinde amonyum asetat ile ekstraksiyon metotları takip edilmiştir (Kacar, 1994). Toprağın nem sabitelerinin (0.33 atm ve 15.0 atm) belirlenmesinde basınçlı tabla metodu (Klute, 1986) kullanılmıştır. Kullanılan düzenleyicilerden AÇ'nin kimyasal element içerikleri Kacar (1972)'ye göre saptanmıştır. Bitki örneklerinde P içerikleri asit-florür çözeltisi kullanılarak (Katkat ve Çil, 1996) ortaya konulmuştur.

Elde edilen analiz sonuçlarının istatistiksel olarak (varyans analizi ve ortalamaların karşılaştırılması) değerlendirilmesi ve yorumlanmasında SPSS bilgisayar paket programı kullanılmıştır (SPSS 21).

Çizelge 1. Deneme toprağının ve kullanılan düzenleyicilerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	Zeolit (Z)		Atık çamuru (AÇ)		
	Değerler	*Parametreler	Değerler	**Parametreler	Değerler
Kil, %	40.20	SiO ₂ (%)	71.89	OC (%)	22.20
Silt, %	36.50	Al ₂ O ₃ (%)	15.16	N (%)	2.40
Kum, %	23.30	CaO (%)	6.51	Fe ₂ O ₃ %)	2.30
Tekstür sınıfı	C	Fe ₂ O ₃ (%)	1.80	CaO (%)	11.50
Tarla kapasitesi, %	33.40	MgO (%)	1.80	MgO (%)	1.34
Solma noktası, %	23.80	Na ₂ O (%)	1.06	P (%)	1.30
Organik madde, %	2.91	SrO (%)	0.59	K (%)	0.23
KDK, meq 100g ⁻¹	24.20	K ₂ O (%)	0.57	NaO (%)	0.22
Değişebilir sodyum, %	6.40	TiO ₂ (%)	0.36	Al ₂ O ₃ (%)	4.40
pH (1:2.5)	5.20	BaO (%)	0.13	Cd (µg g ⁻¹)	6.30
		P ₂ O ₅ (%)	0.08	Cu (µg g ⁻¹)	214.50
		MnO (%)	0.05	Cr (µg g ⁻¹)	135.20
				Pb (µg g ⁻¹)	180.40
				Ni (µg g ⁻¹)	75.80
				Zn (µg g ⁻¹)	435.90

*Etiket bilgisidir, **Bütün elementler total olarak belirlenmiştir, KDK; katyon değişim kapasitesi.

Bulgular ve Tartışma

Toprak Özellikleri

Çalışma konusu toprakların ortalama kil, silt ve kum içerikleri sırası ile % 40.2, % 36.5 ve % 23.3 olup topraklar killi tekstüre sahiptirler (Çizelge 1). Toprak asidik bir reaksiyona olup toprakta serbest kireç bulunmamaktadır. Toprağın deneme öncesi pH (1:2.5) değeri 5.20 ve katyon değişim kapasitesi 24.20 me /100 g'dır. Tarla kapasitesi nem içeriği değeri % 33.40 ve solma noktası nem içeriği değeri ise % 23.80'dir. Toprakta değişebilir sodyum yüzdesi 15'in altındadır (6.40). Sera koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinin hasadı sonrasında topraklarda tespit edilen bazı kimyasal ve fiziksel özellikler Çizelge 2'de sunulmuştur. Bu değerlerin irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere kireç ile organik ve inorganik düzenleyici ilaveleri toprakların incelenen kimyasal ve fiziksel özelliklerini önemli ölçüde değiştirmiştir. Kireç uygulamasına bağlı olarak hasat dönemi sonunda kontrolde 5.40 olan pH değeri kireç ihtiyacının giderilmediği ancak düzenleyici uygulaması yapılan örneklerde ortalama 5.60'a, kireç ihtiyacının % 50 oranında giderildiği topraklarda, ilave edilen kirece ve düzenleyicilere bağlı olarak ortalama 6.70'e ve kireç ihtiyacının %100 oranında giderildiği örneklerde ise ortalama 7.10'a yükselmiştir. Toprakların katyon değişim kapasitesi değerlerinin de kireç uygulanma seviyelerine paralel olarak artış gösterdiği görülmüştür. Yine toprak organik maddesinin de kireç uygulama düzeyleri ile düzenleyici çeşit ve uygulama dozundan etkilendiği belirlenmiştir. Diğer taraftan düzenleyici uygulamalarının tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan nem içeriği değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği görülmüştür (Çizelge 2). Meydana gelen değişim kireçleme oranı ile kullanılan materyallerin türüne bağlı olarak değişim göstermiştir.

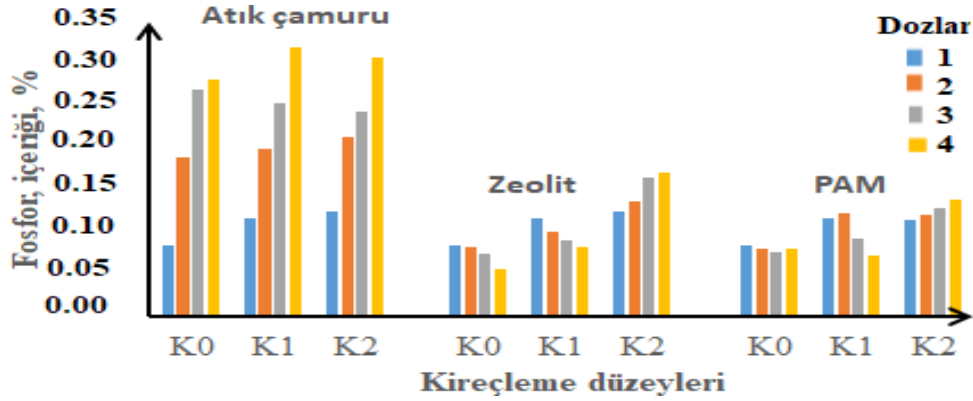
Çizelge 2. Topraklarda deneme öncesi ve sonrasında belirlenen bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Kireçleme seviyeleri	Düzenleyiciler	Dört uygulama dozunun ortalaması olarak				
		pH (1:2.5)	KDK, me/100g	OM, %	TK, %	SN, %
K0	Denet	5.40	24.20	2.90	33.40	23.80
	Atık çamuru (AÇ)	5.70	26.60	5.80	35.40	26.70
	Zeolit (Z)	5.50	24.70	4.60	35.70	23.90
	PAM	5.60	25.60	5.80	34.80	24.60
K1	Atık çamuru (AÇ)	6.50	27.20	6.00	35.80	27.00
	Zeolit (Z)	6.80	26.70	4.50	34.80	24.80
	PAM	6.80	28.20	4.50	34.70	24.90
K2	Atık çamuru (AÇ)	6.90	27.30	5.10	35.30	27.10
	Zeolit (Z)	7.20	27.20	4.60	34.50	24.90
	PAM	7.20	28.20	4.70	34.40	26.60

*K0, Kireç ihtiyacı giderilmemiş, K1: kireç ihtiyacı %50 giderilmiş, K2: kireç ihtiyacı %100 giderilmiş

Mısır Bitkisinin Fosfor Beslenmesi (P İçerikleri)

Killi tekstüre ve başlangıçta kuvvetli asidik reaksiyona sahip olan toprak örneğinin kireç ihtiyacı farklı düzeyde (%00, %50, %100) giderilerek pH düzenlemesi (5.60, 6.70 ve 7.10) yapıldıktan sonra atık çamuru, zeolit ve PAM karıştırıp sera koşullarında 56 gün süre ile inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sonrasında saksılarda mısır bitkisi yetiştirilmiş ve bitkiler tepe püskülü oluşumundan sonra hasat edilerek gerekli analizler yapılmıştır. Bitkide belirlenen fosfor içeriklerine ilişkin Varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 3’de, söz konusu analizlere ilişkin ortalama değişimler ise Şekil 1’de gösterilmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden de görüleceği gibi kireç ve kullanılan düzenleyiciler uygulama dozlarına bağlı olarak mısır bitkisinin fosfor beslenmesinde önemli değişimlere neden olmuşlardır. Çizelge 3’deki verilerden, kireç ve kullanılan düzenleyicilerin mısır bitkisinin P beslenmesini etkilediği ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli ($P < 0.001$) olduğu görülmüştür. Diğer taraftan düzenleyici türü ve kireç uygulama düzeylerinin karşılıklı etkilerinin de (interaksiyonun) önemli olduğu ($P < 0.001$) görülmüştür.



Şekil 1. Mısır bitkisinde belirlenen fosfor içeriklerine ilişkin değişimler

Çizelge 3. Düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin P beslenmesine etkilerine ilişkin varyans analizi ve Duncan karşılaştırma testi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	Önem düzeyi
Kireç (A)	2	0.053	0.027	168.560	0.000
Düzenly.(B)	2	0.485	0.243	1539.339	0.000
Dozlar (C)	3	0.073	0.024	154.064	0.000
AxB	4	0.022	0.005	34.550	0.000
AXC	6	0.008	0.001	8.450	0.000
BXC	6	0.218	0.036	230.385	0.000
AXBXC	12	0.020	0.002	10.349	0.000
Hata	72	0.011	.000		
Genel	108	4.281			
Duncan karşılaştırma test sonuçları					
Kireç Dozları		K₀	K₁	K₂	
P içeriği		0.125a*	0.134b	0.272c	
Düzenleyici Çeşitleri		AÇ	ZEO	PAM	
P içeriği		0.207a	0.162b	0.154c	
Düzenleyici Dozları		1	2	3	4
P içeriği		0.140 a	0.170b	0.192c	0.210d

A: kireçleme düzeyleri, B: düzenleyiciler, C: dozlar, K0, Kireç ihtiyacı giderilmemiş, K1: kireç ihtiyacı %50 giderilmiş, K2: kireç ihtiyacı %100 giderilmiş, AÇ: atık çamuru, Z: zeolit, PAM: poliakrilamid.

Denet saksılarında (düzenleyici uygulaması yapılmayan fakat kireç uygulanan) yetiştirilen mısır bitkilerinin fosfor içerikleri incelendiğinde pH artışına paralel olarak (5.60, 6.70, 7.20) mısır bitkisinin P alımının da arttığı belirlenmiştir (Şekil 1). Söz konusu etkinin toprak pH'sının P elementlerinin çözünürlüğü ve bitkiye elverişliliği üzerine olan etkisine bağlı olarak meydana geldiği ifade edilebilir. Bitki gelişimine uygun pH değerlerinin çoğunlukla 5.8–7.3 arasında olduğu bilinmekte olup (Argo, 2003) farklı bitki besin elementlerinin optimum elverişlilikte olduğu bir pH aralığı bulunmaktadır (Mullins ve Hansen, 2009). Kant ve ark. (2006) farklı dozlarda kireç ilavesinin bazı toprak özellikleri ile yetiştirilen mısır bitkisinin P

içeriğine etkilerini inceledikleri bir çalışmada toprak örneklerine uygulanan kireç miktarı arttıkça toprağın pH'sının yükseldiğini, baz doygunluğu, değişebilir Ca, değişebilir Mg, yarayışlı P içeriği ile bitki kuru madde miktarı ve bitkilerin P içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Düzenleyici ilavesi yapılan saksılarda yetiştirilen mısır bitkilerinin ortalama P kapsamının düzenleyici uygulama düzeyine paralel olarak değişime uğradığı görülmüştür. Her üç kireçleme düzeyinde AÇ uygulamasının farklı dozları P alımını kontrole göre önemli ölçüde artırmıştır. Kontrole göre meydana gelen artış 6.70 pH değerine sahip örneklerde %6.0 doz uygulamasında % 122.2 düzeyinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan zeolit ve PAM uygulamalarının artan uygulama dozları kireç ihtiyacının giderilmediği (pH 5.40) ve kireç ihtiyacının % 50 giderildiği (pH 6.70) uygulamadan elde edilen bitkinin P içeriğini kontrole göre önemli ölçüde düşürmüştür (Şekil 1). Bu iki düzenleyicinin artan uygulama dozları kireç ihtiyacının giderildiği (pH 7.20) örneklerde elde edilen bitkinin P kapsamını önemli ölçüde artırmıştır. Oluşan artış zeolit uygulamasında % 25.6 ve PAM uygulamasında ise % 5.07 düzeyinde gerçekleşmiştir.

Mısır bitkisinin P içeriğini artırmada düzenleyici ortalamalarının AÇ > ZEO > PAM sıralaması şeklinde etkili oldukları belirlemiştir (Şekil 1, Çizelge 3). Bu durum muhtemelen ilgili düzenleyiciler ile toprak reaksiyonu arasındaki interaksiyondan kaynaklanmış olabilir. Mısır bitkisinin P içeriği değerleri bu bitki için verilen kritik değerler Laboski (2016) ile (%0.30-0.50) karşılaştırıldığında, yapılan uygulamalardan AÇ'nin %6.0 doz uygulamaları bitkinin P içeriğini yeterli düzeye çıkarırken diğer uygulama dozları ve düzenleyiciler bu açıdan yeterli olamamışlardır. ZEO ve PAM uygulamaları kireç ihtiyacının giderilmediği ve %50 oranında giderildiği örneklerde bitkinin P alımını artan dozlara bağlı olarak düşürürken kireç ihtiyacının giderildiği örneklerde artan doz uygulamalarına paralel fosfor alımının arttığı ancak söz konusu sınır değerlere çıkarma bakımından ZEO ve PAM'ın yetersiz kaldıkları görülmüştür. Bir başka ifade ile ZEO ve PAM'ın topraktaki etkinliğinin pH'ya bağlı olduğu ve bu etkinliğin nötr pH şartlarında olumlu iken asit koşullarda ise P elverişliliğini olumsuz şekilde gerçekleştirdiği ifade edilebilir. Toprağa uygulanan düzenleyici ve polimerlerin topraktan besin elementi alımını artırdığı (El-Hayd ve ark., 1981; Azzam, 1983; Sikka ve Kansal, 1995; Özdemir ve ark., 2004; Tuna ve Girgin 2005) söz konusu etkininin toprak özellikleri ile düzenleyicinin tabiatına bağlı olarak değişim gösterdiği belirlenmiştir.

Sonuç ve Öneriler

Asit yapılı toprağa kireç ile organik ve inorganik (atık çamuru-AÇ; zeolit- ZEO; polyacrylamide-PAM) kökenli toprak düzenleyiciler uygulandıktan sonra yetiştirilen mısır bitkisinde ve topraklarda yapılan analizler sonucunda; AÇ, ZEO ve PAM'ın farklı pH düzeyine sahip topraklarda ortam özelliklerini iyileştirdikleri belirlenmiştir. AÇ'nin bütün uygulama dozları pH seviyelerine bağlı olarak bitkinin P alımını artırırken ZEO ve PAM'ın sadece kireç ihtiyacının tamamının giderilmiş olduğu örneklerde mısır bitkisinin P beslenmesini artırırken asidik koşullarda ZEO ve PAM uygulamasının bütün dozlarının bitkinin P beslenmesini negatif olarak etkilediği belirlenmiştir. Bu nedenle söz konusu düzenleyicilerle ilgili bir uygulamada toprak pH'sının dikkate alınmasında yarar vardır.

Kaynaklar

- Agro B. 2003. Understanding pH management and plant nutrition Part I: Introduction. Available from URL: <http://www.mans.edu.eg/projects/heepf/ilppp/cources/12>
- Azzam RA. 1983. Polymeric conditioner gels for desert soils. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 14: 739- 760.
- Bender D, Erdal İ, Dengiz O, Gürbüz M, Tarakçıoğlu C. 1998. Farklı organik materyallerin killi bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. *International Symposium on Arid Region Soil*, 506-510, September, 21-24. Ed.; M. Şefik Yeşiloy, Menemen, İzmir.
- Binder DL, Dobermann A, Sander DH, Cabsman KG. 2002. Biosolids as N source for irrigated maize and rainfed sorghum. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 66: 531-543.
- Candemir F, Gülser C. 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), 13-28.
- Demir Z, Gülser C. 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(3), 185-190.
- Demiralay İ. 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 143, Erzurum.
- El-Hayd O A, Tayel MY, Lotfy AA. 1981. Super Gel as a soil conditioner. II: Its effects on plant growth, enzyme activity, water use efficiency and nutrient uptake. *Acta Horticulturae*, 119: 257- 2265.

- Garcia-Orenes F, Guerrero C, Mataix-Solera J, Navarro-Pedreño J, Gómez I, Mataix-Beneyto J. 2005. Factors controlling the aggregate stability and bulk density in two different degraded soils amended with biosolids. *Soil Till Res.* 82: 65–76.
- Gondal AH, Hussain I, Ijaz AB, Zafar A, ChBI, Zafar H, Usama M. 2021. Influence of soil pH and microbes on mineral solubility and plant nutrition: A review. *International Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 5(1), 71-81.
- Havlin JL, Beaton JD, Tisdale SL, Nelson WL. 2014. *Soil fertility & Fertilizers "An Introduction to Nutrient Management"* 8th Ed Prentice Hall. New J. 514 pp.
- İbrahim HI, Juma SS. 2021. Effect of Mineral Fertilization and Humic Acids on Availability of NPK in Soil and Maize Growth. *Annals of the Romanian Society for Cell Biology*, 25(6), 11414-11418.
- Ippolito JA, Tarkalson DD, Lehrs GA. 2011. Zeolite soil application method affects inorganic nitrogen, moisture, and corn growth. *Soil science*, 176(3), 136-142.
- Kacar B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II, Bitki Analizleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları, No: 453, Ankara.
- Kacar B. 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: III, Torak Analizleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Eğitim Araş. ve Geliş. Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- Kant C, Barik K, Aydın A. 2006. Asidik topraklara uygulanan farklı kireçleme materyallerinin bazı toprak özellikleri ile mısır bitkisi (*Zea mays L.*)'nin gelişimi ve mineral içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 37(2), 161-167.
- Katkat AV, Çil N, 1996. Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu. Uludağ Üniv. Zir. Fak. Yayınları, Uygulama Kılavuzu No: 8, Bursa.
- Kavoosi M. 2007. Effects of zeolite application on rice yield, nitrogen recovery, and nitrogen use efficiency. *Communications in soil science and plant analysis*, 38(1-2), 69-76.
- Klute A. 1986. Water retention: Laboratory methods. In a Klute (Ed.) *Method of Soil Analysis Part I*, Second edition, Argon. Monog. No 9 ASA Madison WI, 635- 662.
- Kowaljow E, Mazarino MJ, Satti P, Jim'enez-Rodríguez C. 2010. Organic and inorganic fertilizer effects on a degraded Patagonian rangeland. *Plant Soil*. 332: 135–145.
- Laboski CA. 2016. Posted on June 29, 2016 (<https://ipcm.wisc.edu/blog/2016/06/plant-analysis-are-you-using-it-and-interpreting-the-resultscorrectly/>)
- Mamedov AI, Beckmann S, Huang C, Levy GJ. 2006. Aggregate stability as affected by polyacrylamide molecular weight, soil texture, and water quality. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 71:1909- 1918.
- Moraghan JT, Mascagni HJ, 1991. Environmental and Soil Factors Affecting Micronutrient Deficiencies and Toxicities. In *Micronutrients in Agriculture*, 2nd Ed.;Luxmoore, R.J., Ed.; Soil Science Society of America: Madison, WI, 371-425.
- Mossa AW, Bailey EH, Usman A, Young SD, Crout NM. 2020. The impact of long-term biosolids application (> 100 years) on soil metal dynamics. *Science of the Total Environment*, 720, 137441.
- Mullins G, Hansen DJ. 2009. Chapter 4. Basic Soil fertility. [http://www.mawaterquality.org/ Publications/manmh/chapter4](http://www.mawaterquality.org/Publications/manmh/chapter4).
- Özdemir N, Horuz A, Özkaptan S. 2004. Düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve mısırdaki N kapsamına etkileri. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 19(3) : 24- 30.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Özkaptan S. 2005. Toprak düzenleyicilerinin asit toprakta strüktürel dayanıklılığa etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 36(2), 151-156.
- Ros M, Hernandez MT, Garcia C, 2003. Bioremediation of degraded soils with sewage sludge: effects on soil properties and erosion losses. *Environ. Manage.* 31: 741-747.
- Rowell DL. 1996. *Soil Science Methods & Applications*. Wesley Longman Limited, Harlow.
- Shuman LM. 1986. Effect of liming on the distribution of manganese, copper, iron and zinc among soil fractions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50: 1236-1240.
- Sikka R, Kansal BD. 1995. Effect of fly-ash application on yield and nutrient composition of rice, wheat and on pH and available nutrient status of soils. *Bioresource Technol.* 51(2-3): 199-203.
- Sims JL, Patrick Jr WH. 1978. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potential and pH. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42: 258- 262.
- Torri S, Lavado R. 2009. Fate of cadmium, copper, lead and zinc on soils after the application of different treated sewage sludge in soils of the Pampas region. In Stephens A, Fuller M (eds.) *Sewage Treatment: Uses, Processes and Impact*. Nova Science Publishers, Inc., Hauppauge. pp. 95–123.
- Tuna AL, Girgin AR, 2005. Mısırdaki (*Zea mays L.*) gelişme, mineral beslenme ve ağır metal içeriği üzerine termik santral uçucu küllerinin etkisi. *Ekoloji*, 14(57): 7-15.

- Verplancke H, De Boodt M. 1990. Effect of synthetic polymers on water use efficiency for crop production on sandy soils in Suidi Arabia, *Soil Tech.* 3: 45-55.
- von Tucher S, Hörndl D, Schmidhalter U. 2018. Interaction of soil pH and phosphorus efficacy: Long-term effects of P fertilizer and lime applications on wheat, barley, and sugar beet. *Ambio*, 47(1), 41-49.
- Wallace A, Wallace GA. 1986. Effects of soil conditioners on emergence and growth of tomato, cotton and lettuce seedlings. *Soil Sci.* 141: 313-316.
- Walter I, Cuevas G, Garcia S, Martinez F. 2000. Biosolid effects on soil and native plant production in a degraded semiarid ecosystem in central Spain. *Waste Manage. Res.* 18: 259-263.
- Yang X, Feng Y, Zhang X, Sun M, Qiao D, Li J, Li X. 2020. Mineral soil conditioner requirement and ability to adjust soil acidity. *Scientific Reports*, 10(1), 1-12.



Nanede (*Mentha multimentha* L.) kök çürüklüğüne neden olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma* spp'nin biyolojik mücadele ve bitki gelişimindeki etkinliği[†]

Emre DEMİRER DURAK^{1*}, Füsün GÜLSER², Hasret GÜNEŞ¹

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Van

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Van

Öz

Bu çalışmada, nane yetiştiriciliğinde önemli hastalıklara sebep olan fungal patojenlerden *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani*'ye karşı *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* biyolojik kontrol etmenlerinin etkisi araştırılmıştır. Bu aşamada solgunluk belirtisi gösteren nane bitkilerinin köklerinden yapılan izolasyonlar sonucunda *F. oxysporum* ve *R. solani* izolatları elde edilmiş ve tanıları yapılmıştır. *In vivo*'da *T. harzianum* ve *T. virens* biyoetmenlerinin nane (*Mentha multimentha* L.) bitkisinin gelişim parametrelerine ve patojen uygulamalarına etkisi incelenmiştir. Deneme sonucunda bitkilerin yaş ve kuru ağırlıkları alınmış, boyları ölçülmüş ve hastalık skala değerleri hesaplanmıştır. Buna göre *T. virens*'in *R. solani* gelişimini %70, *T. harzianum*'un *F. oxysporum* gelişimini %63 baskıladığı tespit edilmiştir. Bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametrelerinde *T. harzianum* uygulamasının en yüksek, *R. solani*'nin en düşük değerde olduğu belirlenmiştir. Gerek *F. oxysporum* gerek *R. solani* hastalık şiddeti değerlerinde *T. harzianum* ve *T. virens*'in patojen gelişimini azalttığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, nane (*Mentha multimentha* L.).

The efficiency of *Trichoderma* spp. versus *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani* causing root rot in mint (*Mentha multimentha* L.) in biological control and plant growth

Abstract

In this study, the effects of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma virens* biological control agents against *Fusarium oxysporum* and *Rhizoctonia solani*, which are fungal pathogens that cause important diseases in mint cultivation, were investigated. By this aim, *F. oxysporum* and *R. solani* isolates were obtained and identified as a result of the isolations made from the roots of mint plants showing wilting symptoms. The effects of *T. harzianum* and *T. virens* bio-agents on growth parameters and pathogen applications of peppermint (*Mentha multimentha* L.) in vivo were investigated. As a result of the experiment, the fresh and dry weights of the plants were taken, their heights were measured and disease scale values were calculated. It was determined that *T. virens* suppressed the growth of *R. solani* by 70%, and *T. harzianum* suppressed the growth of *F. oxysporum* by 63%. It was found that *T. harzianum* application was the highest and *R. solani* was the lowest in plant height, fresh and dry weight parameters. It was determined that *T. harzianum* and *T. virens* reduced pathogen growth in both *F. oxysporum* and *R. solani* scale values.

Keywords: *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma virens*, *Fusarium oxysporum*, *Rhizoctonia solani*, mint (*Mentha multimentha* L.).

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Nane (*Mentha piperita* L), Lamiaceae familyasına ait çok yıllık, tıbbi ve aromatik bir bitkidir (Yılmaz ve Telci, 2022). Dünya'da 31 türü bulunan *Mentha* cinsinin anavatanı Güney Avrupa olup, yetiştiriciliği yapılan *M.*

[†]Bu çalışma 7-9 Eylül 2022 tarihinde 3. Uluslararası Avrasya-Mikoloji Kongresi'nde özet bildiri olarak sunulmuştur.

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 506 542 5519

E-posta : emredemirer@yyu.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 22 Eylül 2022

Kabul Tarihi : 13 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1178651

spicata, *M. arvensis* ve *M. piperita* türleri büyük ekonomik öneme sahiptir (Yasak, 2019; Yılmaz ve Taşkaya, 2022). Türkiye'nin hemen hemen her bölgesinde nane yetiştiriciliği yapılmakta olup çoğunlukla Marmara, Akdeniz ve Ege bölgelerinde kültüre alınmaktadır (Yılmaz ve Taşkaya, 2022). Gelişimi için en uygun ortam nemli, gölgeli ve sulak alanlar olup daha çok vejetatif üreme organlarıyla (sürgün, stolon ve rizom) çoğalmaktadır (Telci ve ark., 2010; Rita ve Animesh, 2011). Nane bitkisi tıp, kozmetik ve gıda endüstrisi gibi geniş uygulama alanlarına sahiptir (Tucker ve Naczi, 2007; Telci ve ark., 2010). Esansiyel yağında bulunan menton, karvon, pulegon ve piperidin organik bileşikleri sayesinde birçok patojenik mikroorganizmalara karşı güçlü bir antimikrobiyal aktivite göstermektedir (Soliman ve ark., 2022). Dünya'da esansiyel yağlarda ticareti yapılan nanede ekonomik kayıplara yol açan hastalık ve zararlı etmenler ile mücadele önemli bir konudur (Nitzan ve ark., 2012). Türkiye'de bu konuda oldukça sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Canpolat ve Tülek, 2019). Nane bitkisinin gelişimi ve üretimini etkileyen, *Rhizoctonia solani* (kök ve stolon çürüklüğü), *Fusarium oxysporum* (kök çürüklüğü), *Verticillium dahliae* (solgunluk), *Puccinia menthae* (pas) ve *Alternaria alternata* (yaprak lekesi) gibi fungal patojenler büyük sorun teşkil etmektedir (Rita ve Animesh, 2011; Nitzan ve ark., 2012; Rizk ve ark., 2017). Bu organizmaların neden olduğu hastalık şiddeti bitki organlarına göre değişkenlik göstermektedir. *R. solani*, *F. oxysporum* ve *V. dahliae* nane köklerinde ciddi zarar yapan toprak kaynaklı bitki patojenleridir (Kalra ve ark., 2005; Nasr ve Monazzah, 2011). Bu etmenlerle enfekteli nane bitkilerinde bodurlaşma, yapraklarda sararma, solma ve sürgünlerde ölüm gözlemlenmektedir (Ellialtıoğlu ve ark., 2007; Zimowska, 2007; Muthukumar ve Venkatesh, 2013). Belirtiler nanenin ilk olarak yaprak yüzeyinde başlamakta ve yapraklar içe doğru kıvrılmaktadır. Daha sonra etmen toprak altı organlara geçerek hastalığın ilk evresinde, stolonlarda pembemsi lekeler kahverengiden siyaha dönüşmektedir. Toprakta uzun yıllar kalan hastalık etmenleri, nanenin toprak altı organlarında da gelişip bitki ölümüne sebep olmaktadır. Dolayısıyla uzun süre canlılığını koruyan toprak kaynaklı funguslarla mücadele oldukça zordur (Jain, 1995; Kalra ve ark., 2005; Ellialtıoğlu ve ark., 2007). Nanenin aromatik bitki olarak çok talep görmesinden dolayı hastalıklarla mücadelede çevre dostu ve uygun maliyetli tekniklerin kullanımına yönelim artmaktadır. Bu teknikler arasında yer alan *Trichoderma*, mikoparazitik, antibiyotik üreten ve bitki sistemik direncini arttıran bitki patojenlerine karşı etkili bir biyokontrol ajanıdır (Cumagun, 2012; Akladios ve Abbas, 2014; Demirer-Durak, 2018; Singh ve ark., 2019; Güneş ve ark., 2019; Aydın, 2022). Nane yetiştiriciliğinde *Trichoderma* spp.'nin kullanımı, kimyasal gübrelere kıyasla hem toprakta sürdürülebilirliği daha etkin hem de bitki patojenlerinde, verim ve kalitede daha başarılıdır (Prasanna ve ark., 2014; Velmourugane ve ark., 2017).

Bu çalışmanın amacı, i) nane bitkisinin gelişiminde önemli sorun olan *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* toprak kaynaklı hastalıkların şiddetini belirlemek, ii) söz konusu patojenlere karşı *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* biyolojik kontrol uygulamalarının etkinliğini ortaya koymak, iii) *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens*'in nane bitkisinin gelişim parametrelerine etkisini belirlemektir.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü laboratuvarı, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait iklim odasında yürütülmüştür. Çalışmada bitkisel materyal olarak ticari nane (*Mentha piperita* L.) fideleri kullanılmıştır. Çalışmada Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Fitopatoloji laboratuvarı kültür stoklarında etkinliği yüksek olarak belirlenen *Trichoderma harzianum* ve *Trichoderma virens* izolatları kullanılmıştır. Çalışma *in vitro* ve *in vivo* olmak üzere iki aşama şeklinde yürütülmüştür.

*In vitro*da *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* izolasyonu ve teşhisi

Çalışmanın ilk aşamasında sararma ve solgunlukla başlayıp tüm bitkinin kuruması ve köklerde kararma şeklinde belirtiler gösteren 30 adet nane fidesinden örnek alınmıştır. Alınan kök örnekleri öncelikle akan çeşme suyunda yıkanıp hastalıklı dokuyu içeren bitki kısımlarından 0,5–1 cm büyüklüğünde parçalar kesilmiştir. Bitki parçaları steril kabin içerisinde %1'lik NaOCl çözeltisinde 2 dakika bekletilerek yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve 2 kez steril saf su ile durularak sterilant uzaklaştırılmıştır. Yüzey sterilizasyonu tamamlandıktan sonra bitki parçaları steril kurutma kağıtları arasında kurutulmaya bırakılmıştır. Örnekler, antibiyotik içeren (Streptomisin Sülfat, 100 g/lt) PDA (Patates Dekstrozo Agar) ve su agarı (SA) besiyerlerinin bulunduğu petrilere ekilmiştir. Ekimi yapılan petrilere 24±2°C'de 5-7 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda bitki dokuları etrafında gelişen fungus kolonisinden steril öze yardımıyla parçalar alınmış, PDA ve SA ortamlarına bırakılmış, 5 günlük inkübasyondan sonra ışık

mikroskobunda incelenmişlerdir. *Fusarium* kolonileri tek spor izolasyonu ile, *Rhizoctonia* ise hif ucu izolasyonu ile saflaştırılmışlardır (Alisaac ve Götz 2022). *Fusarium* izolatlarının koloni morfolojisi ve spor özellikleri dikkate alınarak Gerlach ve Nirenberg (1982)'e göre teşhisi yapılmıştır. *Rhizoctonia* izolatlarının ise teşhisi morfolojik ve mikroskobik özellikleri dikkate alınarak Ogoshi (1975)'e göre yapılmıştır. Anastomosis gruplarını belirlemek için kullanılan test izolatları, daha önce moleküler yöntemlerle teşhisleri yapılmış Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Mikoloji Laboratuvarı'nda bulunan kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Bu çalışmada elde edilen izolatlar ile test izolatları PDA'da 25°C'de 7 gün geliştirildikten sonra %1.5'lük SA'da eşleştirilmiştir. Bu amaçla, test izolatı ile bitkiden elde edilen izolattan 5 mm çapında steril mantar delici ile alınan miselyum diskleri 4 cm uzaklıkta karşılıklı olarak yerleştirilmiş, 25°C'de 48-72 saat inkübe edildikten sonra kolonilerin karşılaştıkları hattaki hifler arasında hücre duvarı ve sitoplazmik birleşme durumunun olup olmadığını belirlemek için doğrudan ışık mikroskobunda incelenmişlerdir (Parmeter ve ark., 1969). Saf kültür olarak elde edilen *Rhizoctonia* ve *Fusarium* izolatları PDA içeren test tüplerde 5°C'de bir sonraki aşama için saklanmışlardır.

In vitro'da ikili kültür testleri

Nane bitkilerinden yapılan izolasyonlar sonucunda elde edilen izolatlar ile *T. harzianum* ve *T. virens* izolatları *in vitro'* da inhibisyon oranı ve antagonizm derecesi yönünden test edilmiştir. PDA'da 7 gün geliştirilen izolatların uçlarından 5 mm çapında fungal disk alınmış ve PDA' lı petrilere kenarından 10 mm içeriye olacak şekilde karşılıklı olarak bırakılmıştır. Petrilere 5 gün inkübasyona bırakıldıktan sonra fungal izolatların koloni büyüme miktarı ölçülerek gelişimi kaydedilmiş ve gelişimlerin antagonist tarafından engellenmesi aşağıdaki formül ile hesaplanmıştır (Royse ve Ries 1978).

$$RI = (R1 - R2) / R1 \times 100$$

RI : İnhibisyon oranı (%)

R1: Kontrol petrisindeki patojen miselyumun yarı çapı

R2: İkili kültür petrisindeki patojen miselyumun yarı çapı

Her bir izolat eşleştirmesi için 3 petri kullanılmıştır.

İkili kültür tekniği kapsamında antagonizmin derecesini belirlemede kullanılan 1- 5 skala değerleri aşağıda verilmiştir:

1: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %100 patojen üzerinde gelişimi

2: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %75 patojen üzerinde gelişimi

3: *Trichoderma* spp. antagonistlerinin %50 patojen üzerinde gelişimi

4: Patojenin %75 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

5: Patojenin %100 *Trichoderma* spp. antagonistlerinin üzerinde gelişimi

Bu skalaya göre eğer sonuç ≤ 2 olursa *Trichoderma* izolatı patojene karşı yüksek oranda antagonistik özellik göstermekte, ≥ 3 olursa antagonistik özellik yüksek olmamaktadır (Bell ve ark. 1982).

İklim odası denemeleri

*In vivo'*da sağlıklı nane fidelerine (üç gerçek yapraklı iken) bir önceki aşamada belirlenen izolatlar uygulanmıştır. PDA ortamında geliştirilen *F. oxysporum* izolatından spor yoğunluğu Thoma lamı kullanılarak 1×10^6 konidi/ml'ye ayarlanmış solüsyon kullanılmıştır. Sıvı solüsyon her bir bitkiye 20 ml olacak şekilde kök bölgelerine içirme yöntemiyle uygulanmıştır (Nam ve ark. 2009). *Rhizoctonia solani* izolatı için ise buğdaya sardırma yöntemi kullanılmıştır. İnokulum ortamı olarak kullanılan buğday taneleri saf su ile nemlendirilip 121°C'de otoklavlanmıştır. PDA'da gelişen izolatlardan alınan misel parçaları steril buğday tanelerine inokule edilmiş ve petrilere dört hafta süre ile karanlıkta 25°C'de inkübasyona bırakılmıştır. *R. solani* izolatı ile sardırılmış buğday ortamları her bir saksıya 15 tane gelecek şekilde uygulanmıştır. Kontrol saksılarına ise 15 steril buğday tanesi konulmuştur (Ichielevich-Auster et al. 1985; Botha et al. 2003; Sharon et al. 2007). Nane fidelerinde belirlenen patojenlere karşı *T. harzianum* ve *T. virens* izolatları kullanılmıştır. PDA ortamında geliştirilen *Trichoderma* spp.'nin kolonilerden hemositometre ile 1×10^6 konidi/ml içeren süspansiyon hazırlanmıştır. Hazırlanan *Trichoderma* spp. süspansiyonu her bitki başına 5 ml'lik olarak içirme yöntemi ile fide döneminde uygulanmıştır (Longa ve ark. 2008).

Deneme üç tekrarlamalı olarak, her bir saksıda iki fide olacak şekilde tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 kg kapasiteli saksılarda yürütülmüştür. Temel gübreleme olarak 100 mg kg⁻¹ P₂O₅, 150 mg kg⁻¹ K₂O ve 250 mg kg⁻¹ N olacak şekilde sırasıyla Triple Süper Fosfat [Ca(H₂PO₄)₂.H₂O], Potasyum Sülfat (K₂SO₄) ve Amonyum Sülfat [(NH₄)₂SO₄] gübrelere uygulanmıştır. Yetiştirme ortamı olarak bahçe toprağı ve vejetasyon süresi boyunca bitkilerin su ihtiyacı için saf su kullanılmıştır.

Deneme toprağında tekstür Bouyocous hidrometre yöntemi (Bouyocous, 1951) toprak reaksiyonu, Jackson (1958); toplam tuz, Richards (1954); kireç, Allison ve Moodie (1965); organik madde, modifiye edilmiş Walkey Black (Jackson, 1962); fosfor, sodyum bikarbonat (Olsen ve ark., 1954) yöntemine göre belirlenmiştir. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme toprağı hafif alkali reaksiyonlu, killi-tınlı bünyeli, tuzsuz, orta seviyede kireçli, organik madde ve fosfor içeriğı düşük bulunmuştur.

Çizelge 1. Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Tekstür	pH	EC	Kireç	OM	P
		ds/m	%	%	mg kg ⁻¹
Killi-tın	8,30	0.280	8.24	1.68	2.5

Deneme fide dikimini izleyen sekiz hafta sonra sonlandırılarak bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametreleri alınmış, skala dereceleri belirlenmiştir. Bitki boyu, bitkide kök ucundan büyüme ucuna kadar olan bölge cm (± 0.5) cinsinden metre ile ölçülmüştür. Farklı uygulamalara ait hasat edilen bitkiler hassas terazide tartılarak yaş ağırlıkları belirlenmiş ve ortalama değerler hesaplanmıştır. Daha sonra aynı örnekler 65°C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları alınarak ortalama değerler belirlenmiştir.

Rhizoctonia solani bulaştırılan bitkiler 0-4 skalasına göre; 0: Sağlıklı fide, 1: Köklerde veya gövdede çok küçük kahverengi yüzeysel lezyonlar, 2: Köklerde veya gövdede derin ve geniş lezyonlar, kök gelişiminde gerileme, 3: Şiddetli kök çürüklüğü, ana kök veya gövdeyi çepeçevre saran derin lezyonlar, kök uzunluğu belirli olarak azalmış, 4: Ölü bitki olarak değerlendirilmiştir (Muyolo ve ark., 1993' den modifiye edilmiştir).

Fusarium oxysporum bulaştırılan bitkiler Kavroulakis ve ark. (2005)'dan uyarlanan 0-5 skalasına göre değerlendirilmiştir. Burada; 0: Sağlıklı fide, 1: Kökte hafif renk değişikliği (Toplam alanın % 10'undan daha az), 2: Koyu renkli leke ve lezyonlar kökün ¼"üne yayılmış, 3: Enfeksiyon toplam kök alanının yarısını kaplamış, ana kökte bariz renk değişikliği, 4: Enfeksiyon kökün ¾"ünü kaplamış, kök boğazında lezyonlar, yapraklarda solgunluk, 5: Enfeksiyon kökün tümüne yayılmış, genç yapraklarda sararma ve ölüm, olarak değerlendirilmiştir.

Skalalara göre yapılan değerlendirme sonrasında Tawsend-Hauberger formülüne göre Hastalık Şiddeti İndeksi hesaplanmıştır; % Hastalık Şiddeti İndeksi= $[\Sigma(SD \times BS)] / (ESD \times TB) \times 100$ SD: Skala değeri BS: Aynı skala değerindeki bitki sayısı ESD: En yüksek skala değeri TB: Toplam bitki sayısı.

Hastalık şiddeti yüzdeleri baz alınarak uygulama gruplarının hastalığı baskılama oranları (BO) aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır (Güneş, 2022).

BO (%) = $[(H\check{S}k - H\check{S}) \div H\check{S}k] \times 100$, H \check{S} : Hastalık şiddeti H $\check{S}k$: Pozitif kontrol grubunun hastalık şiddeti değeri

Elde edilen bulguların istatistik analizleri SPSS paket programı kullanılarak varyans analizleri yapılmış ve elde edilen sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır. Bu amaçla SPSS (SPSS statistic program, Ver. 21.0, SPSS Inc., Chicago, IL, USA) bilgisayar programı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

*In vitro*da *Fusarium oxysporum* ve *Rhizoctonia solani* izolasyonu ve teşhisi

Çalışmada, hastalık belirtileri gösteren 30 adet nane fidesinden alınan örneklerden yapılan izolasyonlardan toplam 13 adet fungal izolat elde edilmiştir. Bu izolatların teşhisleri sonucunda 8 *F. oxysporum*, 5 *R. solani* tespit edilmiştir. Benzer sonuçlar gösteren başka çalışmalarda da nanenin kök ve gövde kesitlerinde *Fusarium*, *R. solani* ve *Phoma* spp. izolatlarının elde edildiği ifade edilmiştir. *Fusarium* spp. içerisinde nanede en sık görülenler arasında *F. avenaceum*, *E. equiseti*, *F. culmorum* ve *F. oxysporum*' un yer aldığı bildirilmiştir (Minuto ve ark., 1997; Machowicz-Stefaniak ve ark., 2002; Zimowska, 2007). Bir başka çalışmada ise Hindistan'da nane solgunluğunda *F. oxysporum* önemli bir etmen olarak kabul edilmiştir (Kalra ve ark., 2005). *R. solani* bitki patojeninin de nanede özellikle kök ve rizom bölgelerini kolonize ettiği, bu etmenin

nanede sararma ve nekrozlarla birlikte fide ölümüne neden olduğu belirtilmiştir (Zimowska, 2007; Nitzan ve ark., 2012). Anastomosis grup tespiti için test izolatlarıyla yapılan karşılaştırma sonucunda *R. solani* izolatlarının hepsinin AG-4 olduğu belirlenmiştir. Nitzan ve ark. (2012), İsrail' de nanelerden izole ettikleri *R. solani* izolatlarının AG-1 ve AG-4' e ait olduğunu rapor etmişlerdir.

In vitro da ikili kültür testleri

Bu çalışmada nanede *F. oxysporum* ve *R. solani* toprak kaynaklı patojenlere karşı *Trichoderma* potansiyel bir antagonist olarak kullanılmıştır. *Trichoderma* spp.'nin *R. solani* ve *F. oxysporum* izolatlarına karşı inhibisyon oranları ve antagonizm dereceleri Çizelge 2'de verilmiştir. Bu çizelgeye göre *T. harzianum*'un *R. solani* izolatlarına karşı göstermiş olduğu inhibisyon oranları % 56.5 ile %82.4 arasında, *T. virens*' in ise % 63 ile % 74.2 arasında değişmektedir. Antagonizm derecelerinin ise 1 olduğu yani kullanılan her iki *Trichoderma* türünün *R. solani* gelişimi üzerinde %100'lük antagonistik bir etki gösterdiği ve gelişimine engel olduğu belirlenmiştir. *T. harzianum*'un *F. oxysporum* izolatlarının inhibisyon oranında ise en yüksek %70.8, en düşük %43.1 olduğu, antagonizm derecesinin 1 ve 2 arasında değişkenlik gösterdiği tespit edilmiştir. *T. virens*'in ise en yüksek inhibisyon oranı %60.3 iken en düşük oranının %32.7 olduğu ve antagonizm derecesinin 1-3 arasında değiştiği saptanmıştır (Çizelge 2). Fungal biyokontrol ajanları arasında *Trichoderma*, toprak kaynaklı fungal patojenlerin kontrolü için en yaygın kullanılan organizmalardan biridir (Harman, 2000). Araştırmacılar, *Trichoderma*'nın yer ve besin için rekabet, hiperparazitizm, antibiyotik üretimi gibi mekanizmalar sayesinde antagonistik etki gösterdiğini bildirmişlerdir (Reddy ve Padmodaya, 1996; Aydın, 2015). *Trichoderma* spp'nin Trichodernin, Tri-chodermol, Harzianum A ve Harzianolide gibi çok sayıda antibiyotik ürettiği bilinmektedir (Dennis ve Webster, 1971; Küçük ve Kivanç, 2004).

Çizelge 2. *Trichoderma* spp.'nin *R. solani* ve *F. oxysporum* izolatlarına karşı inhibisyon oranları ve antagonizm dereceleri

İzolatlar	Biyolojik Kontrol Ajanları			
	<i>T. harzianum</i>		<i>T. virens</i>	
<i>R. solani</i>	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)
R1	72	1	68	1
R2	65.3	1	63	1
R3	56.5	1	65	1
R4	70.4	1	72.1	1
R5	82.4	1	74.2	1
<i>F. oxysporum</i>	<i>T. harzianum</i>		<i>T. virens</i>	
	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)	İnhibisyon oranı (%)	Antagonizm Derecesi (1-5)
Fs1	55.6	1	60.3	1
Fs2	43.1	2	46.3	2
Fs3	48.6	2	32.7	3
Fs4	67.3	1	43.3	2
Fs5	70.8	1	56.3	1
Fs6	62.5	1	56.7	1
Fs7	58.3	1	40.5	2
Fs8	47	2	45	2

İklim odası denemeleri

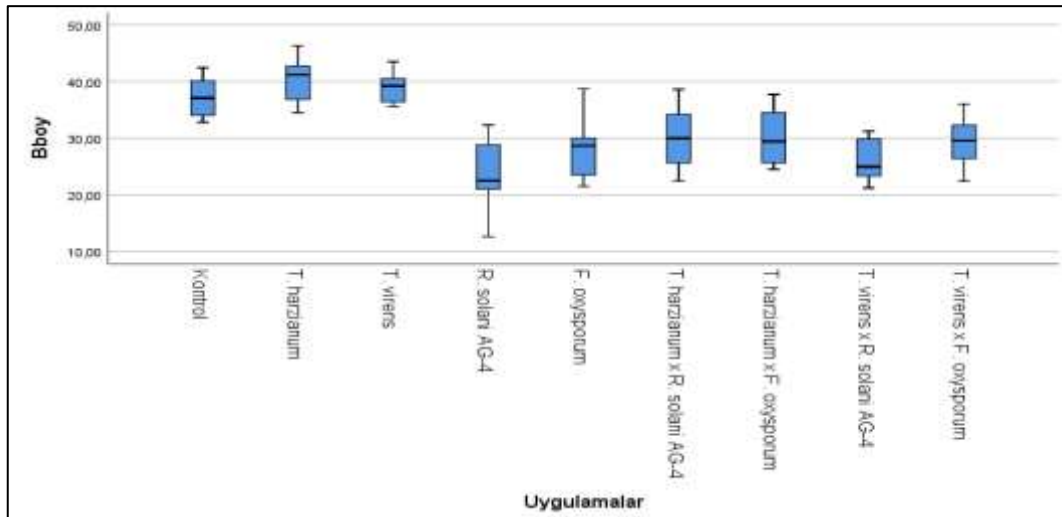
Çalışmanın *in vivo* aşamasında *in vitro*' da inhibisyon oranı ve antagonizm derecesine göre antagonistlerin en etkili olduğu izolatlar (*R. solani* için R5, *F. oxysporum* için Fs5) seçilmiş ve kullanılmıştır. Dolayısıyla çalışma bulgularında her bir uygulamanın ortalama sayısal veri ve değişkenliği göstermek için box-plot veri dağılımı, bazı bitki gelişim parametreleri, söz konusu patojenlerin hastalık şiddeti indeksi ve baskılama oranları belirlenmiştir. Zimowska (2007) çalışmasında hastalık belirtisi gösteren nane bitkisi örneklerinden *Trichoderma* ve *Gliocladium* cinslerine ait türlerin gözlemlendiğini ve bu biyolojik kontrol ajanlarının nanede patojenlere karşı antagonistik etki gösterdiğini bildirmiştir. Nane'de *F. oxysporum* ve *R. solani*' ye karşı *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının gelişim parametrelerine etkisi Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre; bitki boyu, yaş ağırlık ve kuru ağırlık parametreleri açısından, uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Çizelge 3'te morfolojik gelişim parametreleri değerlendirildiğinde, bitki boyu (40.43 cm), yaş ağırlık (30.51 g) ve kuru ağırlık değeri (5.90 g) en yüksek *T. harzianum* uygulamasında belirlenmiştir. En düşük değerler ise *R. solani*' nin uygulandığı bitki boyu (23.28 cm) ve yaş ağırlık değerinde (15.55 g), *F. oxysporum*' un uygulandığı kuru ağırlık değerinde

(5.90 g) kaydedilmiştir (Çizelge 3). Mucciarelli ve ark., (2003) ise çalışmasında nane bitkisinin morfolojik gelişimi için kullandığı AMF (Arbüsküler Mikorhizal Fungus)'nin bitki boyu, yaş ve kuru ağırlık parametrelerini kontrole kıyasla sırasıyla %72, %100 ve %100 oranlarında arttırdığını bildirmişlerdir. Çizelge 3'e göre *T. harzianum*'un bitki gelişimi üzerindeki etkinliğinin *T. virens* ve kontrol grubuna göre daha fazla olduğu görülmektedir. Bitki boyunda aralarındaki fark istatistik olarak önemsiz iken ($p > 0.05$) yaş ve kuru ağırlıkta aralarındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Aynı şekilde patojen + *Trichoderma* spp. kombinasyonlu uygulamalarda da *T. harzianum*'un patojen etkisine rağmen bitki gelişim değerleri *T. virens*'den daha yüksek çıkmış ve aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$) (Çizelge 3). Aynı zamanda *R. solani* AG-4'ün *F. oxysporum*'a göre nane gelişimi (kuru ağırlık hariç) üzerindeki olumsuz etkisinin daha fazla olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Kamalakannan ve ark. (2003), *T. viride* ve farklı biyo kontrol bakterileri türlerinin nane sapı ve stolon çürüklüğüne yol açan *R. solani*'nin bitkide zararını azalttığı ve gelişimi teşvik ettiğini bildirmişlerdir. Benzer sonuçlar gösteren başka çalışmalarda da genel itibarıyla biyo kontrol ajanlarının salgılamış oldukları antibiyotik ve toksinler sayesinde nanede toprak kaynaklı patojenlerin misel gelişimini azalttığı ve bitkiye olumlu katkıları olduğu belirtilmektedir (Roberts ve ark., 2005; Grosch ve ark., 2006; Rojo ve ark., 2007; Rizk ve ark., 2017). Mahmoudzadeh ve ark., (2016) çalışmasında, bitki gelişimini teşvik eden rizobakterlerin ve AMF uygulamalarının nane bitkisinin morfolojik özelliklerini (sürgün boyu, sürgün çapı, yaş ve kuru ağırlık) ve besin elementlerini arttırdığını ifade etmişlerdir. Çizelge 3'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.1 (bitki boyu), Şekil 3.2 (yaş ağırlık) ve Şekil 3.3'te (kuru ağırlık) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *R. solani* ve *F. oxysporum* stres faktörlerinde veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir. Bitki boyunun ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum*'daki ortalamanın tüm parametrelerde en yüksek, *R. solani*'nin en düşük çıktığı ve *T. harzianum* + patojen uygulamaları veri dağılımının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.1). Bitki boyu veri dağılımının 10.00- 50.00 cm arasında toplandığı görülmüştür (Şekil 3.1).

Çizelge 3. Nanede *F. oxysporum* ve *R. solani* patojenlerine karşı *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının bitki boyu (cm), yaş ağırlık (g) ve kuru ağırlık (g) parametrelerine etkisi

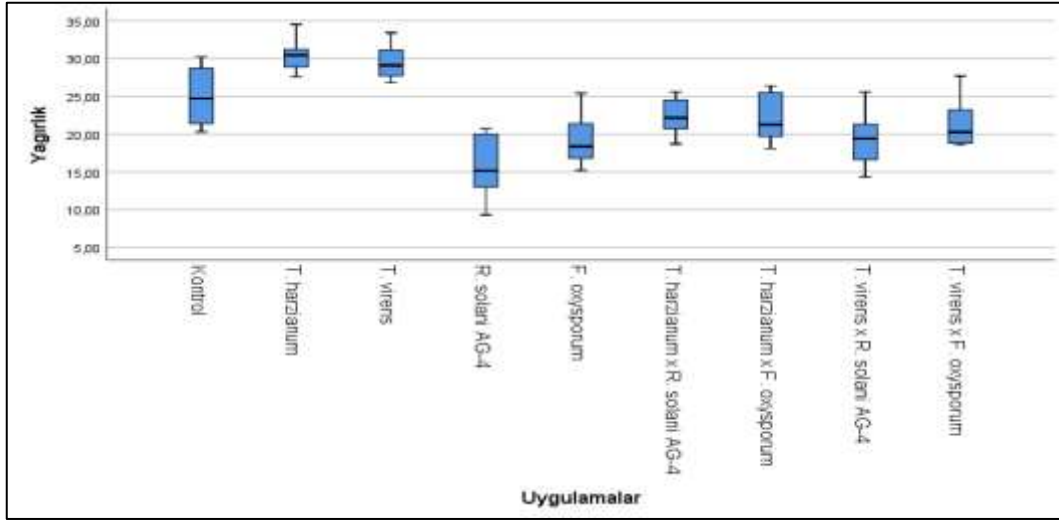
Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	Yaş Ağırlık (g)	Kuru Ağırlık (g)
	$\bar{x} \pm s.s$	$\bar{x} \pm s.s$	$\bar{x} \pm s.s$
Kontrol	37.23±3.72 ^{a*}	25.00±4.36 ^b	4.83±0.87 ^b
<i>T. harzianum</i>	40.43±4.28^a	30.51±2.34^a	5.90±0.59^a
<i>T. virens</i>	39.06±2.86 ^a	29.53±2.50 ^a	5.61±0.72 ^{ab}
<i>R. solani</i>	23.28±6.81^{bc}	15.55±4.29^d	3.18±0.79 ^c
<i>F. oxysporum</i>	28.50±6.02 ^{bc}	19.25±3.75 ^{cd}	2.83±0.46^c
<i>T. harzianum</i> x <i>R. solani</i>	30.11±5.80 ^b	22.30±2.50 ^{bc}	2.98±0.52 ^c
<i>T. harzianum</i> x <i>F. oxysporum</i>	30.18±5.10 ^b	22.03±3.26 ^{bc}	3.41±0.96 ^c
<i>T. virens</i> x <i>R. solani</i>	25.90±3.89 ^{bc}	19.43±3.92 ^{cd}	3.10±0.90 ^c
<i>T. virens</i> x <i>F. oxysporum</i>	29.36±4.85 ^{bc}	21.45±3.49 ^{bc}	3.13±0.47 ^c
$p_{uygulama}$	$p^{0.000}$	$p^{0.000}$	$p^{0.000}$

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark $p < 0.05$ 'e göre önemsizdir. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri



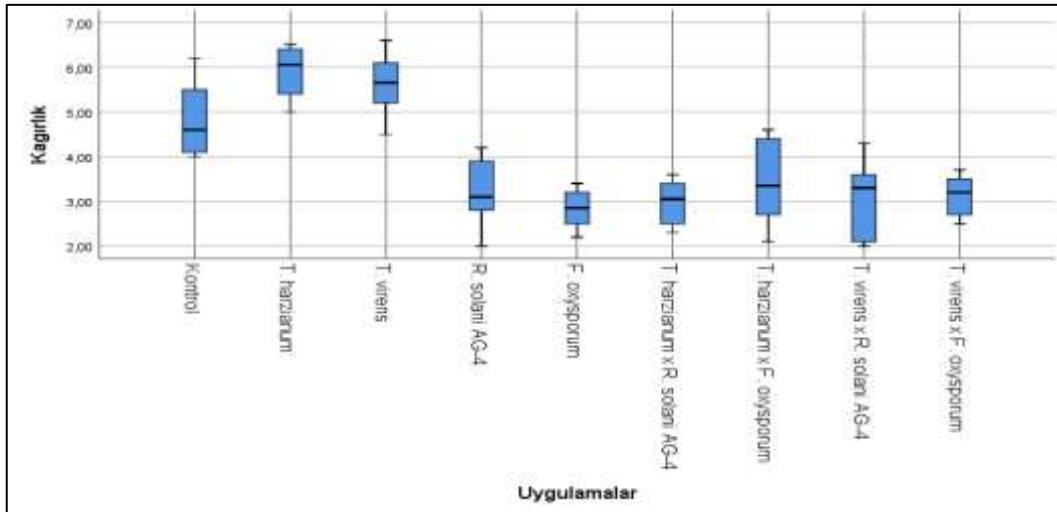
Şekil 3.1. Bitki boyu için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Yaş ağırlığın ortalama değışkenliği ve box-plot veri dağılımda *T. harzianum* ve *T. virens* ortalamalarının tüm parametrelerde en yüksek, *R. solani*'nin en düşük çıktığı ve bitki boyunda da olduğu gibi *T. harzianum* + patojen uygulamaları veri dağılımlarının birbirine yakın olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2). Aynı zamanda *T. virens* + *F. oxysporum* kombinasyonlu uygulama veri dağılımını *T. virens* + *R. solani* interaksiyon değerlerine göre daha yüksek çıkmıştır (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Yaş ağırlık için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Kuru ağırlığın ortalama değışkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ortalamasının tüm parametrelerde en yüksek, *F. oxysporum*'un ise en düşük çıktığı ve *Trichoderma* spp. + hastalık interaksiyonlu uygulamaları veri dağılımının birbirine yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3.3). Kuru ağırlık veri dağılımının 2.00 -7.00 gr arasında toplandığı belirlenmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Kuru ağırlık için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

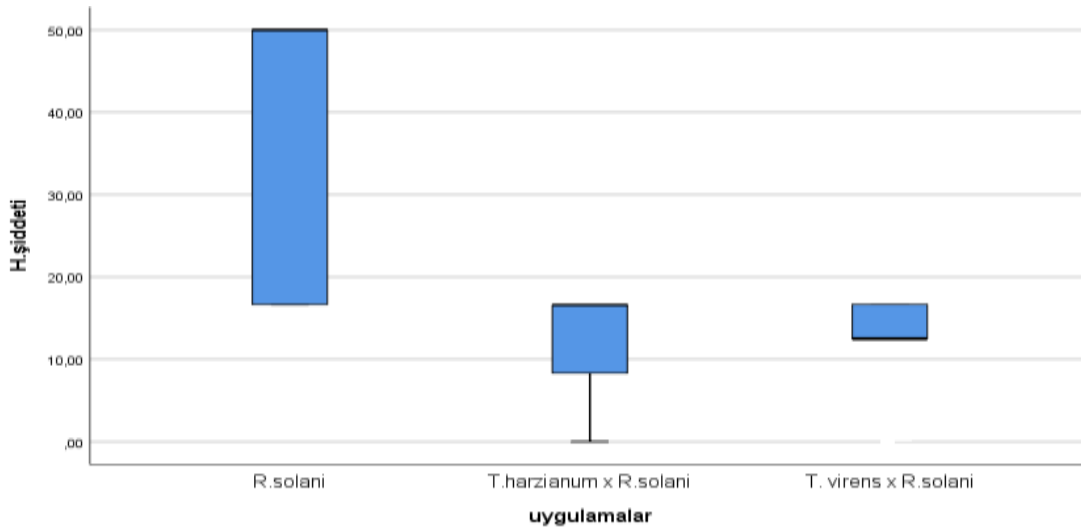
Nanede *T. harzianum*, *T. virens* uygulamalarının *R. solani* (0-4) skalasına ve hastalığı baskılama oranına etkisi Çizelge 4'te verilmiştir. Çizelge 4'te 0-4 skalasının uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Skalaya göre en yüksek hastalık şiddeti *R. solani* (% 38.88), en düşük hastalık şiddeti *T. virens* x *R. solani* AG-4 (%11.80) uygulamasında elde edildiği ve aralarındaki farkın istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$) (Çizelge 4). Nane bitkilerinde *R. solani*'den kaynaklanan hastalık şiddetinin baskılanma oranları da *T. harzianum* ve *T. virens* uygulama gruplarında belirlenmiştir (Çizelge 4). Skalanın baskılama oranları incelendiğinde, *T. virens* x *R. solani* uygulamasında %70 ile en yüksek değerdedir. *T. virens*'in *R. solani* AG-4 patojenini baskılama oranı *T. harzianum*'a göre % 2 daha fazladır. Ancak aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p > 0.05$). Konu ile ilgili yapılan bir başka çalışmada da *Trichoderma viride* izolatu ve bazı biyokontrol bakterilerin nanede *R. solani*'nin misel gelişimini önemli derecede baskıladığı bildirilmiştir. Kullanılan biyokontrol ajanlarının patojene karşı antagonistik etki göstermesinin yanı sıra fenil propanoide yer alan savunma mekanizmalarını aktifleştirdiği

belirtilmektedir. *T. harzianum* ve *G. virens* biyoajanların *R. solani* gelişimini sırasıyla %30.23 ve %26 oranında baskıladığı bildirilmiştir (Rizk ve ark., 2017). Çizelge 4'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.4'te (*R. solani*' nin hastalık şiddeti) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *R. solani* patojenin veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir (Şekil 3.4). Hastalık şiddeti ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ve *T. virens*'in kontrole kıyasla ortalamaları önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir (Şekil 3.4). Bunun yanı sıra *T. harzianum* x *R. solani* uygulama ortalamalarının *T. virens* x *R. solani*' ten daha düşük çıktığı belirlenmiştir. (Şekil 3.4).

Çizelge 4. Nanede *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının *R. solani* (0-4) skalasına göre hastalık şiddeti indeksi (%) ve hastalığı baskılama oranına (%) etkisi

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti (%)*	Baskılama Oranı (%)
	$\bar{x} \pm s.s$	
<i>R. solani</i>	38.88±17.21 ^{a**}	-
<i>T. harzianum</i> x <i>R. solani</i>	12.45±6.94 ^b	68
<i>T. virens</i> x <i>R. solani</i>	11.80±6.13 ^b	70
p ^{uygulama}	p ^{0.003}	

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark p<0.05'e göre önemsizdir. *: *R. solani* 0-4 skalasına göre hastalık şiddeti oranları hesaplanmıştır. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri.



Şekil 3.4. *R. solani* hastalık şiddeti indeksi (%) için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

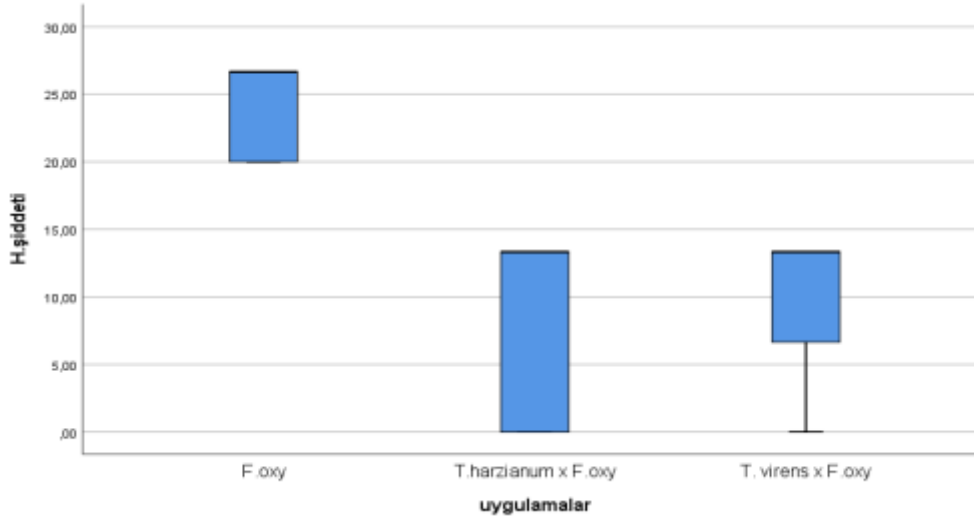
Nanede *T. harzianum*, *T. virens* uygulamalarının *F. oxysporum* (0-5) skalasına ve hastalığı baskılama oranına etkisi Çizelge 5'te verilmiştir. Çizelge 5'te 0-5 skalasının kontrol (*F. oxysporum*) ve *Trichoderma* spp. uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Hastalık şiddeti indeksine (%) göre en yüksek oranın *F. oxysporum* (%24.44), en düşük hastalık şiddeti *T. harzianum* x *F. oxysporum* (%8.88) uygulamasında elde edildiği ve aralarındaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu tespit edilmiştir (p<0.05) (Çizelge 5). Benzer sonuçlar gösteren bir başka çalışmada ise nanede *Puccinia menthae*, *Alternaria*, *Epicoccum*, *Sphaceloma menthae*, *Fusarium* spp. etmenlerinin gözlemlendiği ve bunların yaklaşık %60 oranında hastalık şiddeti oluşturduğu bildirilmiştir (Szczeponek ve Mazur, 2006). Nane bitkisinde hastalık şiddetinin (*F. oxysporum*) baskılanma oranları *T. harzianum* ve *T. virens* uygulama gruplarında belirlenmiştir (Çizelge 5). Skalanın (0-5) baskılama oranları incelendiğinde, *T. harzianum* x *F. oxysporum* uygulaması %63 ile en yüksek değerdedir. *T. harzianum*'un *F. oxysporum* patojenini baskılama oranı *T. virens*'e göre % 4 daha fazladır. Ancak aralarındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur (p>0.05). Rizk ve ark. (2017) nanede hastalık şiddetinin bitki-patojen türüne göre değişkenlik gösterdiği mevcut çalışma sonucunun aksine *F. oxysporum* hastalık şiddetinin *R. solani*'ye göre daha yüksek çıktığı bildirilmiştir. Ayrıca kullanılan *T. harzianum* biyoajanın diğer ajanlara (*Gliocladium virens*, *T. hamatum* ve *B. subtilis*11) göre *F. oxysporum* gelişimini %70 oranında baskıladığı ifade edilmiş ve mevcut çalışma sonuçlarımızla benzerlik göstermiştir (Rizk ve ark., 2017). *Trichoderma*'nın mikoparazitik özelliği ile oluşan kança, appresorium ve papilla gibi özel yapılarla patojen (*R. solani*) miselyumunun gelişimine engel olduğu bildirilmiştir (Lu ve ark., 2004; Zhu ve ark., 2004).

Çizelge 5. Nandede *T. harzianum* ve *T. virens* uygulamalarının *F. oxysporum* (0-5) skalasına göre hastalık şiddeti indeksi (%) ve hastalığı baskılama oranına (%) etkisi

Uygulamalar	Hastalık Şiddeti (%) [*]	Baskılama Oranı (%)
	$\bar{x} \pm s.s$	
<i>F. oxysporum</i>	24.44±3.43 ^{a*}	-
<i>T. harzianum</i> x <i>F. oxysporum</i>	8.88±6.88 ^b	63
<i>T. virens</i> x <i>F. oxysporum</i>	9.99±5.57 ^b	59
<i>p</i> ^{uygulama}	<i>p</i> ^{0.000}	

*: Aynı harfle işaretlenen uygulama grupları arasındaki fark $p < 0.05$ 'e göre önemsizdir. *: *F. oxysporum* 0-5 skalasına göre hastalık şiddeti oranları hesaplanmıştır. Pⁿ: Önem seviyesini gösteren P değeri

Çizelge 5'te belirtilen parametre uygulamalarının ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımı Şekil 3.5'te (*F. oxysporum*'un hastalık şiddeti) verilmiştir. *T. harzianum* ile *T. virens*'in *F. oxysporum* patojenin veri dağılımına etkisi box-plot grafiğinde görsel olarak belirtilmiştir (Şekil 3.5). Hastalık şiddeti ortalama değişkenliği ve box-plot veri dağılımında *T. harzianum* ve *T. virens*'in kontrole kıyasla ortalamaları önemli derecede azalttığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra *T. harzianum* x *F. oxysporum* uygulama ortalamalarının %15'den yüksek olmadığı ve *T. virens* x *F. oxysporum*'dan daha düşük çıktığı saptanmıştır (Şekil 3.5). Dolayısıyla *T. harzianum*'un nandede *F. oxysporum* hastalık şiddetini düşürmede etkisinin *T. virens*'ten daha fazla olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3. 5. F.oxysporum hastalık şiddeti indeksi (%) için uygulamaların box-plot veri dağılımı.

Sonuç

Ülkemizde nane bitkisinin özellikle esansiyel yağ olarak kullanılması ve yetiştiriciliğinde sorun teşkil eden fungal hastalıklara karşı önlemlerin sınırlı sayıda olduğu bilinmektedir. Özellikle fide gelişiminde *F. oxysporum* ve *R. solani* AG-4 hastalıkların neden olduğu hasar ve buna karşı *T. harzianum* ve *T. virens* biyolojik kontrol ajanlarının etkinliği ilk kez bu çalışma ile ortaya konulmuştur.

F. oxysporum ve *R. solani* nane yetiştiriciliğinde önemli kayıplara neden olabilecek ekonomik açıdan önemli etmenlerdir. Nananın birçok uygulama alanında (esansiyel yağ, koku vb.) kullanımı önemli olduğundan, söz konusu patojenlere karşı kimyasal ilaç kullanımı kalite ve verimi düşürmektedir. Dolayısıyla bu etmenlere karşı *Trichoderma* spp. gibi ekolojik ve çevre dostu sürdürülebilir tarım yöntemleri kullanımının yaygınlaşması önerilmektedir. Doğal kaynakların çevre kirliliği ve artan nüfustan dolayı baskı altında olduğu günümüz koşullarında bitkilerde sorun olan patojenler ile biyolojik mücadele giderek daha çok önem kazanmaktadır. Bu çalışma ile nandede fungal hastalıklara karşı mücadelede kullanılan *Trichoderma*, yeni yaklaşımlara da dikkat çekecektir.

Kaynaklar

Akladiou SA, Abbas SM, 2014. Application of *Trichoderma harzianum* T22 as a biofertilizer potential in maize growth. J. Plant Nutr. 37(1): 30-49.

- Alisaac E, Götz M, 2022. First report of *Gibellulopsis nigrescens* on peppermint in Germany. JPDP. 129(1): 207-209.
- Allison L E, Moodie C D, 1965. Carbonate in: CA Black et. al. (Ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. Agronomy: Am. Soc. of Agron., Inc., Madison Wisconsin, USA, pp. 1379-1400.
- Aydın MH, 2015. Bitki Fungal Hastalıklarıyla Biyolojik Savaşta Trichoderma'lar. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 2:2, 135-148.
- Aydın MH, 2022. *Rhizoctonia solani* and Its Biological Control. Turk J. Agr Res. 9 (1):118-135.
- Bell DK, Wells DH, Markham CR, 1982. In vitro antagonism of *Trichoderma* species against six fungal plant pathogens. Phytopathology, 72, 379-382.
- Botha A, Denman S, Lamprecht SC, Mazzola M, Crous PW, 2003. Characterization and pathogenicity of *Rhizoctonia* isolates associated with black root rot of strawberries in the Western Cape Province, South Africa. Australasian. Plant Pathol. 35: 195-201.
- Bouyoucos GD, 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soil. Agronomy J. 43: 434-438.
- Canpolat S, Tülek S, 2019. Determination of fungal diseases of leafy vegetables in Middle Anatolia Region. Bitki Koruma Bülteni. 59(3): 39-46.
- Cumagun CJR, 2012. Managing Plant Diseases And Promoting Sustainability And Productivity With *Trichoderma*: The Philippine Experience. J. Agric. Sci. Technol. 14: 699-714.
- Demirer-Durak E, 2018. Anastomosis groups, pathogenicity and biological control of *Rhizoctonia* species isolated from pepper (*Capsicum annuum* L.) plants in Lake Van Basin. Fresenius Environ. Bull. 27(6): 4198-4205.
- Dennis C, Webster J, 1971. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma*: II. Production of volatile antibiotics. Trans. Br. Mycol. Soc. 57(1): 41-44.
- Güneş H, Durak ED, Yeşilova A, Demir S, 2019. Bazı *Trichoderma* Türlerinin Isırgan Otu (Urtica dioica L.) Çimlenme Oranına Etkisi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 29(4): 662-668.
- Güneş H, 2022. Tuz stresi altında yetiştirilen biber (*Capsicum annuum* L.)'de arbusküler mikorhizal fungus (amf) ve biyoçarın *Verticillium dahliae* Kleb.'ye ve bitki gelişimine etkisi. Doktora Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Grosch R, Scherwinski K, Lottmann J, Berg G. 2006. Fungal antagonists of the plant pathogen *Rhizoctonia solani*: selection, control efficacy and influence on the indigenous microbial community. Mycological research. 110(12): 1464-1474.
- Harman GE, 2000. Myths and dogmas of biocontrol: changes in perceptions derived from research on *Trichoderma harzianum* T-22. Plant Dis. 84(4): 377-393.
- Ichilevich- Auster M, Sneh B, Koltin Y, Barash, I., 1985. Pathogenicity, host specificity and anastomosis groups of *Rhizoctonia* spp. isolated from soils in Israel. Phytoparasitica. 13: 103-112.
- Jackson M, 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Eng. Cliffs., New York, U.S.A., 183-187.
- Jain NK, 1995. Disease management of aromatic plants. Adv Horticult Sci. 11, 271-281.
- Ellialtıoğlu Ş, Sevengör Ş, Sezik E, 2007. Şanlıurfa'da Nane Tarımının Geliştirilmesi Üzerinde Çalışmalar. Şanlıurfa GAP GİDEM Bilgilendirme Toplantısı, 30 Mart 2007, Seminer Notları
- Kalra A, Singh HB, Pandey R, Samad A, Patra NK, Kumar S, 2005. Diseases in mint: causal organisms, distribution, and control measures. J. Herbs Spices Med. Plants, 11(1-2): 71-91.
- Kamalakkannan A, Mohan L, Kavitha K, Harish S, Radjammare R, Nakkeeran S, Angayarkanni T, 2003. Enhancing resistance to stem and stolon rot of peppermint (*Mentha piperita* Lin.) using biocontrol agents. Acta Phytopathol. Entomol. Hung. 38(3-4): 293-305.
- Kavroulakis N, Ehaliotus C, Ntougias S, Zervakis GI, Papadopoulou KK, 2005. Local and systemic resistance against fungal pathogens of tomato plants elicited by a compost derived from agricultural residues, physiological and molecular. Plant Pathol. 66: 163-174.
- Küçük Ç, Kivanç M, 2004. In vitro antifungal activity of strains of *Trichoderma harzianum*. Turk. J. Biol. 28(2): 111-115.
- Longa CMO, Pertot I, Tosi S, 2008. Ecophysiological requirements and survival of a *Trichoderma atroviride* isolate with biocontrol potential. J. Basic Microbiol. 48: 269- 277.
- Lu Z, Tombolini R, Woo S, Zeilinger S, Lorito M, Jansson JK, 2004. In vivo study of *Trichoderma*-pathogen-plant interactions, using constitutive and inducible green fluorescent protein reporter systems. Appl. Environ. Microbiol. 70(5): 3073-3081.

- Machowicz-Stefaniak Z, Zimowska B, Zalewska E, 2002. Grzyby zasiedlające różne organy tymianku właściwego *Thymus vulgaris* L. uprawianego na Lubelszczyźnie [Fungi colonizing various organs of thyme *Thymus vulgaris* L. cultivated in the region of Lublin]. *Acta Agrobot.* 55(1): 185-197.
- Mahmoudzadeh M, Sadaghiani MR, Lajayer HA, 2016. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on growth characteristics and concentration of macronutrients in peppermint (*Mentha piperita* L.) under greenhouse conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture.* 6(24).
- Minuto A, Minuto G, Migheli Q, Mocioni M, Gullino M L, 1997. Effect of antagonistic *Fusarium* spp. and of different commercial biofungicide formulations on *Fusarium* wilt of basil (*Ocimum basilicum* L.). *J. Crop Prot.* 16(8): 765-769.
- Muyolo NG, Lipps PE, Schmitthenner AF, 1993. Reactions of dry bean, lima bean, and soybean cultivars to *Rhizoctonia* root and hypocotyl rot and web blight. *Plant Dis.* 77: 234-238.
- Nam MH, Park MS, Kim HG, Yoo SJ, 2009. Biological control of strawberry *Fusarium* wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *fragariae* using *Bacillus velezensis* BS87 and RK1 formulation. *J. Microbiol. Biotechnol.* 19(5): 520-524.
- Nasr EM, Monazzah M, 2011. Identification and assessment of fungal diseases of major medicinal plants. *J. Ornament. Hort.* 1(3): 137-145.
- Nitzan N, Chaimovitch D, Davidovitch-Rekanati R, Sharon M, Dudai N. 2012. *Rhizoctonia* web blight—A new disease on mint in Israel. *Plant Dis.* 96(3): 370-378.
- Olsen SR., Cole CV, Watanable FS, Dean LA., 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U. S. Dept. of Agric. Cir. 939-941, Washington D. C. ABD.
- Prasanna R, Triveni S, Bidyarani N, Babu S, Yadav K, Adak A, Saxena AK, 2014. Evaluating the efficacy of cyanobacterial formulations and biofilmed inoculants for leguminous crops. *Arch. Agron. Soil Sci.* 60(3): 349-366.
- Reddy HR, Padmodaya B, 1996. Bovine Remedy. *Downto Earth*, 5(9): 54.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *USDA Agric. Handbook* 60. Washington, D. C.
- Rita P, Animesh DK, 2011. An updated overview on peppermint (*Mentha piperita* L.). *Int. Res. J. Pharm.* 2(8): 1-10.
- Rizk I M, Mousa IE, Ammar MM, Abd-Elmaksoud I, 2017. Biological Control of *Fusarium oxysporum* and *Verticillium dahliae* By *Trichoderma harzianum* and *Gliocladium virens* of Two Mint Species. *Appl. Biotechnol. Rep.* 3(2): 24-36.
- Roberts DP, Lohrke SM, Meyer SL, Buyer JS, Bowers JH, Baker CJ, Chung S, 2005. Biocontrol agents applied individually and in combination for suppression of soilborne diseases of cucumber. *Crop Protection.* 24(2): 141-155.
- Rojo FG, Reynoso MM, Ferez M, Chulze SN, Torres AM, 2007. Biological control by *Trichoderma* species of *Fusarium solani* causing peanut brown root rot under field conditions. *J. Crop Prot.* 26(4): 549-555.
- Singh S, Tripathi A, Maji D, Awasthi A, Vajpayee P, Kalra A, 2019. Evaluating the potential of combined inoculation of *Trichoderma harzianum* and *Brevibacterium halotolerans* for increased growth and oil yield in *Mentha arvensis* under greenhouse and field conditions. *Ind Crops Prod.* 131: 173-181.
- Sharon M, Freeman S, Kuninaga S, Sneha B, 2007. Genetic diversity, anastomosis groups and virulence of *Rhizoctonia* spp. from strawberry. *Eur. J. Plant Pathol.* 117: 247-265.
- Soliman SA, Hafez EE, Al-Kolaibe AM, Abdel Razik ESS, Abd-Ellatif S, Ibrahim AA., Elshafie HS, 2022. Biochemical Characterization, Antifungal Activity, and Relative Gene Expression of Two *Mentha* Essential Oils Controlling *Fusarium oxysporum*, the Causal Agent of *Lycopersicon esculentum* Root Rot. *Plants.* 11(2): 189.
- Szczeponek A, Mazur S, 2006. Occurrence of fungal diseases on lemon balm (*Melissa officinalis* L.) and peppermint (*Mentha x piperita* L.) in the region of Malopolska. *Commun. Agric. Appl. Biol. Sci.* 71(3): 1109-1118.
- Telci I, Demirtaş I, Bayram E, Arabacı O, Kacar O, 2010. Environmental variation on aroma components of pulegone/ piperitone rich spearmint (*Mentha spicata* L.). *Ind Crops Prod.* 32 (3): 588-592.
- Tucker AO, Nazcı RFC, 2007. *Mentha*: An Overview of Its Classification and Relationships. In Lawrence BM (editor). *Mint: Genus Mentha*. Boca Raton FL, USA: CRC Press, Taylor & Francis, pp. 3-39.
- Velmourougane K, Prasanna R, Saxena AK, 2017. Agriculturally important microbial biofilms: present status and future prospects. *J. Basic Microbiol.* 57(7): 548-573.

- Yasak S, Telci İ, 2019. Isparta Ekolojik Koşullarında Yetiştirilen Spearmint Grubu Nane Klon ve Çeşitlerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Ziraat Fakültesi Dergisi. 14(2): 270- 275.
- Yılmaz D, Taşkaya G, 2022. Nane (Mentha) Bitkisinin Mekanik Hasadı İçin Fiziko-Mekanik Özelliklerinin Belirlenmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 4(1): 1-6.
- Yılmaz K, Telci I, 2022. Yield and oil composition of peppermint cultivars grown in the Isparta climate of Turkey. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 46(2): 234-244.
- Zhu TH, Xing XP, Sun SD, 2004. The antagonism mechanisms and diseases control trials of Trichoderma strain T97 against several plant fungal pathogens in greenhouse. Acta. Phys. Sin. 31(2): 139-144.
- Zimowska B, 2004. Biotic effect of phyllospheric fungi on the growth and development of Seimatosporium hypericinum (Ces.) Sutton. Electron. J. Pol. Agric. Univ., Ser. Horticultura, 7(2).
- Zimowska BEATA, 2007. Fungi colonizing and damaging different parts of peppermint (Mentha piperita L.) cultivated in south-eastern Poland. Herba Pol. 53(4): 97-105.



Ankara İli Kalecik İlçesi topraklarının toprak etüdü, haritalanması ve sınıflandırılması

✉ Tülay TUNÇAY¹, ✉ Oğuz BAŞKAN^{2*}, ✉ Orhan DENGİZ³,
✉ Mehmet KEÇECİ¹, ✉ Mustafa USUL⁴

¹Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Yenimahalle, Ankara

²Siirt Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Siirt

³Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

⁴Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Toprak Koruma Arazi Değerlendirme Daire Başkanlığı, Ankara

Öz

Bu araştırma, sürdürülebilir arazi kullanımı için, arazi ve toprak yönetim gereksinimi olan toprak verilerinin konumsal ve uluslararası standartlara uygun olarak elde edilmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu çalışmada, Ankara ili Kalecik ilçesi topraklarının detaylı etüd ve haritalanması yapılmıştır. Toplam çalışma alanı 116.025 ha'dır. Yıllık ortalama sıcaklık 12.5°C ve yıllık toplam yağış ise 375 mm'dir. Bölgeye ait topoğrafik, jeolojik ve jeomorfolojik haritaların incelenmesi ve arazi gözlemleri sonucunda araştırma alanında 16 adet toprak profili açılmıştır. Detaylı arazi gözlemleri, grid yöntemi ve burğu yoklamaları ile gerçekleştirilmiştir. Açılan profillerin her birinden horizon esasına göre örnekler alınmış ve laboratuvarında analizleri yapılmıştır. Analizlerden elde edilen sonuçların ve arazi gözlemlerinin değerlendirilmesi ile 16 farklı toprak serisi tanımlanmıştır. Belirlenen toprakların 5 tanesi genç olmaları nedeniyle Entisol ordosuna, 5 tanesi Inceptisol ve 1 tanesi ise Vertisol ordolarına dâhil edilmişlerdir. Araştırma alanında %19.3 ile Hancılı serisi en fazla alana sahip iken %0.1 ile Karatepe serisi en az alana sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Arazi değerlendirme, arazi kullanımı, Kalecik, toprak etüd, toprak sınıflaması.

Detailed survey, mapping and classification of Ankara province Kalecik district soils

Abstract

This research was carried out in order to obtain soil data which was land and soil management requirements in accordance with spatial and international standards for sustainable land use. In this research, detailed soil survey and mapping studies of Kalecik district of Ankara Province soils were carried out. Total study area is 116.025 ha. Average annual temperature and annual total precipitation are 12.5°C and 375 mm, respectively. After examination of topographic, land use, geologic and geomorphologic maps, and land observation, 16 soil profile places were excavated in study area. Detailed land observations were done with grid method and auger examinations. The soil samples were taken from each profile and their analyses were done in the laboratory. By assessing the results of analyses and field studies, 16 different soil series were determined and described. Five of them were classified as Entisol due to their young age and five are as Inceptisol and one is as Mollisol. Whereas Hancılı series has the largest area (19.3 %), Karatepe series has the smallest area in the study area (0.1 %).

Keywords: Land evaluation, land use, Kalecik, soil survey, soil classification.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 391 5881

E-posta : obaskan@yahoo.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 1 Temmuz 2022

Kabul Tarihi : 14 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1139333

Giriş

Artan nüfus doğal kaynaklar üzerindeki baskıyı her geçen gün arttırmakta; bu nedenle, arazi kullanımına yönelik sürdürülebilir faaliyetlerin planlanması ve uygulanması önem kazanmaktadır. Kalkınma için atılan her adım, aynı zamanda çeşitli çevre sorunlarını da beraberinde getirmektedir. Bunların başında da, tarım topraklarının amaç dışı kullanımı, erozyon vb. sebeplerle doğal kaynakların geri dönülmez biçimde kaybedilmesi gelmektedir. Bilişim teknolojilerindeki gelişmelerle birlikte yukarıda sözü edilen sorunların üstesinden gelebilmek için, sürdürülebilir kalkınma planlamalarında da önemli rol oynayan veri yönetim sistemlerine sahip olmak gerekmektedir. Veri yönetim sistemleri karar verme sürecinin objektif, bilimsel ve etkin olmasına hizmet etmektedir. Bilgisayar ve uzay teknolojisindeki hızlı gelişmeler, özellikle Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) teknikleri ile bu sorunların çözümü için doğru ve ayrıntılı bilgi üretiminin sürekli olmasına olanak sağlamaktadır. Böylece doğal kaynakların akılcı yönetimi, planlanması, çevre kirliliğinden korunması, arındırılması, kalkınmaya yönelik çabaların ekonomik ve çevreye en az zarar verici nitelikte gerçekleşmesi sağlanmaktadır. Aynı zamanda bu olayların doğadaki zamana bağlı değişimlerini değerlendirme sorumluluğunda bulunanlara en doğru kararları alma imkânı sunmaktadır (Coşkun ve Dengiz, 2016; Akça ve Atatanır, 2020).

Doğal kaynak envanterlerinin güncellenmesi, bugün için Türkiye'nin en önemli sorunlarından biridir. Gereksinim duyulan bu sayısal bilgilerin etkinliği, güncellikleri ile doğru orantılıdır. Bu güne kadar yapılan planlama çalışmalarında en önemli sorun, ülkesel verilerin olmaması ya da var olanlara düzenli bir şekilde ulaşılamaması olmuştur (Dengiz ve Sarioğlu, 2011).

Toprakların dağılımına etki eden tüm faktörler, toprak yapan olaylar ve toprak oluşumuna etki eden faktörler olarak iki grupta toplanmaktadır. Simonsen (1959) tarafından toprakta birikme olayları (organik madde birikmesi, yeni sedimantasyon); toprak ana maddelerinin transformasyonu, toprakta yer değişimleri, horizonlaşmaya engel olan olaylar (kil yıkanması), topraktan olan kayıplar (yıkama, erozyon vs) olarak tanımlanmıştır. Küçük alanlardaki toprakların tanımlanmasında topografyanın ana materyalin ve zamanın toprak özellikleri üzerindeki etkileri belirgin olarak görülmektedir (Soil Survey Staff, 1999). Toprak etüd ve haritalama çalışmaları toprakların sahip olduğu özellikler ve karakteristikler yönünden incelenerek benzer olan grupların aynı sınırlar içerisinde birleştirilmesini kapsamaktadır. Bu kapsamda; benzer toprakların belirlenmesi, bu toprakların tanımlanması ve sınırların çizilerek haritalanması olmak üzere üç temel aşama vardır (Başayığı ve Dinç, 2001).

Ülkemizde çeşitli kamu ve özel kurumlar tarafından doğal kaynaklarla ilgili çok sayıda veri üretilmektedir. Ancak bu verilerin büyük çoğunluğunun bilgisayar ortamında olmaması, bu verilerde belirli bir standardın olmayışı nedeniyle çoğu kullanılamaz niteliktedir. Bunun yanı sıra, henüz ölçülmemiş ve değerlendirilmemiş veri sayısı da oldukça fazladır.

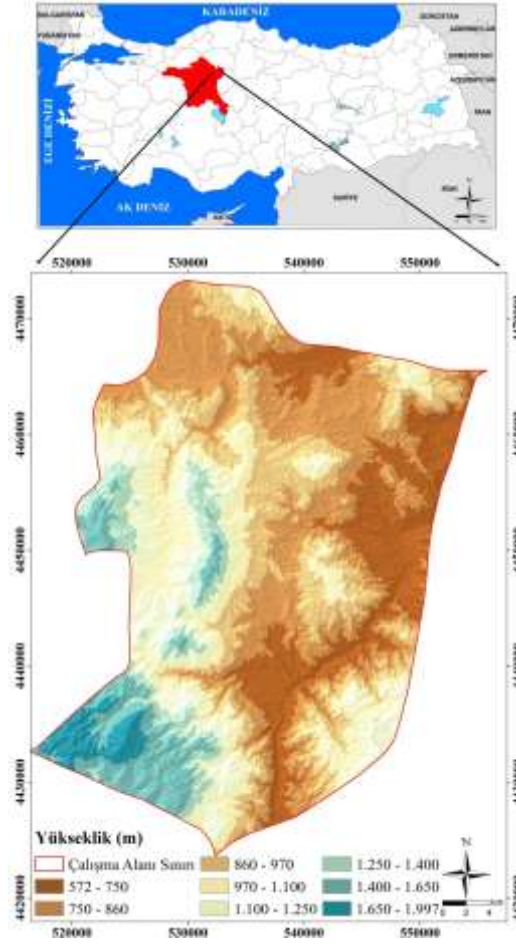
Türkiye'de toprak sınıflandırma ile ilgili ilk çalışmalar Çağlar (1958) tarafından yapılmış ve toprakların morfolojik özellikleri dikkate alınarak oluşturulan bu sınıflandırmada Türkiye Toprak Haritası elde edilmiş ve bu haritada 11 farklı toprak grubu yer almıştır (Dinç ve ark., 1987). Bu veriler özellikle arazi ve toprak kaynaklarını tanımlayan ilk ve temel veri olmasına rağmen, günümüz koşullarının gerektirdiği ihtiyaçlara cevap verecek detay ve kalitede olmaması nedeniyle, ülkemizin şu anki arazi ve toprak potansiyelini tam olarak yansıtmadığı bilinmektedir. Sonraki yıllarda ise gerek havza düzeyinde gerekse de ülkesel düzeyde farklı yöntemlerde etüd çalışmaları yapılmıştır (Demirel ve Şenol, 2019).

Avrupa Birliği uyum sürecinde olan Türkiye'nin başta toprak olmak üzere, doğal kaynakları ile ilgili uluslararası bilgi sistemleriyle bütünleşmiş güncel veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir. Bu amaçla, ülkemizin toprak kaynakları ile ilgili ulusal ve uluslararası düzeyde bilgi alışverişini sağlayacak, değişik ölçeklerdeki altlıkların ve veri tabanlarının oluşturulması gerekmektedir.

Bu çalışma, sürdürülebilir arazi kullanımı ve doğal kaynakların korunmasında ihtiyaç duyulan toprak veri tabanı, toprak etüd, haritalama ve sınıflandırma çalışmasının dijital alt yapılı ve güncellenebilir olması amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, araştırma alanına ait veriler (uydu görüntüleri, sayısal yükseklik modeli ve jeoloji haritası olmak üzere) dijital olarak hazırlanmış ve büro, arazi, laboratuvar çalışmaları yardımıyla temel toprak haritası hazırlanmıştır.

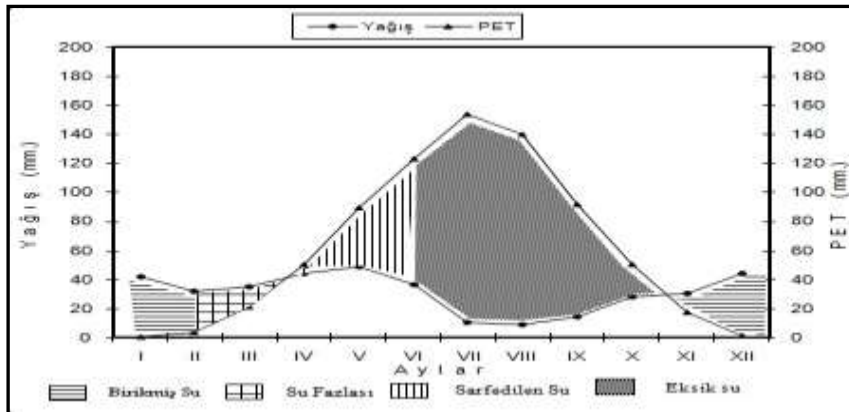
Materyal ve Yöntem

Ankara-Kalecik ilçesini kapsayan yaklaşık 116.000 hektar yüzölçümlü araştırma alanı, 521000-549000 doğu boylamları ile 4430000-4470000 kuzey enlemleri (UTM, WGS-84 m) arasında bulunmaktadır. Kalecik ilçesi Ankara'nın kuzey doğusunda ve 580 m ile 1984 m arasındaki yükseklikte (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru ve yükseklik haritası

Araştırma alanına en yakın ve uzun yıllara ait (1960-2015) veri seti bulunan Kırıkkale Meteoroloji İstasyonu verileri kullanılarak toprakların [Thornthwaite \(1948\)](#) yöntemine göre su bilançosu tablosu oluşturularak, iklim diyagramı çizilmiştir. Buharlaşma eğrisi, Mart ayı ortalarından Ekim ayı ortalarına kadar yağış eğrisinin üzerinde seyretmektedir. Mart ayı sonu, Nisan ve Mayıs aylarında toprakta birikmiş su kullanıldığından bu aylarda kuraklık etkili değildir. Buna karşılık Haziran ayında etkili olmaya başlayan kuraklık Ekim ayı ortalarına kadar devam etmektedir. Thornthwaite metoduna göre Kırıkkale D harfi ile gösterilen yarı kurak iklim tipine dâhil olmaktadır. Ayrıca b'2db'2 harfleri ile ifade edilen orta sıcaklıkta, su fazlası olmayan ya da çok az olan, kara tesirine yakın iklim tipi olarak sınıflandırılmaktadır (Şekil 2).

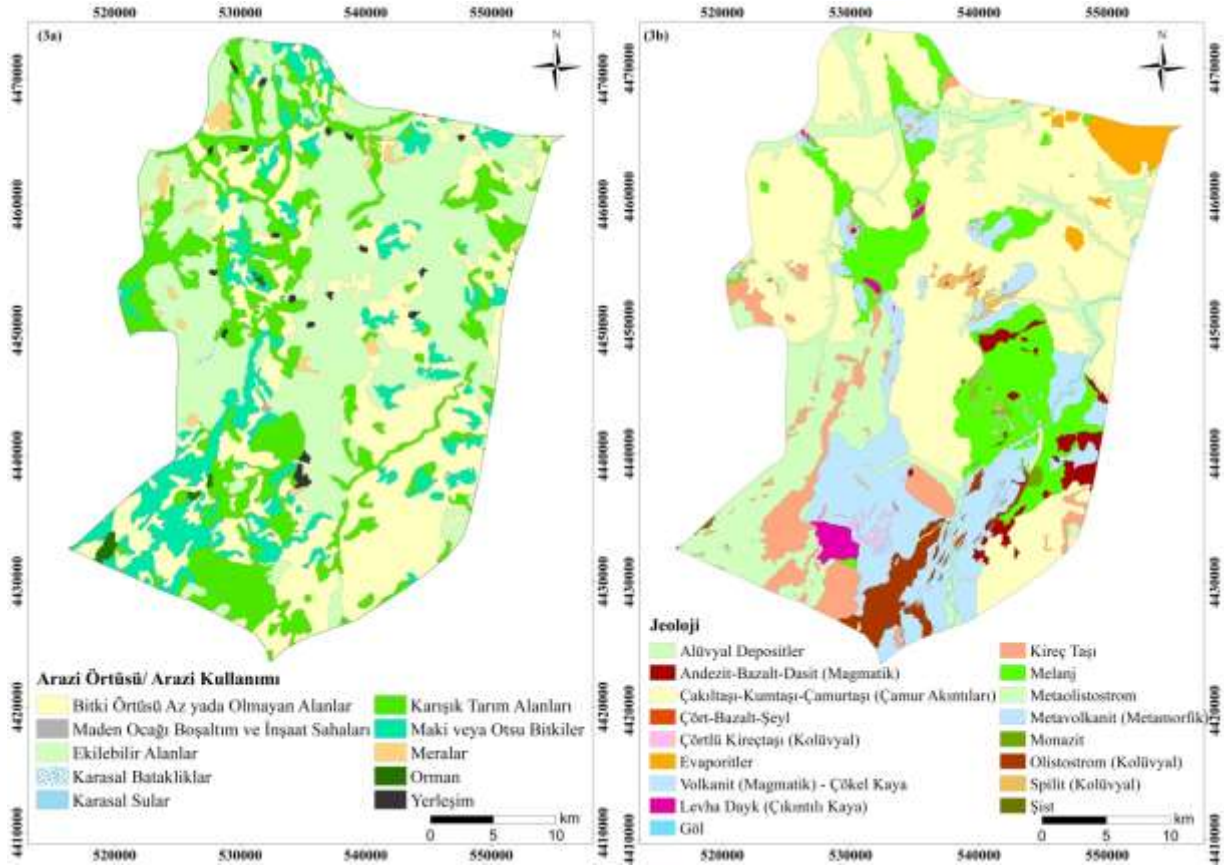


Şekil 2. Kırıkkale'nin su bilançosu diyagramı [Thornthwaite \(1948\)](#)' e göre (1960-2015)

Avrupa Çevre Ajansı tarafından belirlenen, arazi örtüsü/ arazi kullanım (CORINE, 2018) sınıflamasına göre çalışma alanının arazi kullanım ve arazi örtüsü dağılım durumu Tablo 1 ve Şekil 3(a)'da verilmiştir. Çalışma alanında en az dağılım alanını karasal sular, karasal bataklık, maden ocakları ve orman alanları oluştururken, en geniş dağılım ise toplam alanın % 35.2'lik kısmında ise ekilebilir alanlar dağılım göstermektedir. Araştırma alanının 1:25.000 ölçekli sayısal jeoloji haritası Şekil 3(b)'de ve jeolojik materyallerin alan içerisindeki dağılım alanları Tablo 2'de sunulmuştur. Araştırma alanının % 41.9 ile en fazla çakıl taşı+ kum taşı ve çamur taşından oluşan yapı ve alanın kuzey doğusunda evaporit gözlenirken, güneyinde ise en yaygın olarak volkanitler bulunmaktadır.

Tablo 1. Corine arazi örtüsü ve arazi kullanım sınıflamasına göre alansal ve oransal dağılımı

Arazi kullanım ve arazi örtü sınıfları	Alan (ha)	%
Bitki örtüsü az ya da olmayan alanlar	35405.45	30.50
Ekilebilir alanlar	40815.50	35.20
Karasal bataklıklar	50.45	0.10
Maden ocağı boşaltım ve inşaat sahaları	42.18	0.01
Orman	408.43	0.40
Karasal sular	35.60	0.01
Karışık tarımsal alanlar	23745.35	20.5
Maki veya otsu bitkiler	13469.64	11.48
Meralar	1350.40	1.20
Yerleşim	702.30	0.60
Toplam	116025.30	100.0

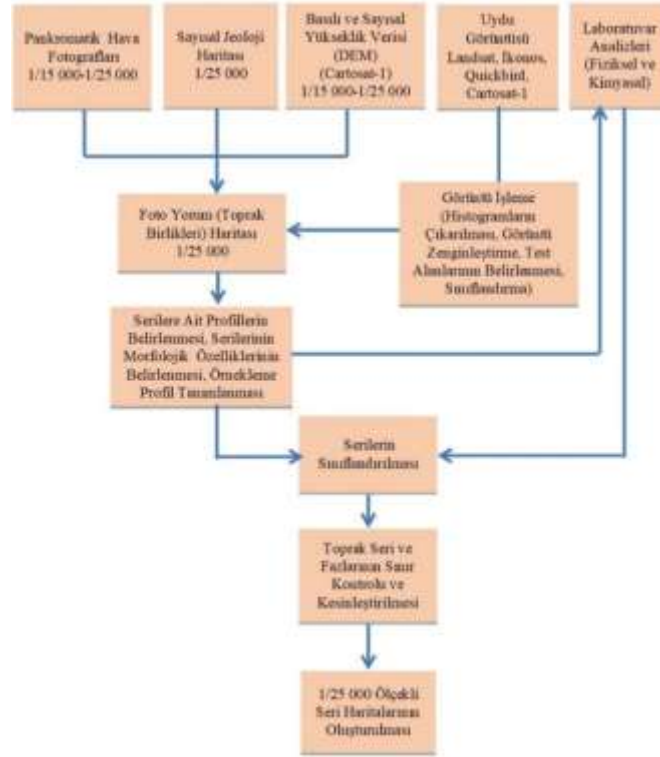


Şekil 3. Araştırma alanı arazi örtüsü/ arazi kullanım haritası (a) ve jeoloji haritası (b)

Yöntem

Ülkesel bir toprak veri tabanı oluşturulması hazırlıkları çerçevesinde, Ankara-Kalecik ilçesini kapsayan yaklaşık 116.025 hektar yüzölçümlü bir alanda uygulanan bu çalışmadaki temel aşamalar Şekil 4'te sunulmuştur. Toprak etüd ve haritalama çalışmaları; arazi, laboratuvar ve büro çalışması olmak üzere 3 farklı aşamadan oluşmaktadır. Detaylı temel toprak etüd ve haritalama metodolojisi Soil Survey Manuel (Soil Survey Staff, 1993) ve sınıflandırma çalışmalarında Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 1999) esas alınmıştır. Büro çalışması aşamasında, farklı ana materyal üzerinde yayılım gösteren farklı toprakların

belirlenmesi amacıyla hava fotoğrafları ve uydu görüntüleri, sayısal jeoloji, eğim ve yükselti verileri (DEM) ile birlikte yorumlanarak jeomorfolojik üniteler ve olası profil çukur yerleri belirlenmiştir. Arazi çalışmaları aşamasında belirlenen profil çukur yerlerinin arazide kontrolleri yapılmış olup toplam 16 adet profil çukuru açılmış ve horizon esasına göre örneklenmiştir. Ayrıca, toprak haritalama lejantı için gerekli ön bilgiler toplanmıştır. Arazi çalışmaları sırasında yüzey ve yüzeyaltı horizonlara ait 56 toprak örneği, 72 toprak horizonundan örnekleme yapılmıştır.



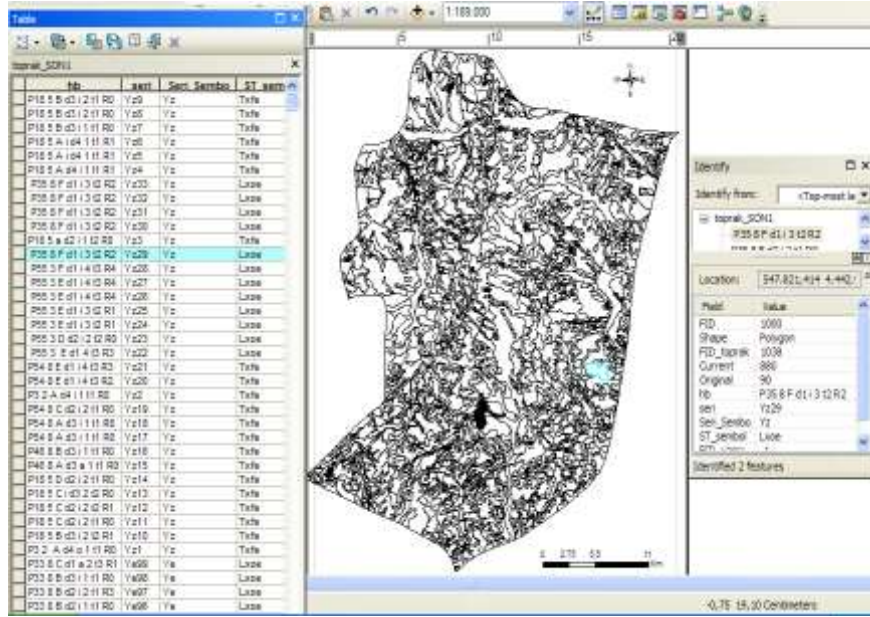
Şekil 4. Çalışma akış şeması

Toprak örneklerinde; bünye [Bouyoucous \(1962\)](#), tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su [Richards \(1954\)](#), hacim ağırlığı [Blake ve Hartge \(1986\)](#), değişebilir katyonlar [Rhoades \(1982\)](#), kireç [Çağlar \(1958\)](#), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik, tuz içeriği, organik madde [Jackson \(1958\)](#), tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde analizleri yapılmıştır.

Daha sonra araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemeye yönelik laboratuvar analizlerinin sonuçları kontrol edilerek, profil örnekleme sırasında örneklenen tanımlama horizonları kesinleştirilmiş, profillere ait yüzey ve yüzey altı tanımlama horizonları belirlenmiş ve araştırma alanı toprakları yukarıda açıklanan toprak nem ve sıcaklık rejimleri dikkate alınarak toprak taksonomisi ([Soil Survey Staff, 1999](#))'ne göre sınıflandırılmıştır. Toprak sınırlarını kesinleştirmek ve haritalama ünitelerini oluşturmak için arazide burğu atılarak bünye, renk, kireç, toprak derinliği, horizonlar gibi profil özellikleri burğu yöntemiyle kontrol edilerek seriler arasındaki farklılıklar tespit edilmiş ve detaylı temel toprak haritası oluşturulmuştur. Çalışmanın bu aşamasında, laboratuvar ve arazi etüd çalışmaları sonuçları değerlendirilerek, CBS ortamında toprak veri tabanı hazırlanmış ve detaylı temel toprak etüd haritası ve raporu hazırlanmıştır.

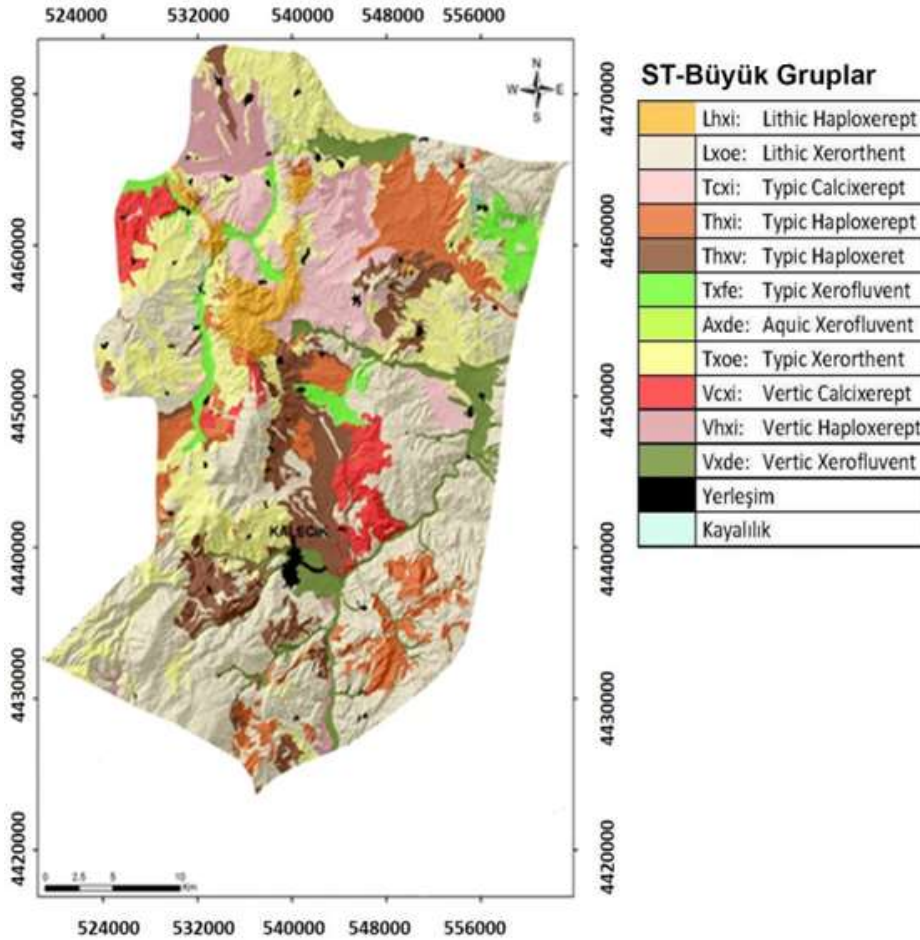
Bulgular ve Tartışma

Yaklaşık olarak 116.025 ha olan çalışma alanı mevcut bitki deseni ve arazi kullanımı ile Sayısal Arazi Modeli (SAM) kullanılarak alanda yayılım gösteren farklı fizyografik üniteler, eğim, rölyef, bakı ve arazi şekilleri çıkartılmıştır. Arazi şekli ve arazi örtüsü, jeolojik verileri ile birleştirilerek farklı ana materyal ve farklı fizyografya üzerinde oluşmuş toprakların belirlenmesine yönelik 16 adet profil açılmıştır. Açılan bu profillerin arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen verilere göre toprak sınıflama sisteminin en alt kategorik seviyesi olan Seri seviyesinde 16 adet tanımlanmış, 1518 adet haritalama birimi ise bu serilere ait üst toprak tekstürü, eğim, derinlik, drenaj, erozyon, taşlılık ve kayalılıktan oluşan faz grupları oluşturularak alana ait toprak veri tabanı oluşturulmuştur (Şekil 5).



Şekil 5. Çalışma alanına ait toprak veri tabanı

Çalışma alanı toprakları arazide yapılan morfolojik çalışmaların yanı sıra laboratuvar analiz sonuçları dikkate alınarak 7. Yaklaşım veya Toprak Taksonomisi (Soil Taxonomy, 1999)'ne göre 3 ordo, 4 alt ordo, 5 büyük grup ve 11 alt grup; FAO/WRB Sistemi (FAO/WRB, 2006)'ne göre ise 12 toprak grubu içerisine yerleştirilmiştir (Tablo 3 ve Şekil 6). Ayrıca her iki sınıflamaya ait her bir sınıfın alansal ve oransal dağılımları Tablo 4'te verilmiştir.



Şekil 6. Toprak Sınıflaması (Anonymous, 1999)'na göre büyük toprak grubu haritası

Tablo 4. Toprak sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

Toprak Taksonomisi	Alan, (ha)	Oran, (%)
Typic Xerofluent	4451.9	3.8
Vertic Xerofluent	5877.3	5.1
Aquic Xerofluent	72.2	0.1
Typic Xerorthent	22405.1	19.3
Lithic Xerorthent	41606.5	35.9
ENTISOL	74413.0	64.2
Vertic Haploxerept	4361.4	3.8
Lithic Haploxerept	3444.7	3.0
Typic Haploxerept	10816.1	9.3
Typic Calcixerept	7997	6.9
Vertic Calcixerept	4310.9	3.7
INCEPTISOL	30930.1	26.7
Typic Haploxeret	10519.3	9.0
VERTISOL	10519.3	9.0
Çıplak Kayalık	146.4	0.1
Toplam	116025.3	100.0

Araştırma alanında yer alan toprakların nem rejimleri Xeric ve sıcaklık rejimleri ise Mesic'tir. Havzanın büyük bir kısmında (% 64.2 ve yaklaşık 74413.0 hektar) yüzey altı tanı horizonuna sahip olmayan ve genç topraklar olarak nitelendirilen Entisol topraklar dağılım gösterirken, Entisol topraklara göre biraz daha olgunlaşma ve pedolojik süreç içerisinde yer alan ve havzanın % 26.7'lik kısmında yayılım gösteren Inceptisol ordolarına ait topraklar bulunmaktadır. Ayrıca alanın % 9.0'luk (10519.3 hektar) kısmında % 40'dan fazla şişebilen killerce zengin Vertisol ordosunda yer almaktadır (Tablo 4).

Toprak oluşum süreci etkisinde uzun süre kalmamış veya çeşitli nedenlerden dolayı bu sürecin ilerlemesine engel olan veya kesintiye uğratan olaylar neticesinde profil gelişimi yavaş olan Entisol topraklar çalışma alanı içerisinde Fluvent ve Orthent alt ordolarına ayrılmıştır.

Açılan 16, 1 ve 10 nolu toprak profilleri ile temsil edilen Yüzbeyli, Akkuzulu ve Karatepe serileri çalışma alanı içerisinde yer alan akarsuların getirdiği genellikle kumlu ve çakıllı genç alüviyal birikintileri üzerinde oluşmalardır. Profil içerisinde % 2'den fazla organik madde içermeleri, bölgenin Xeric toprak nem rejiminde olmasından dolayı xerofluent büyük grubuna ve yüzeyde çatlaklık özellikleri taşıması nedeniyle Akkuzulu serisi Vertic Xerofluent alt grubuna yerleştirilmiştir (Tablo 4). Karatepe serisi yılın büyük bir bölümü taban suyu etkisinde olması sonucu aquic özelliği nedeniyle Aquent alt ordosuna, diğer topraklar ise büyük grubunun büyük gruplarının tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic Xerofluent olarak sınıflandırılmıştır. Ayrıca FAO/WRB sistemine göre ise Vertic Fulivisol, Gleyic Fulivisol ve Haplic Fulivisol olarak sınıflandırılmıştır (Tablo 3). Bu topraklar çalışma alanı içerisinde yaklaşık olarak 10401.4 hektar alanda dağılım göstermektedir.

Kalecik ilçesinin çoğunlukla kuzey kesimlerinde dağılım gösteren Yüzbeyli seri toprakları çalışma alanı içerisinde 4451.9 ha alan ile toplam alanın % 3.8'lik kısmını kaplamaktadır (Tablo 5). Bu topraklar akarsuların getirdiği çakıllı alüviyal depozitler üzerinde yer almakta olup, düz ve düze yakın eğimli ve genellikle derin topraklardır. Kuru tarım olarak kullanılan topraklarda tuzluluk ve erozyon problemi bulunmamaktadır. Bu seriye ait yüzey toprakları kumlu kil tın ile kumlu tın arasında değişim gösterirken derinlere doğru kum miktarındaki artışa bağlı olarak genellikle kumlu tın ve kum bünyeli olmaktadır. Bu durum özellikle su tutma kapasitelerini az olması yönünde etkilemekte ve geçirgenlikleri fazla olmaktadır. Topraklar profil boyunca hafif alkalın reaksiyonlu olup, yüzeyde 7.75, derinlerde ise 7.56 olarak bulunmuştur. Toprakların organik madde içerikleri yüzeyde az miktarda olup, % 0.63 olup, derinlere doğru daha da azalarak % 0.27'lere inmektedir. Yüzey toprakları % 13.36 kireçli olup, profil boyunca kireç % 11.89 ile % 14.90 arasında değişmektedir. Derinlerde ise bu oran yıkanma ve birikmeye bağlı olarak çok değişkenlik göstermektedir (Tablo 6).

Akkuzulu seri toprakları özellikle çalışma alanı kuzey doğu ve güney doğu kesimlerinde yer alan ve Yüzbeyli toprak serisinde olduğu gibi akarsuların getirmiş olduğu sediment depozitler üzerinde oluşmuş, düz düze yakın eğimli, derin topraktır. Toprakların kapladığı alan 5877.3 ha olup, toplam alanın % 5.1'ni oluşturmaktadır (Tablo 5, Şekil 7). Bu topraklar Yüzbeyli serilerinden özellikle yüzey topraklarının kil oranlarındaki fazlalık ve yüzeylerde meydana gelen çatlak özelliklerden dolayı gösterdikleri vertikalikten dolayı farklı alt grup olan Vertic Xerofluent olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların bünyesi yüzey

topraklarında orta bünyeli olup bünye killi tındır. Kil yüzey ve yüzey altında % 37 ile % 22.0 arasında değişmektedir. Derinlere doğru (yaklaşık 40 cm den sonra) kil oranları azalarak bünye tın ve kumlu tına dönüşmektedir. Topraklar yüzeyde ve derinde hafif alkalın reaksiyonlu olup yüzeyde 7.98, yüzey altında ise 7.94 olarak bulunmuştur. Toprakların organik madde içerikleri yüzeyde % 1.42 olarak belirlenmiş olup, derinlere doğru bu oran daha da azalarak % 0.93 olmaktadır. Yüzey toprakları % 13.21 ile kireçli olup derinlere inildikçe kireç miktarı artış göstermiştir (Tablo 6). Toprakların doğal drenajları iyi olup, tuzluluk ve alkalilik sorunları bulunmamaktadır.

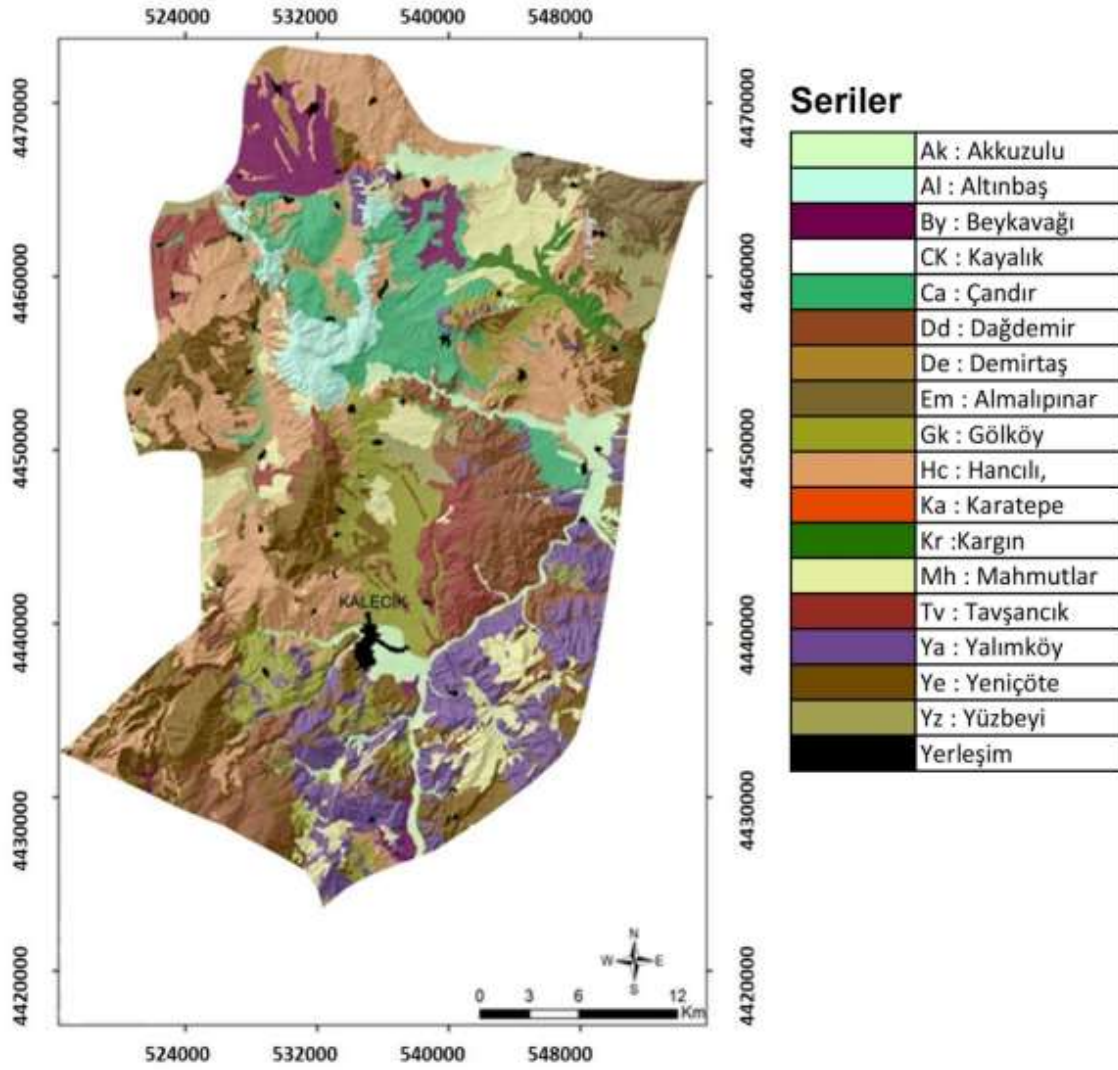
Tablo 6. Yüzbeyi, Akkuzulu, Karatepe toprak serilerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Değişebilir katyonlar (meq 100g ⁻¹)				O.M. (%)	H.A. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Y.S. (%)	Tane dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺						Kil	Silt	Kum	
Yüzbeyi Serisi																	
Ap	0-18	7.75	0.09	13.36	0.29	0.65	30.69	6.96	0.63	1.35	26.11	13.32	12.79	25.3	20.7	54.0	SCL
A2	18-48	7.60	0.14	11.89	0.09	0.72	33.07	9.94	0.52	1.35	29.92	14.38	15.54	23.3	20.4	56.3	SCL
C1	48-58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IIC2	58-88	7.58	0.11	14.90	0.85	0.32	32.71	8.30	0.30	1.56	14.59	8.99	5.60	16.9	15.5	67.6	SL
IIIC3	88-113	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IVC4	113+	7.56	0.12	12.11	1.62	0.23	33.79	7.03	0.27	1.55	28.43	12.50	15.93	16.6	19.1	64.3	SL
Akkuzulu Serisi																	
Ap	0-15	7.98	0.05	13.21	0.97	1.09	21.78	5.22	1.42	1.26	35.91	18.77	17.14	37.0	33.7	29.2	CL
A2	15-41	7.94	0.06	17.17	0.99	0.44	16.59	7.24	0.93	1.35	31.73	16.25	15.48	22.2	41.6	36.2	L
C1	41-59	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C2	59-70	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C3	70-91	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C4	91-111	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C5	111-126	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C6	126+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Karatepe Serisi																	
Ap	0-16	7.63	0.07	7.38	2.25	0.64	11.92	7.42	1.05	1.47	19.84	10.05	9.79	19.0	23.0	58.4	SL
AC	16-41	7.70	0.05	7.47	1.90	0.52	11.00	7.51	0.58	1.50	15.86	8.01	7.85	16.0	15.0	69.8	SL
IC1	41-62	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
IIC2	62+	7.73	0.03	9.61	1.35	0.39	13.58	15.17	0.50	1.26	36.86	19.00	17.86	37.0	30.0	33.6	CL

T.K.: Tarla Kapasitesi, S.N.: Solma Noktası, O.M.: Organik Madde, H.A.: Hacim Ağırlığı, Y.S.: Yarayırlı Su, SCL: Kumlu Killi Tın, SL: Kumlu Tın, CL: Killi Tın, L:Tın

Akkuzulu seri toprakları özellikle çalışma alanı kuzey doğu ve güney doğu kesimlerinde yer alan ve Yüzbeyli toprak serisinde olduğu gibi akarsuların getirmiş olduğu sediment depozitler üzerinde oluşmuş, düz düze yakın eğimli, derin topraktır. Toprakların kapladığı alan 5877.3 ha olup, toplam alanın % 5.1'ni oluşturmaktadır (Tablo 5, Şekil 7). Bu topraklar Yüzbeyli serilerinden özellikle yüzey topraklarının kil oranlarındaki fazlalık ve yüzeylerde meydana gelen çatlak özelliklerden dolayı gösterdikleri vertiklikten dolayı farklı alt grup olan Vertic Xerofluvent olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların bünyesi yüzey topraklarında orta bünyeli olup bünye killi tındır. Kil yüzey ve yüzey altında % 37 ile % 22.0 arasında değişmektedir. Derinlere doğru (yaklaşık 40 cm den sonra) kil oranları azalarak bünye tın ve kumlu tına dönüşmektedir. Topraklar yüzeyde ve derinde hafif alkalın reaksiyonlu olup yüzeyde 7.98, yüzey altında ise 7.94 olarak bulunmuştur. Toprakların organik madde içerikleri yüzeyde % 1.42 olarak belirlenmiş olup, derinlere doğru bu oran daha da azalarak % 0.93 olmaktadır. Yüzey toprakları % 13.21 ile kireçli olup derinlere inildikçe kireç miktarı artış göstermiştir (Tablo 6). Toprakların doğal drenajları iyi olup, tuzluluk ve alkalilik sorunları bulunmamaktadır.

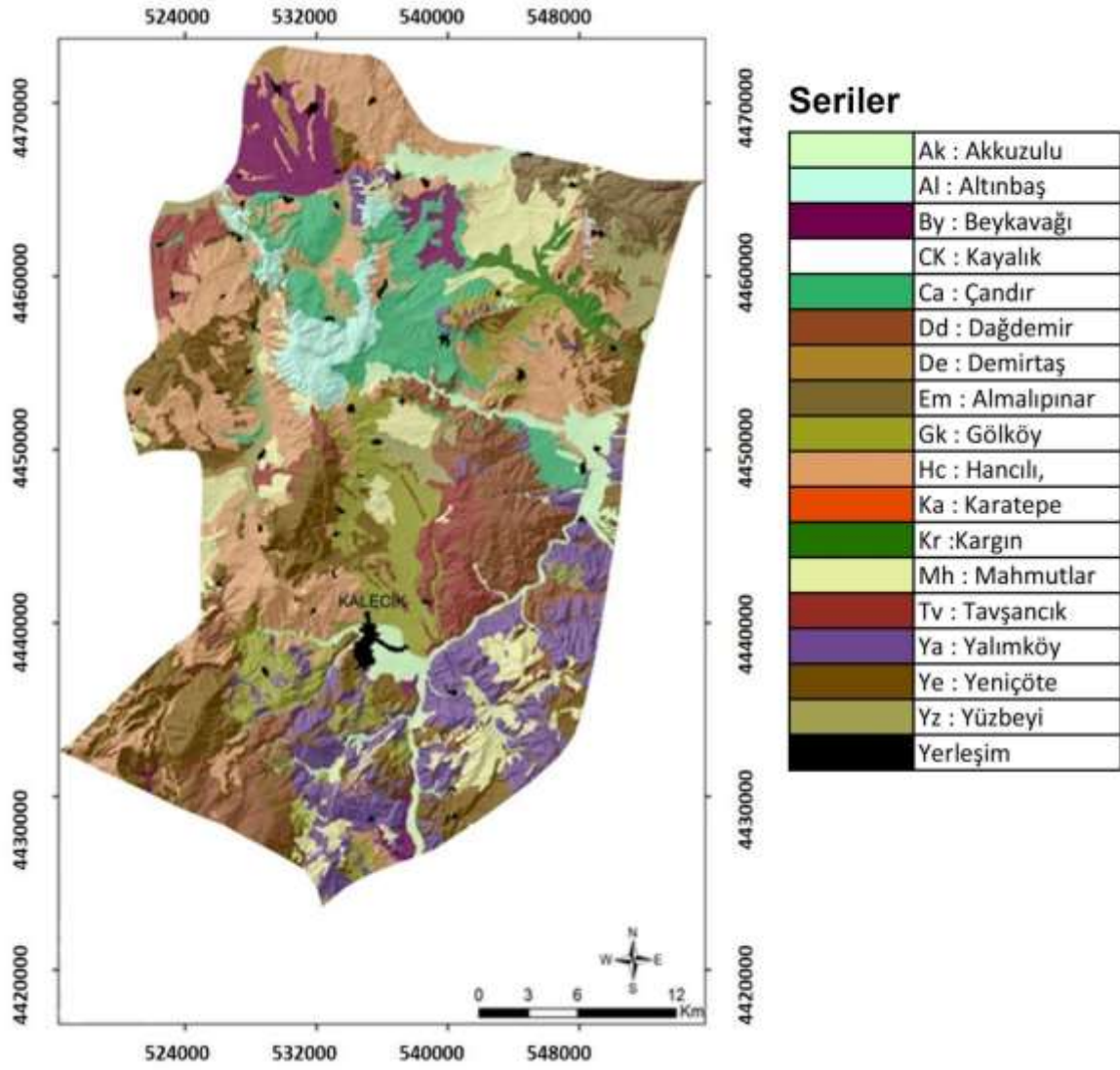
Karatepe serisi, çalışma alanının kuzeyinde yer alan ve alan içerisinde 72.2 ha alan ile en az dağılım gösteren seridir (Şekil 7). Bu seride Yüzbeyli ve Akkuzulu toprak serilerinde olduğu gibi akarsuların getirmiş olduğu sediment depozitler üzerinde oluşmuş, düz düze yakın eğimli, derin topraktır. Fakat, yılın büyük bir bölümünde taban suyu ile doygun olması ve profil içerisinde yer alan gleyleşme olayları diğer topraklardan farklı olmasına neden olmaktadır. Topraklar yüzeyde kumlu tın iken derinlerde kil miktarı artarak killi tın olmaktadır. Yüzey horizonundaki kil miktarı % 19 olup, derin horizonlarda bu oran % 37 'ye kadar çıkmaktadır (Tablo 6). Topraklar hafif alkalın olup, tuzluluk ve alkalilik problemi yoktur. Toprakların üretimde olumsuz yönde etkili olan durumu yüksek taban suyunun olmasıdır. Bu durumun giderilmesi amacıyla bu saha içerisinde drenaj sistemine ihtiyaç duyulmaktadır.



Şekil 7. Çalışma alanı içerisinde yer alan toprak serileri

Çalışma alanı içerisinde yer alan diğer Entisol topraklar ise Orthenlerdir. Elmalıpınar, Yeniçöte, Yalımköy ve Dağdemir toprak serileri özellikle yerçekimi kuvvetinin etkisinin yanı sıra yüksek eğime (% 30 dan fazla) sahip olmaları ve yeterince yer yer bitki örtüsünce kaplı olmayan yerlerinde toprak erozyonuna maruz kalmaları nedeniyle yeterince pedogenetik sürece sahip olamayan sığ derinliğe sahip topraklardır. Bu toprakların yüzeyde genellikle bir ochric epipedon ve yüzey altında 50 cm derinlik içerisinde bir lithic kontak dışında her hangi bir tanı horizonu bulunmamaktadır. Topraklar yamaç arazi özellikleri üzerinde yer almaları nedeniyle orthent alt ordosuna nem rejiminden dolayı Xerorthent ve lithiclik özelliklerinden dolayı Lithic Ustorthent alt ordosunda sınıflandırılmışlardır. Hancılı seri ile temsil edilen topraklar 50 cm derinlik içerisinde lithic kontak olmaması ve büyük grubun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic Ustorthent sınıfında değerlendirilmişlerdir. Bu sınıf topraklar alanda yaklaşık olarak 22405.1 ha'lık kısmı kaplamaktadırlar. FAO/WRB sistemde ise Calcaric Regosol, diğerleri ise Haplic Regosol olarak sınıflandırılmıştır.

Çalışma alanının kuzeydoğusunda dağılım gösteren Elmalıpınar seri toprakları, yamaç araziler üzerinde yer alan bitki örtüsünce çok zayıf, sığ derinliğe sahip topraklardır (Şekil 7). Bu seri toprakları çalışma alanı içerisinde % 2.7 ile 3103.1 ha alanda dağılım göstermektedir. Yayılım gösterdikleri alan içerisinde topraklar çoğunlukla dik ve çok dik araziler üzerinde çok zayıf bitki örtüsünce kaplı olmaları nedeniyle şiddetli erozyona uğramaları sonucu yer yer toprak derinlikleri çok sığlaşmakta hatta ana materyal yer yer yüzeye çıkmış durumda bulunmaktadır. Topraklar profil içerisinde hafif alkalın reaksiyonlu olup 7.81 ile 7.84 arasında değişmektedir. Toprak bünyesi profil yüzeyinde ve içerisinde değişmeyen killi tındır (Tablo 7).



Şekil 7. Çalışma alanı içerisinde yer alan toprak serileri

Tablo 7. Elmalıpınar, Yeniçöte, Yalımköy, Hancılı toprak serilerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Değişebilir katyonlar (meq 100g ⁻¹)				O.M. (%)	H.A. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Y.S. (%)	Tane dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺						Kil	Silt	Kum	
Elmalıpınar Serisi																	
A1	0-24	7.81	0.06	27.37	1.06	1.51	27.46	5.11	1.87	1.26	37.54	18.15	19.39	38.8	34.1	27.1	CL
A2	24-48	7.84	0.11	32.15	0.82	0.60	29.95	2.55	1.13	1.27	37.16	18.02	19.14	38.2	33.5	28.3	CL
C	48+	7.81	0.02	3.08	0.25	0.15	27.08	5.63	0.30	1.34	30.46	16.14	14.32	-	-	-	
Yeniçöte Serisi																	
A	0-16	7.83	0.01	2.14	0.46	0.32	19.52	0.68	1.34	1.48	17.25	7.87	9.38	14.0	21.0	64.9	SL
C	16-30	8.01	0.01	2.04	0.38	0.19	16.88	3.03	0.84	1.39	28.84	14.65	14.19	31.0	22.0	47.4	SCL
R	30+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Yalımköy Serisi																	
Ap	0-22	7.88	0.02	11.74	0.16	0.51	17.02	4.23	0.91	1.37	26.83	13.57	13.26	24.0	18.0	57.4	SCL
Ac	22-47	7.97	0.01	24.22	0.18	0.26	20.24	4.41	0.88	1.26	36.85	19.18	17.67	39.0	18.0	43.8	CL
Cr	47+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Hancılı Serisi																	
Ap	0-13	8.03	0.01	32.12	0.51	0.65	18.57	6.14	1.00	1.30	31.85	16.25	15.60	33.0	26.0	41.3	CL
Ad	13-25	7.90	0.01	36.59	0.62	0.46	18.64	3.36	0.47	1.30	29.12	15.03	14.10	29.0	28.0	43.0	CL
Ck	25-83	7.92	0.01	28.82	0.65	0.26	12.36	8.04	0.26	1.40	31.03	15.82	15.20	26.0	29.0	45.1	L
C2	83+	7.80	0.02	57.84	0.60	0.52	20.41	5.56	0.54	1.29	38.28	20.74	17.50	39.0	25.0	36.1	CL
Ap	0-13	8.03	0.01	32.12	0.51	0.65	18.57	6.14	1.00	1.30							

T.K.: Tarla Kapasitesi, S.N.: Solma Noktası, O.M.: Organik Madde, H.A.: Hacim Ağırlığı, Y.S.: Yarayışlı Su, SCL: Kumlu Killi Tın, SL: Kumlu Tın CL: Killi tın, L: Tın

Elmalıpınar serisinde olduğu gibi genellikle eğimi fazla, yamaç araziler üzerinde dağılım gösteren Yeniçöte serisi toprakları, sıg ve çok sıg derinliğe sahip, lithik kontak içermelerine karşın bu topraklar kumtaşı, çamur taşı ve çakıl taşı karışımı ana materyal üzerinde oluşmuşlardır. Bu seri toprakları çalışma alanı içerisinde Hancılı toprak serisinde sonra 16597.2 ha ile en geniş alanı kaplamaktadır. Topraklarda profil gelişimleri çok zayıf olmaları nedeniyle sadece yüzey (A horizon) katlara sahip olup derinlikleri 48 ve 49 nolu profiller haricinde (0-29 cm) tümü çok sıg derinlik olan 20 cm'nin altındadır (Tablo 7). Bu da toprakların özellikle su tutma kapasitelerinin düşmesine ve fazla suyun yüzey akışıyla ortamdaki uzaklaşması esnasında ince materyallerin (kil, organik madde vb.) taşınmasına neden olmaktadır. Yamaç eğimli alanlarda bünye genellikle kum oranı yüksek olan kumlu tın, tınlı bünye özellikleri gösterirken, eğimin orta düzeyde olan alanlardaki topraklarda bünyede killi tın veya kumlu killi tın olmasına etkili olabilmektedir. Eğimin bu durumu organik madde üzerine etkili olduğu görülmektedir. Bu seri topraklarında organik madde % 1.34 ile % 0.84 arasında değişim göstermiştir. Bu topraklar genç olmaları nedeniyle halen ana materyallerinin etkisi altındadırlar. Toprakların tuzluluk ve alkalilik sorunu olmamasına karşın toprak derinliği, erozyon, taşlılık ve yer yer kayalılık problemleri bulunmaktadır.

Yalınköy toprak serisi de Elmalıpınar ve Yeniçöte serileri gibi yamaç araziler üzerinde oluşmuş genç topraklardır. Bu toprakların ana materyalleri ise bazalt, andezit ve volkanitlerdir. Toplam çalışma alanı içerisinde genellikle güney doğu kesimlerde yayılım göstermekte olup, bu topraklar çalışma alanı içerisinde üçüncü büyük toprak serisini oluşturmaktadır (Tablo 5). Yüzey topraklarının derinlikleri 22 cm olup, bu derinliğin altında lithik kontak içermektedirler. Yüzey toprak ve yüzey altı topraklarının bünyeleri kumlu kil tın ile kumlu tın arasında değişmektedir. Toprakların büyük bir çoğunluğu organik maddece oldukça fakir olup % 1 düzeyin altındadır. Kireç miktarı topraklarda oldukça değişkenlik göstermekte ve % 11.74 ile % 24.22 arasında değişmektedir (Tablo 7). Bu toprakların da en önemli sorunları, dik eğimli, şiddetli erozyon, sıg toprak, düşük su tutma kapasitesi, taşlılık ve kayalılıktır.

Karışık çökeller üzerinde oluşmuş olan Dağdemir serisi, çalışma alanının orta doğu ve güney kesimlerinde 10404.9 ha alanda dağılım göstermektedir (Şekil 7). Bu topraklar da Elmalıpınar, Yeniçöte ve Yalınköy serileri gibi yamaç araziler üzerinde yer alan genç topraklardır. Topraklar yüzey ochic tanı horizonları dışında her hangi bir tanı horizonuna sahip değildirler. Yüzey toprakları 30 cm kalınlığın altında olup, bazı yerlerde 10 cm kalınlığına kadar azalabilmektedir. Toprak derinliğinin azaldığı bu alanlarda kil miktarı ve organik madde miktarı oldukça azalmakta ve kil % 36.6 dolaylarında ve organik madde miktarı ise % 0.59 dolaylarında. Toprakların diğer alanlarında ise kil miktarı % 20-40 arasında değişmekte ve bünye kil tın ile kumlu kil tın arasında değişim göstermektedir. Topraklar hafif alkaline reaksiyonlu olup 7.50 ile 7.79 arasında değişmektedir (Tablo 8). Kireç bu topraklarda çok fazla değişkenlik göstermeyip % 8.81 ile % 10.35 arasında değişmektedir. Bu toprakların da en önemli sorunları, dik eğimli, şiddetli erozyon, sıg toprak, düşük su tutma kapasitesi, taşlılık ve kayalılıktır.

Tablo 8. Dağdemir, Beykavağı, Altıntaş, Mahmutlar toprak serilerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Değişebilir katyonlar (meq 100g ⁻¹)				O.M. (%)	H.A. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Y.S. (%)	Tane dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺						Kil	Silt	Kum	
Dağdemir Serisi																	
A	0-24	7.50	0.02	8.81	0.21	0.74	26.40	3.62	0.80	1.25	38.16	20.05	18.11	39.4	20.1	40.5	CL
AC	24-48	7.79	0.02	10.35	0.22	0.67	25.29	4.72	0.59	1.38	36.21	18.51	17.70	36.6	16.1	47.3	SC
R	48+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Beykavağı Serisi																	
Ap	0-9	7.64	0.03	6.83	1.30	0.93	23.41	10.37	0.70	1.09	42.40	22.20	20.20	53.0	21.0	26.1	C
Ad	9-33	7.31	0.02	5.87	0.93	1.35	24.27	11.38	0.90	1.27	34.70	18.00	16.70	30.0	26.0	44.1	CL
Bw1	33-63	7.44	0.03	8.73	0.87	0.67	22.76	11.65	0.40	1.16	44.30	23.90	20.40	59.0	19.0	22.7	C
Bw2	63-126	7.58	0.03	17.76	1.03	0.54	13.22	18.30	0.30	1.17	44.10	23.60	20.60	57.0	20.0	22.7	C
BC	126+	7.75	0.04	10.13	1.39	0.53	10.68	20.46	0.24	1.23	40.60	18.30	22.30	47.0	33.0	20.0	C
Altıntaş Serisi																	
A	0-26	7.83	0.02	13.20	0.75	0.76	44.17	10.07	1.19	1.30	35.24	18.12	17.12	36.0	20.0	44.3	CL
Bw	26-50	8.04	0.03	9.32	4.03	0.41	29.61	22.68	0.49	1.19	42.86	23.94	18.92	49.0	20.0	31.1	C
Cr	50+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mahmutlar Serisi																	
Ap	0-15	7.60	0.02	9.39	0.42	0.81	25.10	7.17	1.25	1.23	40.84	21.43	19.41	41.8	25.8	32.4	C
Bw	15-40	7.45	0.01	17.10	0.42	0.60	21.59	8.49	0.53	1.23	41.70	22.36	19.34	43.9	22.6	33.5	C
Bk	40-113	7.50	0.01	35.40	0.43	0.62	22.59	8.50	0.45	1.24	-	-	-	53.9	22.6	23.5	C
C	113+	-	0.03	23.34	1.51	0.46	9.29	15.93	0.24	1.18	42.83	22.80	20.03	50.3	22.9	26.8	C

T.K.: Tarla Kapasitesi, S.N.: Solma Noktası, O.M.: Organik Madde, H.A.: Hacim Ağırlığı, Y.S.: Yarıyışlı Su, SC: Kumlu Kil, C: Kil, CL: Killi Tın

Açılan 3, 12, 11, 2 nolu profiller ile temsil edilen Beykavağı, Altıntaş, Mahmutlar, ve Kargın serileri içerdikleri tanı horizonu ile (Cambic), Entisollerden daha ileri bir toprak oluşumu göstermeleri nedeniyle Inceptisol ordosuna ve toprak nem rejiminin Xeric olması sonucu seriler Xerept alt ordosuna ve Haploxerept büyük grup içerisine yerleştirilmişlerdir. Altıntaş serisi 50 cm derinlik içerisinde lithic bir kontak içermesi nedeniyle Lithic Haploxerept olarak sınıflandırılmıştır. Beykavağı serisi vertikal özellikler içermeleri nedeniyle Vertic Haploxerept, diğerleri ise büyük grubun tüm özelliklerini taşımalarından dolayı Typic Haploxerept alt grubuna yerleştirilmişlerdir. FAO/WRB sistemde ise alüviyal ana materyal üzerinde yer almaları ve fluventik özellik içermeleri nedeniyle Fluventic Cambisoller, 25 nolu topraklar Vertic Cambisol, 2 nolu profil Eutric Cambisol ve diğerleri is Haplic Cambisol olarak sınıflandırılmıştır.

Çoğunlukla çalışma alanının kuzeyinde yayılım gösteren Beykavağı serisi Entisol toprak serilerine göre profil gelişimi daha ileri düzeyde olup, alüviyal depozitler üzerinde oluşmuşlardır (Şekil 7). Topraklar genellikle düz düze yakın eğimli ve derindirler. Çalışma alanının % 3.8 ve 4361.4 ha lık kısmında dağılım göstermektedir. Genellikle tarımsal faaliyetlerin en yoğun yapıldığı alanlardır. Toprakların yüzey kattaki bünyeleri genellikle kil tın ve kil iken derinlere doğru özellikle Bw horizonlarda kil miktarı % 57'lere ulaşabilmektedir. Fakat ana materyalde bu oranda ani düşüşler olup bünye kumlu tın ve tın olmaktadır. Topraklar gerek yüzeyde gerekse de profil içerisinde hafif alkalın reaksiyonludur (Tablo 8). Kireç içeriği profil boyunca özellikle kalsifikasyon sonucu yaklaşık % 5 ile % 17.76 arasında değişmektedir. Yüzey topraklarının organik madde içerikleri % 0.70 olup derinlik artışına bağlı olarak bu oran % 0.24'lere kadar azalmaktadır. Toprakların tuzluluk, alkalilik, taşlılık ve kayalılık sorunu bulunmamaktadır. Yalnızca profil içerisinde yoğun kil içeren Profil 2' de olduğu gibi geçirgenlik biraz düşüktür. Ayrıca bu topraklarda yoğun tarımsal faaliyetler yapılması nedeniyle sürüm katın altında taban taşı oluşumları söz konusu olup bu katmanın zamanla kırılması gerekmektedir.

Karışık çökeller üzerinde oluşan Altıntaş serisi topraklar eğimli arazilerde yer almasına karşın profil içerisinde bir cambic oluşumuna sahip fakat 50 cm derinlikte ana kaya yer alması nedeniyle sığ topraklardır. Çalışma alanının orta ve kuzey batısında dağılım gösteren bu seri toprakları toplam alan içerisinde 3444.7 ha'dır. Toprakların bünyesi kil tın olup drenajları ve geçirgenlikleri iyidir (Tablo 8). Araştırma alanı içerisinde yer yer taşlılık ve kayalılık durumları sözkonusudur. Topraklar yüzeyde ve derinde hafif alkalın reaksiyonlu olup yüzeyde 7.83, derinlerde ise 8.04 arasında değişmektedir. Toprakların organik madde içerikleri yüzeyde az olup % 1.30 dur. Derinlere doğru bu oran daha da azalarak % 0.49 olmaktadır. Yüzey toprakları kireçli olup, kireç yüzeyde % 13.20 iken, derinlere doğru bu oran % 9.32 dir. Toprakların en önemli sorunları sığ oluşları ve yer yer erozyon problemleri olmasıdır.

Çakıl taşı, çamurtaşı, kireçtaşı formasyonundan oluşan ana materyal üzerinde yer alan Mahmutlar serisi toprakları, çoğunlukla çalışma alanının kuzey doğusunda yer yer de güney doğusunda dağılım göstermektedir. Bu seri toprakları çalışma alanı içerisinde % 8.1 ile 9389.8 ha alanda dağılıma sahiptir. Topraklar derin ile orta derin arasında değişmekte ve bünye genelde killi ve killi tın'dır (Tablo 8). Profildeki kil oranı genellikle % 35'in üzerindedir. Topraklar derin ile orta derin arasında değişmektedir. Gerek derinde gerekse de yüzeyde topraklar hafif alkalın reaksiyonlu ve 7.45 ile 8.16 arasında değişmektedir. Topraklar kireçli olup yüzey topraklarında % 9.39 olup, daha derinlerde bu oran % 35.40'lara çıkabilmektedir.

Düz düze yakın eğimli etek arazilerde dağılım gösteren Kargın serisi toprakları, koluviyal ve alüviyal materyallerin karışımından oluşan ana materyal üzerinde oluşmuşlardır. Toplam alanın % 1.2 kısmı olan 1426.3 ha alanda dağılıma sahip olan Kargın serisi toprakları derin, geçirgenliği iyi olan topraklardır. Bu topraklar üzerinde yoğun kuru tarım yapılmaktadır. Tarla trafiğindeki yoğunluk ve sürüm katının her yıl aynı derinlikte işlenmesi taban taşı oluşumuna neden olmuştur. Bünye tüm profilde kil tın olmasına karşın sürüm katının hemen altında hacim ağırlığı 1.37 gr cm⁻³ olmaktadır. Profilde bünye değişkenlik fazla göstermeyip kil % 28.8 ile % 35.5 arasında değişmektedir. Kireç yüzey topraklarında % 7.38 iken derinlerde % 14.46 olmakta, organik madde ise yüzeyde çok az oranda (% 0.92) bulunurken bu oran derinlerde daha da azalmaktadır (Tablo 9).

4 ve 13 nolu profiller (Çandır ve Tavşancık serileri) içerdikleri tanı horizonları olan cambic horizon yanı sıra 100 cm derinlik içerisinde bir calcic horizonun olması nedeniyle Calcixerept alt ordosuna, 13 nolu profil vertikal özellikler içermesi nedeniyle Vertic Calcixerept alt grubuna ve Çandır serisi (4 nolu profil) ise büyük grubun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic Calcixerept sınıfına yerleştirilmişlerdir. FAO/WRB sistemde ise bu topraklar Vertic Calcisol ve Haplic Calcisol olarak sınıflandırılmıştır.

Tablo 9. Kargın, Çandır, Tavşancık toprak serilerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Değişebilir katyonlar (meq 100g ⁻¹)				O.M. (%)	H.A. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Y.S. (%)	Tane dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺						Kil	Silt	Kum	
Kargın Serisi																	
Ap	0-11	7.76	0.02	7.38	0.45	0.80	32.27	7.16	0.92	1.28	34.17	17.52	16.65	36.0	16.0	38.1	CL
Ad	13820	7.90	0.02	11.36	0.93	0.46	27.34	10.77	0.84	1.37	34.05	17.36	16.69	35.0	26.0	39.0	CL
Bw	37-64	7.82	0.02	11.65	1.19	0.47	27.82	15.47	0.62	1.28	31.22	16.45	14.77	31.0	28.0	41.6	CL
C1	64-89	8.02	0.02	14.46	3.29	0.32	21.85	14.13	0.57	1.26	32.17	16.77	15.40	29.0	34.0	37.0	CL
C2	89+	8.09	0.07	13.39	5.73	0.46	23.08	15.73	0.37	1.31	34.28	17.58	16.70	36.0	21.0	43.1	CL
Ap	0-11	7.76	0.02	7.38	0.45	0.80	32.27	7.16	0.92	1.28	34.17	17.52	16.65	36.0	16.0	38.1	CL
Çandır Serisi																	
Ap	0-11	7.66	0.02	7.93	0.31	0.58	22.35	3.10	1.16	1.27	35.25	18.64	16.61	36.1	20.6	43.2	CL
Ad	11-28	7.45	0.02	10.05	0.29	0.90	23.53	2.58	1.25	1.21	42.14	22.56	19.58	46.8	26.6	26.6	C
Bw	28-53	7.87	0.01	17.47	0.29	0.45	21.73	3.83	1.01	1.23	41.27	21.65	19.62	42.4	34.9	34.9	C
Bk	53-74	7.70	0.02	21.36	0.20	0.39	20.44	4.62	0.92	1.21	41.55	21.84	19.71	43.4	33.4	33.4	C
Ck	74+	7.95	0.02	19.23	0.20	0.40	18.03	8.48	0.58	1.27	38.21	20.13	18.08	39.6	32.9	32.9	CL
Tavşancık Serisi																	
Ap	0-20	8.02	0.02	18.20	0.12	0.98	23.87	2.87	0.69	1.25	37.47	19.82	17.65	39.0	25.0	36.0	CL
Ad	20-35	8.04	0.02	21.72	0.19	0.64	24.15	3.65	1.22	1.27	34.18	17.56	16.62	36.0	23.0	41.5	CL
Bw	35-65	8.11	0.02	35.08	0.17	0.38	21.11	3.92	0.58	1.20	41.20	22.06	19.14	44.0	23.0	32.6	C
Ck	65-109	8.10	0.03	42.13	0.12	0.31	18.22	6.03	0.26	1.26	36.86	19.13	17.73	38.0	27.0	34.8	CL
R	109+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

T.K.: Tarla Kapasitesi, S.N.: Solma Noktası, O.M.: Organik Madde, H.A.: Hacim Ağırlığı, Y.S.: Yarıyışlı Su, CL: Killi Tın, C: Kil

Çamurtaşı, kıltaşı ve kireçtaşı karışımından oluşan formasyon üzerinde gelişen Çandır serisi toprakları derin ve orta derin topraklardır. Topraklar 7997.0 ha alan ile Kalecik ilçesinin kuzeyinde dağılım göstermektedirler. Bu topraklar özellikle 50 cm de sonra kalsifikasyon olayı sonucu cambik horizon altında yoğun kireç birikim katı olan calcic horizona sahiptirler. Toprakların yüzeyi kil tın ile kumlu kil tın bünyeli iken derinlerde kil miktarındaki artış ile kil bünye olmaktadır. Toprakların su tutma kapasiteleri ve geçirgenlikleri iyidir. Tüm topraklar hafif alkalın reaksiyonludur. Profil içerisinde organik madde miktarı % 0.582 ile % 1.25 arasında değişmektedir. Kireç yüzeyde % 7.93 olup, 50 cm den sonra kireç birikmesi ile bu oran % 22.36'ya kadar çıkmaktadır (Tablo 9). Bu seri topraklarının tuzluluk ve alkalilik sorunu yoktur.

Çalışma alanının kuzey batısı ve Kalecik ilçesinin kuzeyinde dağılım gösteren Tavşancık serisi toprakları melanj (karışık çökeller) üzerinde oluşmuşlardır. Toprakların dağılım gösterdiği alan toplam alan içerisinde % 3.7'si ile 4310.9 ha dır. Bu topraklar genetik horizon dizilimleri Çandır serisi ile benzerlik göstermelerine karşın yüzey katları % 35 ve daha fazla kil içermeleri ve yüzey topraklarının vertikal özellikler içermesi nedeniyle farklılık göstermektedirler. Topraklar diğerlerinde olduğu gibi hafif alkali reaksiyonludur. Kireç miktarı yüzey horizonlarında % 18.2 olup bu oran genetik horizonlarda özellikle kireç birikim katında % 42'ye kadar çıkmaktadır. Yüzey topraklarının organik madde miktarları % 0.69 olup, daha derinlerdeki horizonlarda % 0.26'ya kadar düşebilmektedir. (Tablo 9). Bu seri topraklarının tuzluluk ve alkalilik sorunu bulunmamaktadır.

Demirtaş (alüviyal ana materyal üzerinde yer alan 6 nolu profil) ve Gököy serilerine (Volkanik ve çamurtaşı ana materyaller üzerinde yer alan 9 nolu profil) ait topraklarda profil boyunca şişme büzülme özelliğine sahip killerin olması ve profil içerisinde yaklaşık yeknesak dağılımı, yaz mevsimlerinde yüzeyden derinlere doğru geniş çatlakların (5 cm den fazla) olması, ayrıca profil içerisinde basınç kutanları olan kayma yüzeylerinin bulunması nedeniyle Vertisol ordosuna, bölgenin toprak nem rejimi özelliğinden dolayı Xerert alt ordosuna ve Haploxerert büyük grubuna, ayrıca büyük grubunun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle Typic Haploxerert alt ordosuna dahil edilmişlerdir. FAO/WRB sistemde ise topraklar Haplic Vertisol olarak sınıflandırılmıştır.

Demirtaş serisi gibi vertisol bir toprak olan Gököy serisi toprakları genellikle volkanitler üzerinde oluşmuş ve çalışma alanının orta ve güney kesimlerinde dağılım göstermektedirler. Toprakların dağılım gösterdiği alan toplam alan içerisinde % 8.4 ile 9785.0 ha dır. Topraklar düz düze yakın ve hafif eğimli olup derin topraklardır. Bu topraklar ağır kil bünyeli olup, yüzeyde kil oranları % 63 civarında, daha derinlerde ise % 81.4'e kadar çıkabilmektedir. Bu nedenle toprakların en önemli sorunları zayıf geçirgenlik olup drenaj sorunları bulunmaktadır. Diğer bir sorun ise sürüm katlarının altında taban taşı oluşumunun bulunmasıdır. Kireç yüzey topraklarda yaklaşık olarak % 2.18 olup, daha derinlerde özellikle kalsifikasyon sonucu yaklaşık % 16.10'a kadar çıkabilmektedir. Yüzey topraklarının organik madde içerikleri % 1.29 olup, derinlik artışına

bağlı olarak bu oran % 0.25'lere kadar azalmaktadır (Tablo 10). Toprakların tuzluluk, alkalilik, taşlılık ve kayalılık sorunu bulunmamaktadır.

Tablo 10. Demirtaş, Gököy toprak serilerine ait fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik (cm)	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Değişebilir katyonlar (meq 100g ⁻¹)				O.M. (%)	H.A. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Y.S. (%)	Tane dağılımı (%)			Bünye sınıfı
					Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺						Kil	Silt	Kum	
Demirtaş Serisi																	
Ap	0-15	7.80	0.03	10.05	1.30	1.00	16.10	15.87	0.88	1.21	40.10	21.60	18.50	43.0	27.0	30.2	C
Ad	15-37	7.90	0.04	10.27	1.70	0.70	14.90	17.78	0.42	1.21	41.30	22.70	18.70	48.0	26.0	26.0	C
A3	37-77	7.70	0.05	11.89	2.40	0.60	12.20	18.33	0.60	1.21	40.40	21.70	18.70	46.0	25.0	28.8	C
Bss	77-130	7.60	0.11	9.17	0.50	3.60	8.79	23.23	0.52	1.23	36.50	21.10	15.40	48.0	25.0	26.8	C
BC	130-163	7.70	0.05	10.20	2.90	0.30	8.21	12.07	0.24	1.37	27.30	14.70	12.70	21.0	20.0	58.8	SCL
2C	163+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Gököy Serisi																	
Ap	0-15	8.04	0.03	15.05	2.18	9.83	17.85	12.71	1.29	1.08	43.84	24.83	19.01	63.3	17.9	18.8	C
Ad	15-43	8.44	0.07	15.63	9.83	0.90	10.37	15.23	0.38	1.06	44.76	25.77	18.99	69.3	14.8	15.4	C
Bss1	43-67	8.42	0.22	14.24	16.10	0.75	8.88	12.64	0.28	1.05	45.85	26.35	19.50	76.2	11.3	12.5	C
Bss2	67-93	8.35	0.30	17.76	3.88	0.53	8.27	16.27	0.25	1.05	47.65	27.53	20.12	81.4	8.6	10.1	C
C	93+	8.27	0.06	21.58	3.56	0.67	8.49	16.13	0.25	1.06	47.52	27.51	20.01	80.9	8.5	10.6	C

T.K.: Tarla Kapasitesi, S.N.: Solma Noktası, O.M.: Organik Madde, H.A.: Hacim Ağırlığı, Y.S.: Yarıyışlı Su, SCL: Kumlu Killi Tın, C: K

Sonuç

Ankara İli Kalecik İlçesi topraklarının toprak taksonomisi esaslarına göre detaylı etüd ve haritalanması amacıyla yürütülen bu çalışmada, seri düzeyinde Akkuzulu, Altıntaş, Beykavağı, Çandır, Dağdemir, Demirtaş, Elmalıpınar, Gököy, Hancılı, Karatepe, Kargın, Mahmutlar, Tavşancık, Yalınköy, Yeniçöte ve Yüzbeyi serileri tanımlanmıştır. Toprakların toprak taksonomisine göre sınıflandırılması, toprakların pedogenetik özellikleri ile üst tanı horizonları (epipedon) ve bunların altında bulunan yüzey altı tanı horizonların varlığı veya yokluğu ile onların özelliklerine göre yapılmıştır. Toprakların oluşum süreci sonrası oluşan bazı yüzey üstü ve yüzey altı tanı horizonları saptanmış ve bunlar Entisol, Inceptisol ve Vertisol ordolarına yerleştirilmiştir. Araştırma alanından elde edilen sayısal toprak veri tabanı sürdürülebilir arazi kullanımı ve doğal kaynakların korumasına yönelik yapılacak projelerde altlık olarak kullanılmasına olanak sağlanmıştır.

Kaynaklar

- Akça, H., Atatanır, L., 2020. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi toprak etüdünün güncellenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(2): 77-85.
- Başayığıt, L., Dinç, U. 2001. Toprak etüd ve haritalama çalışmalarında bilgisayar teknolojilerinin kullanımı. *Tarımda Bilişim Teknolojileri 4. Sempozyumu, Bildiriler Kitabı, 20-22 Eylül, Kahramanmaraş*, s. 283-291.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk density. In: A. Klute (Ed), *Methods of Soil Analysis, Part 1-Physical and Mineralogical Methods, 2nd edn., Agronomy Monograph 9, American Society of Agronomy Soil Science Society of America, Madison*, pp. 382.
- Bouyoucos, G.J., 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soil, *Agronomy Journal*, 54(5):464-465.
- CORINE. 2018. Corine Land Cover General Description. <https://land.copernicus.eu/user-corner/technical-library/corine-land-cover-general-description> (Erişim tarihi: 12.02.2021).
- Coşkun, A., Dengiz, O., 2016. Samsun Terme havzası bazı temel fizyografik karakteristikleri belirlenmesi ve tarımsal taşkın alanlarının toprak haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 3(1): 1-13.
- Çağlar, K.Ö., 1958. Toprak İlimi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 10, Ankara.
- Demirel, B.Ç., Şenol, S., 2019. Hızlı büyüme potansiyeline sahip yerleşim alanlarının detaylı toprak etüdü ve arazi değerlendirmeleri: Mustafalar köyü örneği, Adana. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(4): 711-721.
- Dengiz, O., Sarıoğlu, F.E., 2011. Samsun ilinin potansiyel tarım alanlarının genel dağılımları ve toprak etüd ve haritalama çalışmalarının önemi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(3): 241-250.
- Dinç, U., Kapur, S., Özbek, H., Şenol, S., 1987. Toprak Genesi ve Sınıflandırma. Çukurova Üniversitesi Yayınları, Ders Kitabı, Çukurova Üniversitesi Basımevi, No 7.1.3, Adana.
- FAO/WRB, 2006. World Reference Base for Soil Resource. A Framework for International Classification, Correlation and Communication, FAO/WRB, World Soil Resources Report No. 103, Rome.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*: Prentice-Hall, Inc: Englewood Cliffs.

- Olsen, S.R., 1954. Estimation of Available Phosphorous in Soil by Extraction with Sodium bicarbonate. U.S.D.A. Circular No. 939, Wash. D.C. USA.
- Rhoades, J., 1982. Cation Exchange Capacity. In. (A.L. Page, R.H. Miller and D.R. Keeney (Ed), Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties, Soil Science Society of America. Inc. Madison, Wisconsin, pp: 149-157.
- Richards, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. U.S. Dept. Agriculture Handbook, 60, 109. Riverside.
- Simonsen, R.W., 1959. Outline of a generalized theory of soil genesis. Soil Science Society Proceedings. 23: 152-156.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manual. Soil Survey Staff, USDA, Handbook No: 18, U.S. Government Print Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, 1999. Soil Taxonomy. Soil Survey Staff, A basic of Soil Classification for making and interpreting Soil Survey, USDA Handbook No: 436, Washington D.C. USA.
- Thorntwaite, C.W., 1948. An approach to a rational classification of climate. Geographic Review, 38(1): 55-94.
- U.S. Salinity Laboratory, 1954. U.S. Salinity Laboratory Staff, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60, USDA Water Conservation, 32: 130-132.



Kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen ekmeklik buğdayın azotlu gübre gereksinimlerinin tahmin edilmesinde Mitscherlich-Bray eşitliğinin uygulanması

Ayşegül KORKMAZ*, Fatma GÖKMEN YILMAZ,
 Mustafa HARMANKAYA, Sait GEZGİN

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya

Öz

Bu çalışmada, kuru ve sulu koşullarda artan dozlarda azot uygulamalarının üründe sağladığı artışa ve toprakta bulunan KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N'u miktarına bağlı olarak Mitscherlich-Bray Eşitliği kullanılarak ekmeklik buğdayın azot ihtiyacının belirlenmesi amaçlanmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre kuru koşullarda yürütülen denemelerde dekara 0, 3, 6, 9 ve 12 kg N uygulanırken sulu koşullarda 0, 4, 8, 12, 16, 20 ve 24 kg N olacak şekilde üre (%46 N) gübresi kullanılarak uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, topraktaki KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N içeriği ile ürün artışı arasında elde edilen ilişkinin önemli olduğu ve Mitscherlich-Bray eşitliğinin kullanılabilmesi belirlenmiştir. Bitkinin azot ihtiyacının belirlenmesinde kuru koşullar için $\log(100-y) = \log 100 - b_1 \cdot 0.091 - 0.107 \cdot x$ ve sulu koşullar için $\log(100-y) = \log 100 - b_1 \cdot 0.043 - 0.076 \cdot x$ eşitlikleri belirlenmiştir. Ayrıca kuru koşullarda teorik maksimum verim 435 kg da⁻¹ iken sulu koşullarda 574.3 kg da⁻¹ olduğu bulunmuştur. Ekmeklik buğdayın teorik maksimum verimin %90'ını hedef alan bir üretim için kuru koşullarda toprakta 10 kg veya daha fazla, sulu koşullarda ise 22 kg veya daha fazla NO₃-N'u olması gerektiği belirlenmiştir. Bu durumda üründe artışlar sağlanabildiği ancak ekonomik analiz yapılması gerekliliği ifade edilmiştir. Sonuçta, kuru ve sulu koşullarda ekmeklik buğday için Mitscherlich-Bray eşitliği kullanarak belirlenmiş ve ekonomik olarak uygulanması gerekli azotlu gübre miktarları, eksik veya gereğinden fazla azotlu gübre kullanımının önüne geçecektir. Dahası, ihtiyaç kadar gübre kullanımı ile hem üreticiler hem de ülke ekonomisine büyük katkılar sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, KCl metodu, kuru, Mitscherlich-Bray, sulu.

Application of the Mitscherlich-Bray equation in the estimation of nitrogen fertilizer requirements of bread wheat grown in dry and irrigated conditions

Abstract

This study aimed to determine the nitrogen requirement of bread wheat by using the Mitscherlich-Bray Equation, depending on the increase in the yield and increasing doses of nitrogen applications with the amount of KCl and extractable NO₃-N in the soil in dry and irrigated conditions. The experiments were carried out according to the randomized blocks trial design using urea (46% N) fertilizer 0, 3, 6, 9, and 12 kg N da⁻¹ at nitrogen doses were applied in dry conditions while in irrigated conditions were used at a rate of 0, 4, 8, 12, 16, 20 and 24 kg N da⁻¹. As a result of the study, it was determined to have an essential relationship between NO₃-N content extractable with KCl in the soil and increasing yield. This situation showed that the Mitscherlich-Bray equation could be used. The equations $\log(100-y) = \log 100 - b_1 \cdot 0.091 - 0.107 \cdot x$ for dry conditions and $\log(100-y) = \log 100 - b_1 \cdot 0.043 - 0.076 \cdot x$ for irrigated conditions were determined in defining the nitrogen requirement of the plant. In addition, the theoretical maximum yield in bread wheat was found at 435 kg da⁻¹ in dry conditions, and 574.3 kg da⁻¹ in irrigated conditions. For a production targeting 90% of the theoretical maximum yield of bread wheat, it was determined that the NO₃-N content in the soil had 10 kg or above in dry conditions and 22 kg or above in irrigated conditions. Therefore, increasing crops could be provided in this case, but an economic analysis was required. Consequently, using insufficient or excessive nitrogen fertilizer could be economically prevented to the amount of nitrogen fertilizer required dose determined by using the Mitscherlich-Bray equation for bread wheat in dry and irrigated conditions. Furthermore, using fertilizer as needed will contribute significantly to the economy of producers and the country.

Keywords: Wheat, KCl metod, dry, Mitscherlich-Bray, irrigated.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 544 614 0743

E-posta : aysegul.korkmaz22@gmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 29 Ağustos 2022

Kabul Tarihi : 15 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1155596

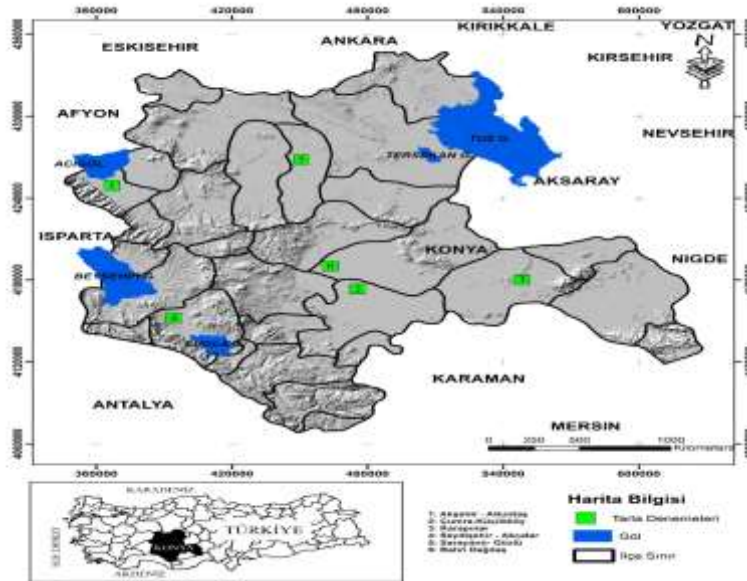
Giriş

Ülkemizde hem üretiminin hem de tüketiminin fazla olduğu tahıllarda özellikle de buğdayda verim ve kalitenin artırılmasında NPK'lı gübre kullanımının payı %50-75 arasında değişmektedir (Vita ve ark., 2007; Şahin 2016; Polat 2020). Bu gübreler içerisinde en fazla azotlu gübreler kullanılmaktadır (Fageria ve ark., 2011; Sutton ve ark., 2013). Gerek kuru gerekse sulu koşullarda gereğinden eksik veya fazla azot kullanımı bitkilerin verim ve kaliteleri üzerinde çok büyük olumsuzluklara, bununla birlikte fazla kullanımı topraklarda NO₃⁻ birikimine (Gao ve ark., 2019; Lu ve ark., 2019), toprak ve sularda NO₃⁻ ve NO₂⁻ kirliliğine (Shan ve ark., 2015; Vashisht ve ark., 2015) ve atmosferde sera gazları birikimine (Zhou ve ark., 2016) neden olmaktadır. Bu olumsuz etkileri ortadan kaldırmak için bitkinin ihtiyaç duyduğu azotun miktarının belirlenmesi gerekmektedir ki bu ancak toprak azot miktarının yanında azotun etki değerinin bilinmesi ile mümkündür. Günümüzde bitkilerin azot ihtiyacının belirlenmesinde toprak organik madde miktarı yerine NO₃-N miktarının da dikkate alınabileceği bildirilmektedir (Korkmaz ve ark., 2021; Yılmaz ve ark., 2021). Toprak NO₃-N miktarının belirlenmesinden sonra bitkilerde teorik maksimum verimin %85-90'ını hedef alan üretim için gerekli azot miktarının belirlenmesinde Mitscherlich-Bray kalibrasyon eşitliklerinin oluşturulması gerekmektedir (Lu ve ark., 2019; Yılmaz ve ark., 2021). Toprakların azot içeriğinin belirlenmesinde çeşitli azot analiz yöntemleri (Bremner 1965; Keeney ve Bremner 1966; Stanford ve ark., 1973) kullanılmaktadır. Ancak Dahnke ve ark., (1971)'a göre toprak NO₃-N'unun aşırı yağışla profilden yıkanarak ayrılmadığı kurak bölgelerde kullanılabileceğini ifade edilmiş bunun yanısıra hem sulu hem de kuru koşullarda kullanılabileceği bildirmişlerdir (Sonar ve Babhulkar, 2002; Korkmaz ve ark., 2021). Kalibrasyon eşitliği oluşturulmasında toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N içeriği ile verim arasındaki ilişkilere bağlı olarak Mitscherlich-Bray eşitliğinin $[\log(A-y)=\log A - c1*b1-c*x]$ kullanılabileceği bildirilmiştir (Bray, 1945; Bose ve ark., 2010; Afzal ve ark., 2014). Bu nedenle, bu çalışmada Mitscherlich-Bray eşitliği kullanılarak topraklarda KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı dikkate alınarak kuru ve sulu koşullarda yetiştirilen ekmeçlik buğdayda verimin belirli seviyeye çıkarmak için uygulanması gerekli azot miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Tarla denemeleri, kuru ve sulu koşullarda organik madde ve inorganik azot içeriği düşük aynı zamanda yağış miktarları ve toprak özellikleri farklı 6 farklı lokasyonda (1. Akşehir-Altıntaş, 2. Çumra-Küçükköy, 3. Karapınar, 4. Seydişehir-Akçalar, 5. Sarayönü-Gözlü TİGEM, 6. Bahri Dağdaş UTAE) olmak üzere toplamda 12 adet yürütülmüştür (Şekil 1). Deneme yeri topraklarının %33'ü nötr, %67'si hafif alkalin reaksiyonlu, %42'si kireçli, %58'i çok fazla kireçli, tınlı ve killi tın tekstüre sahip, organik maddece fakir olduğu belirlenmiş olup toprakların KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı Bremner (1965)'e göre belirlenmiştir (Çizelge 1).



Şekil 1. Deneme alanlarının yer buldur haritası.

Çizelge 1. Deneme kurulan yerlerin toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özellikleri	Lokasyon											
	Kuru						Sulu					
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6
pH _{1:2.5} toprak: su	7.54	8.01	7.01	7.70	7.06	7.31	8.01	8.07	7.73	7.88	6.86	7.44
EC _{1:5} toprak: su, $\mu\text{S cm}^{-1}$	129.5	144.4	81.6	200	340	420	120	169.5	206	218	80.8	171
CaCO ₃ , %	3.03	57.64	1.24	25.88	8.13	29.22	3.88	59.76	20.71	2.31	1.24	36.0
Org. madde, %	2.28	1.50	1.30	1.36	1.57	1.36	1.53	1.52	2.21	2.46	1.42	2.44
Tekstür sınıfı	CL	L	CL	L	CL	CL	L	L	CL	CL	L	L
P, mg kg ⁻¹	10.00	5.60	4.32	1.51	7.07	13	5.44	1.12	5.68	3.36	9.44	2.54
K, mg kg ⁻¹	139	297	1316	212.1	489	332	100	417	300	1324	179	841
Ca, mg kg ⁻¹	7878	4389	2062	7388	9600	9034	8561	7135	8220	12294	5219	4687
Mg, mg kg ⁻¹	365	872	213	835	637	1198	370	472	753	645	373	577
B, mg kg ⁻¹	0.79	2.17	1.27	0.75	0.68	1.72	0.88	2.21	5.17	4.54	0.90	1.17
Fe, mg kg ⁻¹	4.33	2.01	4.69	3.29	1.23	4.34	2.04	1.84	5.04	5.26	8.62	4.42
Zn, mg kg ⁻¹	0.74	0.58	0.67	0.56	0.30	0.38	0.42	0.34	3.65	0.40	0.80	0.27
Mn, mg kg ⁻¹	4.95	1.59	13.24	12.61	12.13	5.54	4.20	1.70	6.36	9.98	17.06	4.86
Cu, mg kg ⁻¹	1.17	0.57	1.49	1.38	1.29	1.00	1.12	0.58	2.99	1.63	1.44	0.51

Denemelerde verim ve kalite özellikleri yüksek olması nedeniyle yörede yaygın olarak yetiştirilen kuru koşullarda Bayraktar-2000 ve sulu koşullarda Esperia ekmeçlik buğday çeşitleri kullanılmıştır.

Yöntem

Çalışmada, tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülen kuru denemelerde azot, dekara kontrol (0), 3, 6, 9 ve 12 kg; sulu denemelerde ise kontrol (0), 4, 8, 12, 16, 20 ve 24 kg üre (%46 N) gübresiyle uygulanmıştır. Kuruda azotun 1/2'si ekimde geriye kalan kısmı erken ilkbahar (Şubat ayında) döneminde, suluda azotun 1/4'ü ekimde, 1/2'si kardeşlenmede ve geriye kalan kısmı başaklanma döneminde yapılmıştır. Ekimde bütün deneme alanına ekim makinesi ile deneme yeri toprağının bitkiye elverişli fosfor miktarına göre triplesüper fosfat (TSP, %42-44 P₂O₅) formunda fosfor uygulanmıştır. Denemelerde her bir parsel alanı 6 m x 2.56 m = 15.36 m²'dir. Hasat olgunluğuna gelen buğday bitkisi her parselden 9.6 m² olacak şekilde hasat edilerek, verimleri kaydedilmiştir. Tarla deneme yerleri yıllık ortalama 214-528 mm yağış almış olup, kuru denemelerde sulama yapılmazken sulu denemelerde bitki tüketimi dikkate alınarak ekim sonrası, kardeşlenme ve başaklanma dönemlerinde sulama yapılmıştır. Araştırmada elde edilen veriler dikkate alınarak artan dozlarda uygulanan azotun buğday bitkisinin üründe sağladığı artış ve toprak NO₃-N içerikleri üzerine etkileri MSTAT-C istatistik paket programlarında regresyon analizine tabi tutulmuş ve (Eşitlik 1) önem çıkması nedeniyle Mitscherlich-Bray eşitliği kullanılarak toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N'a bağlı olarak uygulanması gereken azot miktarı aşağıdaki eşitlikler (Eşitlik 2 ve 3) kullanılarak belirlenmiştir.

$$\log y = a + b * \log x \quad (1)$$

Burada, y: her bir azot uygulamasına karşılık gelen ürün artışı, x: toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı (kg da⁻¹), a ve b: y eksenini kesim noktası ile belirlenen katsayı.

$$\log(A - y) = \log A - b_1 * c_1 - c * x \quad (2)$$

Burada, A: en yüksek azot uygulaması ile elde edilen verim (kg da⁻¹), y: her bir azot uygulamasına karşılık gelen verim (kg da⁻¹), b₁: toprağın NO₃-N miktarı (kg da⁻¹), c₁: toprakta NO₃-N'un etki değeri, x: uygulanan azot miktarı (kg da⁻¹), c: gübre azotunun etki değeri.

$$T = (k * y - y_0) / (k - 1) \quad (3)$$

Burada, T: teorik maksimum verim (kg da⁻¹), y₀: kontrol parsellerinin verimi (kg da⁻¹), y: her bir azot uygulamasına karşılık gelen verim (kg da⁻¹), k: c*x'in antilogaritması, c: gübre azotunun etki değeri, x: uygulanan azot miktarı (kg da⁻¹).

Bulgular ve Tartışma

Deneme yeri toprakların KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı, en düşük ve en yüksek dozda azot uygulamalarına göre üründe meydana gelen artışlar Çizelge 2'de verilmiştir. Kuru ve sulu koşullarda deneme yeri topraklarının NO₃-N kapsamı ve azot uygulamalarına bağlı olarak verimde ve üründe meydana gelen artışların değiştiği belirlenmiştir. Genel olarak toprakların NO₃-N kapsamı arttıkça azot uygulaması ile üründe sağlanan artışın azaldığı tespit edilmiştir. Azot uygulamalarının verim üzerine etkisinin toprakların NO₃-N içeriklerine bağlı olarak değiştiği belirtmişlerdir (Selassie ve ark., 2003; Afzal ve ark., 2014).

Çizelge 2. Kuru ve sulu koşullarda deneme yeri topraklarının KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ile verimlerinde sağlanan ürün artışları

Lokasyon No	Kuru				Sulu			
	NO ₃ -N kapsamı, kg da ⁻¹	Kontrol	12 kg N da ⁻¹	% ürün artışı 100-(N ₀ x100/N ₁₂)	NO ₃ -N kapsamı, kg da ⁻¹	Kontrol	24 kg N da ⁻¹	% ürün artışı 100-(N ₀ x100/N ₂₄)
1	8.95	309.4	383.5	19.3	13.0	556.5	664.6	16.3
2	12.80	433.8	511.0	15.1	12.5	552.3	679.4	18.7
3	9.54	177.8	398.3	55.3	7.75	250.2	611.3	61.7
4	5.60	510.8	556.9	8.3	9.00	250.2	611.3	59.1
5	13.35	190.5	222.2	11.5	16.50	454.6	671.1	32.3
6	6.78	367.3	421.5	23.2	12.33	490.6	587.7	16.6

Kuru ve sulu koşullarda deneme yeri topraklarının KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ile ürün artışı arasında yapılan regresyon analizi sonucunda sırasıyla $\log y = 302.17 - 267.74 \cdot \log x$ ve $\log y = 217.25 - 166.30 \cdot \log x$ (Eşitlik 1) eşitlikleri elde edilmiş olup bunlar %5 ve %0.5 seviyelerinde istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur. Bu önemli ilişkiler hem kuru hem sulu koşullarda buğday bitkisinin azot ihtiyacının belirlenmesinde toprakların NO₃-N kapsamına göre Mitscherlich-Bray eşitliğinin kullanılabilmesinin göstergesidir. Nitekim buğday başta olmak üzere farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda da (Sonar ve Babhulkar, 2002; Ali ve ark., 2022) bitkilerin N, P ve K ihtiyaçlarının karşılanmasında; toprakların besin elementi kapsamının önemli olduğunu, uygulamalara bağlı olarak verimde artışların sağlandığını ve Mitscherlich-Bray eşitliğinin kullanılabilmesini bildirmişlerdir.

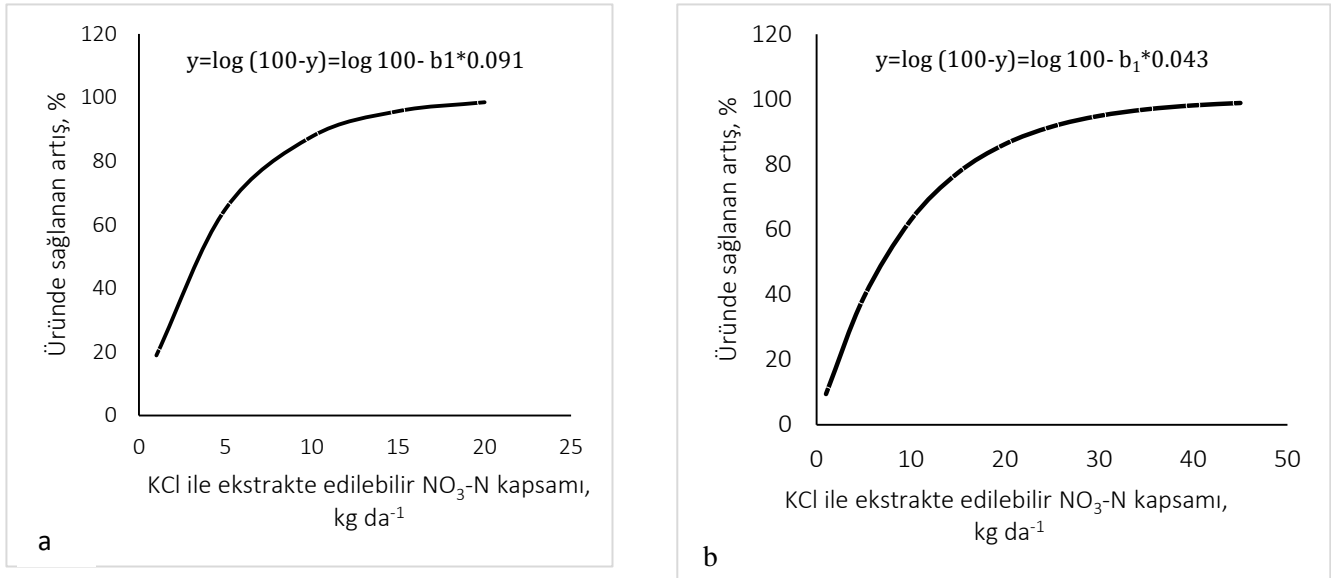
Çizelge 3. Kuru ve sulu koşullardaki denemelerde azot uygulamaları ile elde edilen ortalama tane verimleri, teorik maksimum verim, toprak etki değeri (c₁), gübre etki değeri (c) ve c₁/c oranı

	N, kg da ⁻¹	Verim, kg da ⁻¹	Hesaplanmış $\log y$	1/x	c ₁	c	c ₁ /c
Kuru	0	331.6*	-	-	0.091	-	-
	3	391.5	3.9527	0.333	-	0.140	-
	6	413.4	3.6164	0.167	-	0.083	-
	9	414.3	3.6173	0.111	-	0.098	-
	Ortalama	-	-	-	-	0.091	0.107
Teorik Mak. Verim		435.0					
Sulu	0	403.0	-	-	0.043	-	-
	4	496.3	3.6957	0.250	-	0.121	-
	8	544.5	3.7360	0.125	-	0.066	-
	12	580.2	3.7636	0.833	-	0.071	-
	16	582.5	3.7653	0.063	-	0.061	-
	20	587.1	3.7687	0.050	-	0.062	-
Ortalama	-	-	-	-	0.043	0.076	0.5658
Teorik Mak. Verim		574.3					

* , Veriler 4 tekerrürün ortalamasıdır.

Toprağın KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamının etki değeri (c₁) Bray tarafından modifiye edilen Mitscherlich eşitliğinden (Eşitlik 2) yararlanılarak her bir tarla denemesi için ayrı ayrı belirlenmiştir. Bu denklemde A yerine kuru ve sulu koşullarda en yüksek azot uygulaması (12 ve 24 kg da⁻¹) ile elde edilen verimler sırasıyla 415.8 ve 601.0 kg da⁻¹, y yerine azot uygulanmayan kontrolden elde edilen verimler 331.6

ve 403.0 kg da⁻¹, b₁ yerine toprakların KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ve x yerine ise y değeri olarak azot uygulanmayan kontrol verimi alındığı için 0 alınmıştır. Kuru ve sulu koşullarda toprak NO₃-N'unun ortalama etki değeri (c₁) sırasıyla 0.091 ve 0.043 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Nitekim yapılan çalışmalarda topraklardaki besin elementlerinin (N, P ve K) etkinlik katsayılarının toprakta bulunan miktarlarına göre değiştiği belirlenmiştir (Sonar ve Babhulkar, 2002; Srivastana ve ark., 2006). Belirlenen c₁ değerine göre toprağın KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ile ürün artışı arasındaki Mitscherlich-Bray eşitliği kuru koşullarda $\log(100-y) = \log 100 - b_1 * 0.091$ iken sulu koşullarda $\log(100-y) = \log 100 - b_1 * 0.043$ şeklinde bulunmuştur (Şekil 2). Şekil 2'den de anlaşıldığı gibi kuru ve sulu koşullarda toprakta NO₃-N kapsamı arttıkça üründe sağlanan artış artmakta ancak Mitscherlich'in azalan verim kanununa göre ürün miktarındaki artış giderek azalmaktadır.



Şekil 2. Kuru (a) ve sulu (b) koşullarda toprakların KCl ile ekstrakte edilen NO₃-N kapsamı ile ürün artışı arasındaki ilişki

Uygulanan gübre azotunun etki değeri (c) Bray tarafından modifiye edilen Mitscherlich eşitliğinden (Eşitlik 2) yararlanılarak her bir azot dozu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Kuru ve sulu koşullarda uygulanan gübre azotunun ortalama etki değeri (c) sırasıyla 0.107 ve 0.076 olarak bulunmuştur (Çizelge 3). Nitekim yapılan çalışmalarda gübre azotunun etki değerinin uygulanan azot miktarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir (Srivastana ve ark., 2006; Kassa ve ark., 2021).

Uygulanması gereken azot miktarlarının hesaplanmasında Mitscherlich- Bray eşitliği ile hesaplanan c₁ ve c değerleri, toprağın KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı (b₁), teorik maksimum verim (T) ve teorik maksimum verim (T)'in %50, %75, %80, %85 ve %90'ini dikkate alınmış, kuru ve sulu koşullarda sırasıyla $\log(T-y) = \log T - b_1 * 0.091 - 0.107 * x$ ve $\log(T-y) = \log T - b_1 * 0.043 - 0.076 * x$ eşitlikleri kullanılmıştır (Çizelge 4).

Toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N'u kapsamı ve teorik maksimum verime bağlı olarak, hedeflenen verime ulaşmak için uygulanması gereken azot miktarı Mitscherlich-Bray eşitliği denklemi kullanılarak hesaplanmış olup kuru koşullarda $\log(435-y) = \log 435 - 0.091 * b_1 - 0.107 * x$ ve sulu koşullarda $\log(574-y) = \log 574 - 0.043 * b_1 - 0.076 * x$ olarak bulunmuştur. Kuru ve sulu koşullarda buğday bitkisine uygulanması gerekli azot miktarı, toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamına ve hedeflenen verime göre değişmektedir. Toprakların bitkiye yarayışlı azot miktarları arttıkça hedeflenen verime ulaşmak için uygulanması gereken azot miktarlarında azalmalar belirlenmiştir.

Kuru koşullarda toprakta 5 kg NO₃-N da⁻¹ olması durumunda da teorik maksimum ürünün %50, %75, %80 ve %85'ini hedef alan verim için uygulanması gerekli azot miktarları sırası ile 0, 1.37, 2.28 ve 3.45 kg da⁻¹ iken sulu koşullarda 1.15, 5.11, 6.38 ve 8.03 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Nitekim Chapman (1960), bitkiler için topraktaki NO₃-N miktarının 5 mg kg⁻¹ (1.25 kg da⁻¹)'dan düşük ise noksan, 20 mg kg⁻¹ (5 kg da⁻¹)'dan fazla ise de yeterli düzeyde olduğunu ifade etmiştir ki bizim çalışmamızda da teorik maksimum verimin %90'ını hedef alan bir üretim için toprağın KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamının 5 kg da⁻¹ olması durumunda kuru ve sulu koşullarda sırasıyla dekara 5.09 ve 10.34 kg N uygulanmasının yeterli olduğu bulunmuştur. Bu durum toprakta KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N miktarının artışı ile uygulanması gerekli azot miktarının

azalmasının bir göstergesidir. Topraklarda kuru koşullarda dekarda 10 kg veya daha fazla, sulu koşullarda ise 22 kg veya daha fazla $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u olması durumunda üründe artışlar sağlanabilir ancak bu durumun ekonomik olup olmadığı yıl bazında Mitscherlich-Bray eşitliğine göre uygulanacak azot, azotlu gübre miktarına, gübre çeşidine, fiyatına ve üretilen buğdayın çeşidi ve satış fiyatına göre marjinal gübre azotunun değeri ve marjinal gelir hesaplanarak belirlenmelidir.

Çizelge 4. Toprağın KCl ile ekstrakte edilebilir $\text{NO}_3\text{-N}$ kapsamına bağlı olarak teorik maksimum ürünün %50, %75, %80, %85 ve %90'ının alınabilmesi için uygulanması gereken azot miktarları (kg da^{-1})

	Toprak azot kapsamı, kg da^{-1}	Teorik maksimum verimin yüzdesi (y)				
		50	75	80	85	90
		Uygulanması gereken N miktarı, kg da^{-1}				
Kuru	1	1.96	4.78	5.68	6.85	8.50
	2	1.11	3.93	4.83	6.00	7.64
	3	0.26	3.08	3.98	5.15	6.79
	4	0	2.22	3.13	4.30	5.94
	5		1.37	2.28	3.45	5.09
	6		0.52	1.43	2.60	4.24
	7		0	0.58	1.75	3.39
	8			0	0.90	2.54
	9				0.05	1.69
	10				0	0.84
Sulu	1	3.40	7.36	8.63	10.28	12.59
	2	2.83	6.80	8.07	9.71	12.03
	3	2.27	6.23	7.51	9.15	11.47
	4	1.71	5.67	6.94	8.59	10.91
	5	1.15	5.11	6.38	8.03	10.34
	6	0.58	4.54	5.82	7.46	9.78
	7	0.02	3.98	5.25	6.90	9.22
	8	0	3.42	4.69	6.34	8.65
	9		2.85	4.13	5.77	8.09
	10		2.29	3.57	5.21	7.53
	11		1.73	3.00	4.65	6.96
	12		1.16	2.44	4.08	6.40
	13		0.60	1.88	3.52	5.84
	14		0.04	1.31	2.96	5.27
	15		0	0.75	2.39	4.71
	16			0.19	1.83	4.15
	17			0	1.27	3.58
	18				0.70	3.02
	19				0.14	2.46
	20				0	1.89
	21					0.77
	22					0.21
23					0	

Kuru koşullarda mevcut gübre ve ekmeklik buğday fiyatlarına göre, toprakta dekarda 10 kg azot olması durumunda 1 kg N hesabıyla azotlu gübre uygulaması sonunda 29.1 TL marjinal gidere karşılık 64.4 TL gelir sağlanmıştır. Ancak ilave edilen her bir birim marjinal gübre kendinden önce uygulanan aynı miktardaki azotlu gübreyle oranla daha az marjinal gelir sağladığı için, 2.0 kg N da^{-1} hesabıyla azotlu gübre uygulaması sonunda elde edilen gelir 50.3 TL'ye karşılık gelmekte, sonuçta azotlu gübre ile uygulanacak azot miktarı dekar başına 5 kg'a çıktığında ise 24.0 TL olan marjinal gelir marjinal gübre (29.1 TL) masrafını karşılayamamaktadır. Bu demektir ki 5 kg N da^{-1} 'in üzerinde azotlu gübre uygulaması ekonomik olmayacaktır. Uygulanacak olan ekonomik azotlu gübre miktarları, toprağın azot kapsamına bağlı olarak değişmekte olup dekarda 12 kg azot olması durumunda dekar başına 3 kg N ve üzerinde azot uygulanması ekonomik olmayacaktır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Artan dozlarda azot uygulaması ile belirlenen marjinal ürün ve marjinal gelir değerleri

Gübre miktarı, kg da ⁻¹	Marjinal gübre miktarı	Marjinal gübre azotunun değeri, ₺	Artan azot uygulamaları ile belirlenen marjinal ürün ve marjinal gelir							
			Kuru				Sulu			
			10 kg N da ⁻¹		12 kg N da ⁻¹		22 kg N da ⁻¹		24 kg N da ⁻¹	
			Verim	Gelir*	Verim	Gelir	Verim	Gelir	Verim	Gelir
1	1	29.1	343.3	64.4	359.8	42.3	458.3	57.5	468.9	47.2
2	1	29.1	353.9	50.3	366.7	33.1	467.7	48.3	476.6	39.6
3	1	29.1	362.1	39.3	372.1	25.9	475.6	40.5	483.0	33.2
4	1	29.1	368.5	30.7	376.4	20.2	482.2	34.0	488.5	27.9
5	1	29.1	373.5	24.0	379.7	15.8	487.8	28.6	493.0	23.4
6	1	29.1	377.4	18.8	382.3	12.4	492.5	23.9	496.9	19.7
7	1	29.1	380.5	14.7	384.3	9.7	496.4	20.1	500.1	16.5
8	1	29.1	382.9	11.5	385.9	7.6	499.7	16.9	502.8	13.9
9	1	29.1	384.8	8.9	387.1	5.9	502.4	14.2	505.0	11.6
10	1	29.1	386.3	7.0	388.1	4.6	504.8	11.9	506.9	9.8
11	1	29.1	387.4	5.5	388.8	3.6	506.7	9.9	508.5	8.2
12	1	29.1	388.3	4.3	389.4	2.8	508.3	8.4	509.9	6.9
13	1	29.1	389.0	3.4	389.9	2.2	509.7	7.0	511.0	5.8
14	1	29.1	389.5	2.6	390.2	1.7	510.9	5.9	511.9	4.9
15	1	29.1	390.0	2.0	390.5	1.3	511.8	4.9	512.7	4.1
16	1	29.1	390.3	1.6	390.7	1.1	512.6	4.2	513.4	3.4
17	1	29.1	390.6	1.3	390.9	0.8	513.3	3.5	514.0	2.9
18	1	29.1	390.8	0.9	391.0	0.6	513.9	2.9	514.4	2.4
19	1	29.1	390.9	0.8	391.1	0.5	514.4	2.5	514.8	2.0
20	1	29.1	391.1	0.6	391.2	0.4	514.8	2.1	515.1	1.7

*, 2022 yılı Ağustos ayı için 1 ton Üre (%46 N) fiyatının 13400 TL, 1 ton buğday fiyatının 6120 TL olduğu göz önüne alınmıştır.

Sulu koşullarda mevcut gübre ve ekmeklik buğday fiyatlarına göre, toprakta dekarda 22 kg azot olması durumunda 1 kg N hesabıyla azotlu gübre uygulaması sonunda 29.1 TL marjinal gidere karşılık 57.5 TL gelir sağlanmıştır. Ancak ilave edilen her bir birim marjinal gübre kendinden önce uygulanan aynı miktardaki azotlu gübreyle oranla daha az marjinal gelir sağladığı için, 2.0 kg N da⁻¹ hesabıyla azotlu gübre uygulaması sonunda elde edilen gelir 48.3 TL'ye karşılık gelmekte, sonuçta azotlu gübre ile uygulanacak azot miktarı dekar başına 5 kg'a çıktığında ise 28.6 TL olan marjinal gelir marjinal gübre (29.1 TL) masrafını karşılayamamaktadır. Bu demektir ki 5 kg N da⁻¹'in üzerinde azotlu gübre uygulaması ekonomik olmayacaktır. Uygulanacak olan ekonomik azotlu gübre miktarları, toprağın azot kapsamına bağlı olarak değişmekte olup dekarda 24 kg azot olması durumunda dekar başına 4 kg N ve üzerinde azot uygulanması ekonomik olmayacaktır (Çizelge 5).

Bitkinin azot ihtiyacı ve azottan yararlanma durumu kuru ve sulu koşullarda yetiştiriciliğe bağlı olarak değişmektedir. Azottan bitkinin yararlanma durumu, yağışın düşük ve orta düzeyde olduğu kuru koşullarda organik maddenin parçalanmasının az olması (Shakoor ve ark., 2022); sulu koşullarda ise sulamanın fazlalığına bağlı organik maddenin daha hızlı parçalanması (Blair ve Crocker, 2000; European Communities, 2009) sonucu açığa çıkan azottan miktarı yanında toprağın diğer fiziksel ve kimyasal özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu nedenle hem sulu hem de kuru alanlarda toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri özellikle de organik madde miktarı ve azot mineralizasyonuna bağlı olarak toprakların NO₃-N kapsamı bitkilerin azotlu gübre ihtiyaçlarının belirlenmesinde önemlidir. Bu nedenle bitkilerin azot ihtiyaçlarının belirlenmesi için toprakta mevcut bitkiye yarayışlı NO₃-N kapsamı, bu azotun etki değeri, gübre azotunun etki değerini içeren Mitscherlich eşitliğinin kullanılması gerekmektedir. Çünkü bu denklemde bitkiye gübre olarak uygulanan azotun yanında toprakta mevcut bitkiye yarayışlı NO₃-N kapsamının da ekonomik analizlere dahil etme imkânı sağlanmıştır.

Sonuç

Bitkilerin besin elementi ihtiyaçlarının belirlenmesinde, toprakta bitkiye yarayışlı besin elementinin kapsamı, bunun etki değeri yanında uygulanacak azot miktarı ve bunun etki değerinin dikkate alınması nedeniyle Mitscherlich-Bray eşitliği kullanılmaktadır. Bu çalışmada ekmeklik buğday bitkisinin azot ihtiyacının belirlenmesinde toprakta bitkiye yarayışlı NO₃-N kapsamı, toprak azotunun etki değeri, gübre azotunun etki değeri dikkate alınarak kuru ve sulu koşullarda uygulanması gereken azot miktarı ve ekonomik olup olmadığı belirlenmiştir. Kuru koşullarda ekmeklik buğday bitkisi için toprakların KCl ile

ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ile ürün artışları arasında $y= 302.17-267.74*\log (x)$ eşitliği ($y=$ verim, a ve $b=$ hesapla bulunan sabite değerleri, $x=KCl$ ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı) ile ifade edilen ve %5 seviyesinde önemli bir ilişki belirlenmiş olup uygulanması gereken optimum azotlu gübre miktarları $\log (435-y) = \log 435 - 0.091*b_1 - 0.107*x$ eşitliğinden faydalanılarak belirlenmiştir. Sulu koşullarda ise ekmeklik buğday için toprakların KCl ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı ile ürün artışları arasında $y= 217.25-166.30 \log (x)$ eşitliği ($y=$ verim, a ve $b=$ hesapla bulunan sabite değerleri, $x=KCl$ ile ekstrakte edilebilir NO₃-N kapsamı) ile ifade edilen ve % 0.5 seviyesinde önemli bir ilişki belirlenmiş olup uygulanması gereken optimum azotlu gübre miktarları $\log (574-y) = \log 574 - 0.043*b_1 - 0.076*x$ eşitliğinden faydalanılarak belirlenmiştir. Buğday bitkisi için uygulanacak olan ekonomik azotlu gübre miktarları, toprağın azot kapsamına bağlı olarak değişmekte olup toprakta azottun bir birim artışına bağlı olarak uygulanacak azotlu gübre miktarlarının da azalmalar belirlenmiştir. Sonuçta, kuru ve sulu koşullarda toprakların farklı NO₃-N içerikleri kullanılarak yürütülen tarla denemelerinde bitkiye NO₃-N miktarının farklılıklar ve buna göre uygulanması gerekli gübre miktarında da değişiklikler belirlenmiştir. Ülkemizde bitkilerin azot ihtiyacının belirlenmesinde toprak organik madde miktarı dikkate alınmaktadır ancak bu çalışmada da ifade edildiği gibi toprak NO₃-N kapsamının kullanılabilmesi belirlenmiştir. Kuru ve sulu koşullarda yetiştiricilikte azotun eksik veya fazla uygulanmasının neden olduğu olumsuzlukların ortadan kaldırılması için bu çalışmada bulunan eşitliklerden yararlanarak uygulanacak gübre miktarları ve ekonomikliği hesaplanmalıdır. Bu nedenle ekonomik olarak uygulanması gerekli gübre miktarları hesaplanarak, yetersiz veya gereksiz gübre uygulamaları önlenerek, çiftçinin daha karlı bir üretim yapması sağlanabilir.

Teşekkürler

Bu çalışma TÜBİTAK (2170180) ve Selçuk Üniversitesi BAP Koordinatörlüğü (19201083) tarafından desteklenmiş olup destekleri için teşekkür ederiz. Ayrıca bu çalışmanın bir kısmı Ayşegül KORKMAZ'ın tez çalışmasından üretilmiştir. Yazar Ayşegül KORKMAZ, Sürdürülebilir Tarım alanında 100/2000 Yükseköğretim Kurulu Doktora Burslusudur.

Kaynaklar

- Ali A, Anum W, Ali L, Manzoor N, Shah SWH, Ch AUR, Nabi G, 2022. Application of Mitscherlich-Bray equation for fertilizer use on raya. Pak Euro J. of Medical and Life Sci. 5 (2): 301- 308. Doi: 10.31580/pjmls.v5i2.2533.
- Afzal S, Islam M, Obaid-Ur R, 2014. Application of Mitscherlich-Bray equation for fertilizer use on groundnut. Commun Soil Sci Plant Anal. 45: 1636-1645. Doi: 10.1080/00103624.2014.907911.
- Blair N, Crocker GJ, 2000. Crop rotation effects on soil carbon and physical fertility of two Australian soils. Soil Res. 38(1): 71-84.
- Bose PC, Kar R, Bajpai AK, 2010. Soil test based sulphur fertilization for targeted yields of mulberry. J. of Crop and Weed. 6(1): 22-24.
- Bray RH. 1945. Nitrates tests for soils and plant tissues. Soil Sci. 60: 219-222.
- Bremner, J. T. 1965. Inorganic forms of nitrogen. Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties. 9, 1179-1237. Doi: 10.2134/agronmonogr9.2.c33.
- Dahnke WC, 1971. Use of the nitrate specific ion electrode in soil testing. Comm. in Soil Sci. and Plant Analy. 2(2): 73-84. Doi: 10.1080/00103627109366292.
- European Communities, 2009. Reproduction is authorised provided the source is acknowledged. <https://esdac.jrc.ec.europa.eu/projects/SOCO/FactSheets/ENFactSheet-03.pdf>
- Fageria NK, Moreira A, Coelho AM, 2011. Yield and yield components of upland rice as influenced by nitrogen sources. J. of Plant Nut. 34(3): 361-370. Doi: 10.1080/01904167.2011.536878.
- Gao J, Lu Y, Chen Z, Wang L, Zhou J, 2019. Land-use change from cropland to orchard leads to high nitrate accumulation in the soils of a small catchment. Land Deg. & Develop. 30(17): 2150-2161. Doi: 10.1002/ldr.3412.
- Kassa M, Kebede F, Haile W, 2021. Forms and dynamics of soil potassium in acid soil in the wolaita zone of southern Ethiopia. Applied and Environ Soil Sci. 2021(10). Doi: 10.1155/2021/9917316.
- Korkmaz A, Yılmaz FG, Kulluk DA, Gezgin S, 2021. Kop Bölgesinde buğdayın azotlu gübre ihtiyacının belirlenmesi. 8. Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 594-595, 26-28 Ekim, Nevşehir.

- Keeney DR, Bremner JM, 1966. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability 1. *Agronomy J.* 58(5): 498-503. Doi: 10.2134/agronj1966.00021962005800050013x.
- Lu J, Bai Z, Velthof GL, Wu Z, Chadwick D, Ma L, 2019. Accumulation and leaching of nitrate in soils in wheat-maize production in China. *Agric. Water Manage.* 212: 407-415. Doi: 10.1016/j.agwat.2018.08.039.
- Polat H, 2020. Türkiye’de kimyasal azotlu gübre tüketim durumunun ve toprak analizi zorunluluğunun azotlu gübre kullanımına etkilerinin değerlendirilmesi. *Top. Su D.* 9(2): 60-71.
- Selassie YG, Suwanarit A, Suwannarat C, Sarobol E, 2003. Equations for estimating nitrogen fertilizer requirements from soil analysis for maize (*Zea mays* L.) grown on Alfisols of northwestern Ethiopia. *Agric. and Nat. Resour.* 37(2): 157-167.
- Shan L, He Y, Chen J, Huang Q, Lian X, Wang H, Liu Y, 2015. Nitrogen surface run off losses from a Chinese cabbage field under different nitrogen treatments in the Taihu Lake Basin, China. *Agric. Water Manage.* 159: 255-263. Doi: 10.1016/j.agwat.2016.12.018.
- Shakoor A, Bosch-Serra AD, Lidon A, Gineta D, Boixadera J, 2022. Soil nitrogen dynamics in fallow periods in a rainfed semiarid Mediterranean system. *Pedosphere.* Doi: 10.1016/j.pedsph.2022.06.051.
- Stanford G, Carter JN, Simpson Jr EC, Schwaninger DE, 1973. Nitrate determination by a modified Conway microdiffusion method. *J. of the Ass. of Off. Anal. Chem.* 56(6): 1365-1368. Doi: 10.1093/jaoac/56.6.1365.
- Sonar KR, Babhulkar VP, 2002. Application of Mitscherlich-Bray equation for fertilizer use in wheat. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 33(15-18): 3241-3249. Doi: 10.1081/CSS-120014519.
- Srivastava S, Subba Rao A, Aivelu K, Singh KN, Raju NS, Rathore A, 2006. Evaluation of crop responses to applied fertilizer phosphorus and derivation of optimum recommendations using the Mitscherlich-Bray equation. *Communications in Soil Sci. and Plant Anal.* 37(05-06): 847-858. Doi: 10.1080/00103620600564182.
- Sutton MA, Reis S, Riddick SN, Dragosits U, Nemitz E, Theobald MR, De Vries W, 2013. Towards a climate-dependent paradigm of ammonia emission and deposition. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sci.* 368(1621): 20130166. Doi: 10.1098/rstb.2013.0166.
- Şahin G, 2016. Türkiye’de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler. *Tarım Eko. D.* 22(1): 19-32.
- Yılmaz FG, Korkmaz A, Isik Y, Sağlık NC, Kulluk DA, Kaya Y, Kaya Y, Arısoy RZ, Partigöç F, Gezgin, S. 2021. Determination of the nitrate sufficiency limit value for nitrogenous fertilization use in wheat grown on a calcareous soils through application of Mitscherlich-Bray equation. *Comm. in Soil Sci. and Plant Anal.* 52(19): 2207-2216. Doi: 10.1080/00103624.2021.1908320.
- Vashisht BB, Nigon T, Mulla DJ, Rosen C, Xu H, Twine T, Jalota SK, 2015. Adaptation of water and nitrogen management to future climates for sustaining potato yield in Minnesota: Field and simulation study. *Agric. Water Manage.* 152: 198-206. Doi: 10.1016/j.agwat.2015.01.
- Zhou J, Gu B, Schlesinger WH, Ju X, 2016. Significant accumulation of nitrate in Chinese semi-humid croplands. *Scientific Reports.* 6:25088. Doi: 10.1038/srep25088.



Buğdayda verim ve verim parametrelerine toprak özelliklerinin etkisi

Salih DEMİRKAYA^{1*}, Elif ÖZTÜRK²

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Samsun

Öz

Bu çalışmada sera koşullarında kumlu tın ve kil bünyeye sahip iki farklı toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin verim ve verim parametrelerindeki değişim araştırılmıştır. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş ve 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Deneme sonunda hasat edilen bitki örneklerinde biyolojik verim, tane verimi, bitki boyu, ana sap kalınlığı, başak uzunluğu, başaktaki ortalama tane sayısı, ortalama tane ağırlığı, ortalama tane eni ve ortalama tane boyu gibi verim parametreleri incelenmiştir. Kil ve kumlu tın bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin verim parametreleri incelendiğinde bin tane ağırlığı, hasat indeksi ve tane boyu hariç, diğer parametrelerin istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Tüm parametrelerde en yüksek değerler kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinden elde edilmiştir. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin biyolojik ve tane verimleri kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisine göre sırasıyla %175 ve %192 oranlarında daha fazla olmuştur. Bunun nedeni kil bünyeli toprakta kireç içeriğinin daha düşük, organik madde, yarıyıllı P, toplam N ve değişebilir katyon değerlerinin yani bitki besin elementlerinin kumlu tın bünyeli toprağa göre daha yüksek olmasına bağlanabilir. Buğday yetiştiriciliğinde sıcaklık, güneşlenme, toprak nemi gibi abiotik çevre faktörlerinin aynı olması durumunda dahi buğdayda verim artışının edafik yani toprak faktörlerinin etkisi altında olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak sürdürülebilir buğday yetiştiriciliğinde toprak analiz sonuçlarının gübreleme programı ve diğer kültürel tedbirlerin uygulanmasında önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Buğday, verim, toprak özellikleri, sera.

The effect of soil properties on yield and yield parameters in wheat

Abstract

In this study, the change in yield and yield parameters of wheat plants grown in two different soils with sandy loam and clay texture under greenhouse conditions were investigated. The study was arranged in a randomized plot design and was carried out with 3 replications. Biological yield, grain yield, plant height, main stem thickness, spike length, average grain number per spike, average grain weight, average grain width and average grain length yield parameters were determined in harvested plant samples. A statistically significant differences was determined between the yield parameters of wheat plants grown on clay and sandy loam soils, excluding thousand-grain weight, harvest index and grain length. The highest values in all parameters were obtained from wheat plant grown in clay textured soil. The biological and grain yields of wheat plant grown in clay textured soil were 175% and 192% higher than wheat plant grown in sandy loam textured soil, respectively. The reason for this can be attributed to the lower lime content, higher organic matter, available P, total N and exchangeable cation values in clay textured soil compared to sandy loamy soil. It is understood that even when abiotic environmental factors such as temperature, sunlight and soil moisture are the same in wheat cultivation, the yield increase in wheat is under the influence of edaphic, that is, soil factors. As a result, it is understood that the results of soil analysis are important in the implementation of the fertilization program and other cultural measures in sustainable wheat cultivation.

Keywords: Wheat, yield, soil properties, greenhouse.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : salih.demirkaya@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 29 Kasım 2022

Kabul Tarihi : 17 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1211940

Giriş

Dünya nüfusunun kontrol edilemez artışı, tarım yapılan alanların giderek azalması ve tarımsal üretimde ortaya çıkan tüm olumsuzluklar, tarımsal üretimle uğraşan insanları hali hazırdaki ekilen alanlarından daha etkin bir şekilde yararlanma ve kullanma olanaklarını aramaya zorunlu kılmaktadır. Buğdayın adaptasyon sınırının geniş olması, üretim, depolama, işleme kolaylığı gibi avantajlarından dolayı, birçok ülkede üretimin artırılmasına yönelik çalışmalar gittikçe artmaktadır (Kün, 1996). Buğday, dünyada ve ülkemizde ekiliş ve üretim bakımından ilk sırada yer alan ürün grubunu oluşturmaktadır (Kün, 1996; Çakmak, 2008). Dünyada yılda 766 milyon ton buğday üretilirken, Türkiye'de 19 milyon ton buğday üretilmektedir (TÜİK, 2019). İnsan beslenmesinde temel kalori ihtiyacını karşılama yanında hayvan beslenmesinde de kullanılan önemli bir kültür bitkisidir. Buğdayın kalitesi toprak, iklim ve tane özellikleri tarafından belirlenmektedir.

Toprak tekstürü toprağın havalanmasını, su tutma kapasitesini, besin elementlerinin yayılabilirliğini, erozyona karşı direncini ve işlenebilirliğini etkileyen en önemli fiziksel toprak özelliklerinden birisidir (Nyiraneza ve ark. 2012; Chen ve ark., 2020, Özdemir, 2020, Gülser ve Kızılkaya, 2020). Ayrıca toprakların fiziksel özelliklerinin bitkilerin kök gelişimini etkilediği de bilinmektedir (İç ve ark. 2010; İç ve Gülser, 2012). Çoğu durumda kumlu toprakların verimliliği, düşük su tutma kapasitesi, yüksek infiltrasyon oranı, yüksek evaporasyon, düşük organik madde ve besin elementi içeriği gibi faktörler tarafından sınırlanmaktadır. Toprak bünyesi kum bünyeden, silt, kil veya siltli kil bünyeye doğru değiştiğinde topraktaki makro gözeneklerin sayısı azalmakta, suyun tutulma süresi artmakta, böylece toprak bitki gelişimi için gerekli suyu ve azotu sağlayabilmektedir (Su ve ark., 2010; Shareef ve ark., 2019). Kumlu topraklarda verimi olumsuz etkileyen bu özelliklerini ortadan kaldırmak için genellikle ahır gübresi, kompost, biochar, vermikompost vs. gibi organik madde kaynakları uygulanmaktadır. Organik madde ilavesinin toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiği birçok çalışmayla ortaya konulmuştur (Gülser, 2006, Candemir, 2010). Kil bünyeli topraklardaki agregatlaşma oranının fazla olması, bu topraklardaki organik maddenin ayrışmaya karşı fiziksel bir direnç kazanmasına ve kil bünyeli toprakların organik madde miktarının çoğunlukla kum bünyeli topraklardan daha fazla olmasına neden olmaktadır (Six ve ark., 2000).

Gülser ve ark., (2019) kumlu killi tın bünyeli toprakta yapmış oldukları çalışmada farklı gelişim dönemlerinde uygulanan yaprak gübrelemesinin buğday bitkisinin verimine etkisini incelemişlerdir. En düşük verimi kontrol uygulamasında (1.32 t/ha) en yüksek verimi kardeşlenme ve sapa kalkma döneminde uygulanan yaprak gübrelemesinden (2.14 t/ha) elde etmişlerdir. Mojid ve ark., (2020) beş farklı toprak tekstürünün (tınlı kum, kumlu tın, tın-1, tın-2 ve siltli tın) buğday bitkisinin verim ve verim parametrelerine etkilerini inceledikleri çalışmada, en yüksek tane, sap ve biyolojik verimin kil ve organik madde miktarının en yüksek olduğu siltli tınlı topraktan, en düşük verimi ise kum miktarının en fazla, organik madde miktarının en az olduğu tınlı kum bünyeli topraktan elde etmişlerdir.

Bu çalışmada sera koşullarında kumlu tın ve kil bünyeye sahip iki farklı toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin verim ve verim parametrelerindeki değişim araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında 15.02.2022 ile 15.06.2022 tarihleri arasında yürütülmüştür. Denemede kullanılan farklı tekstürlere sahip toprak örnekleri Ondokuz Mayıs Üniversitesinin Merkez ve Bafra Deneme alanlarından temin edilmiştir. Toprak örnekleri hava kuru duruma getirildikten sonra dövülüp, 2 mm'lik elekten geçirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Toprakta pH ve elektriksel iletkenlik analizi 1:1 toprak:su karışımında pH ve EC metre yardımıyla ölçülmüştür. Toprak tekstürü hidrometre yöntemiyle (Gee ve Or, 2002), organik madde miktarı Walkley Black metoduyla (Nelson ve Sommers 1982), kireç içeriği kalsimetreyle (Moodie ve ark., 1959), değişebilir katyonlar 1 N amonyum asetat yöntemiyle (Jackson, 1958) ve yayımlı fosfor Olsen yöntemiyle (Olsen ve ark., 1982) belirlenmiştir.

Deneme istasyonlarından alınan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Kampüs deneme alanına ait toprak örneği; kil bünyeli, nötr reaksiyonlu, tuzsuz, az kireçli ve yüksek organik maddeli olarak belirlenmiştir. Bafra deneme alanına ait toprak örneği ise kumlu tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, orta kireçli ve orta düzeyde organik maddeye sahiptir.

Çizelge 1. Kampüs ve Bafra deneme alanlarına ait toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Birim	Kampüs deneme alanı	Bafra deneme alanı
Kum		12,13	68,20
Silt	%	25,13	19,17
Kil		62,74	12,63
Bünye	-	Kil	Kumlu tın
pH	1:1	6,80	7,65
EC	dS m ⁻¹	0,60	0,32
Kireç		3,02	13,95
Organik madde	%	4,14	2,60
Toplam N		0,12	0,06
Yarayışlı P	mg kg ⁻¹	19,55	11,61
Değişebilir K		0,72	0,53
Değişebilir Ca	cmol kg ⁻¹	22,14	18,41
Değişebilir Mg		17,75	7,76

Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olacak şekilde düzenlenmiştir. Denemede 12 cm yüksekliğinde 15 cm çapında plastik saksılar kullanılmıştır. Her bir saksıya 1 kg toprak örneği konulmuş ve metrekarede 500 bitki esas alınarak her saksıda 8 bitki olacak şekilde ekim yapılmıştır. Deneme başlangıcında saksılara eşit miktarda üre formunda 8 kg N/dekar olacak şekilde azotlu gübreleme yapılmıştır. Denemede Altındane buğday çeşidi kullanılmıştır. Deneme süresince saksılar iki gün arayla tartılarak sulama işlemi yağmur hasadından elde edilen su ile yapılmıştır. Deneme sonunda başak oluşturup olgunlaşan bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Bitki örneklerinde biyolojik verim, tane verimi, bitki boyu, ana sap kalınlığı, başak uzunluğu, başaktaki ortalama tane sayısı, ortalama tane ağırlığı, ortalama tane eni ve ortalama tane boyu gibi verim parametreleri incelenmiştir.

Denemeden elde edilen veriler SPSS 17 programı kullanılarak tek yönlü varyans analiz yöntemine göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kil ve kumlu tın bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerine ait verim parametreleri ve istatistiksel değerlendirmeler Çizelge 2'de verilmiştir. Kampüs ve Bafra deneme alanı topraklarında yetiştirilen buğday bitkilerinin verim parametreleri incelendiğinde bin tane ağırlığı, hasat indeksi ve tane boyu hariç, diğer parametrelerin istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık gösterdiği belirlenmiştir.

Çizelge 2. Kampüs ve Bafra deneme alanlarına ait topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin verim ve bazı verim parametrelerine ait değerler

Parametre	Birim	Kampüs deneme alanı	Bafra deneme alanı	Önem derecesi P<0.05
Biyolojik verim	g/saksı	13,20	4,79	*
Tane verimi		4,03	1,38	*
Hasat indeksi	%	30,55	28,81	ö.d.
Bin tane ağırlığı	g	31,90	31,59	ö.d.
Bitki boyu	cm	44,60	37,00	*
Ana sap kalınlığı	mm	2,93	2,40	*
Başak uzunluğu	cm	9,00	7,27	*
Başak ort. tane sayısı	adet	20,70	6,00	*
Ort. tane ağırlığı	g	0,58	0,20	*
Ort. tane eni	mm	2,71	2,40	*
Ort. tane boyu		6,20	6,10	ö.d.

ö.d.: İstatistiksel olarak önemli değil

Hasat indeksi fotosentez yoluyla tane üretebilmesiyle alakalı fizyolojik kapasitesini ifade eder ve tane veriminin toplam biyolojik verime oranlanmasıyla elde edilir. Verim ile pozitif ilişkili bir parametredir (Budak ve Yıldırım, 1995). Kil ve kumlu tın bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin hasat indeksi değerleri arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir. İki farklı deneme alanından elde edilen hasat indeksi değerleri arasındaki farkın birbirine yakın olması hem biyolojik verim hem de tane verimindeki değişimin iki deneme alanında yaklaşık olarak aynı oranlarda gerçekleştiğini göstermektedir. Hasat indeksinin yüksek veya düşük olması çevresel faktörlerden kaynaklanmakta, bunları

iklim ve toprak yapısı gibi faktörler etkilemektedir. Hasatta istenen durum fazla tane, daha az sap ve saman verimi olmasıdır (Abbas ve Topal, 2016).

Hasat indeksiyle benzer olarak kumlu tın ve kil bünyeli topraklardan elde edilen buğday bitkilerinin bin tane ağırlıkları arasında istatistiksel olarak bir fark tespit edilememiştir (Çizelge 2). Bin tane ağırlığı önemli bir kalite parametresi olmakla beraber, bitkinin genetik yapısına, iklim ve toprak özelliklerine, metrekaredeki başak sayısına ve başakta tane sayısına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Abbas ve Topal, 2016). Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerini bin tane ağırlıkları sırasıyla (31.90g) ve (31.59g) olmuştur. Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bazı çalışmalarda, bin tane ağırlığının 31.7g ve 46.1 g arasında değiştiği, tane dolum döneminde topraktaki besin elementlerinin durumunun bin tane ağırlığını etkilediği raporlanmıştır (Sade ve ark., 1999; Mut ve ark., 2007; Şermet, 2011).

Bitki boyu, bitkilerin fotosentez kabiliyetini artırması ve ekonomik verime katkısı açısından önemli bir parametredir. Bitki boyu, çevresel faktörler ve yetiştirme tekniklerinden etkilenen, temelde genetik kaynaklı bir özelliktir. (Çağlar ve ark., 2006). Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin bitki boyları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin boyu (44.6 cm), kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilene (37.0 cm) göre %20 oranında daha uzun olmuştur (Çizelge 2).

Ana sap kalınlığı buğdayda yatma direncinin bir göstergesi olarak kabul edilir ve daha da önemlisi buğdayda tane dolumu sırasında kullanılan karbondhidratlar çiçeklenme öncesi ana sapta birikir (Gent, 1994). Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin ana sap kalınlıkları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin ortalama ana sap kalınlığı (2.93 mm), kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin ortalama ana sap kalınlığından (2.40 mm) %22 oranında daha fazla olmuştur (Çizelge 2). Tahıllardaki başakların daha uzun olması, tanelerin daha dolgun hale gelmesini ve tane ağırlığının artmasına ve başakta tane sayısının artmasını sağlaması bakımından önemli bir parametredir. Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin başak uzunlukları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerinin ortalama başak uzunlukları (9.00 cm) kumlu tın bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinin ortalama başak uzunluğuna (7.27 cm) göre %24 oranında daha fazla olmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerinin ana sap kalınlığının ve başak boyunun kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerinden daha fazla olması başaktaki ortalama tane verimini olumlu etkilemiştir. Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin başaklarındaki ortalama tane sayıları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerinin başaklarındaki ortalama tane sayısı (20.7 adet), kumlu tın bünyeli toprakta yetişene (6.0 adet) göre %245 oranında daha fazla olmuştur (Çizelge 2).

Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin ortalama tane ağırlıkları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerinin ortalama tane ağırlıklarının (0.58 g), kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkilerindekilere (0.20 g) göre %190 oranında daha fazla olduğu belirlenmiştir. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin tane eni (2.71 mm) tane boyu (6.20 mm) olarak belirlenirken, kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinde tane eni (2.40 mm) tane boyu (6.10 mm) tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin biyolojik verimleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kil bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin biyolojik verimi (13.20 g/saksı) kumlu tın bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisine (4.79 g/saksı) göre %175 oranında daha fazla olmuştur.

Kumlu tın ve kil bünyeli topraklarda yetiştirilen buğday bitkilerinin tane verimleri arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Tane verimi incelendiğinde kil bünyeli topraktan (4.03 g/saksı) kumlu tın bünyeli toprağa (1.38 g/saksı) göre %192 oranında daha fazla verim elde edilmiştir (Çizelge 2). Kampüs deneme alanı toprağının daha fazla kil ve organik madde içermesi verimdeki bu farklılığın kaynağı olabilir. Topraktaki kil ve organik madde, bitkinin su kullanım etkinliğini ve azot alımını artırarak verim üzerinde olumlu etki yapmaktadır (N'Dayegamiye ve Tran, 2001; Tahir ve ark., 2011; Wang ve ark., 2020). Roncucci ve ark., (2014) toprak tekstürünün *Miscanthus* (*Miscanthus* × *giganteus* Greef et Deu.) bitkisinin verimini etkilediğini, yaptıkları çalışmada kumlu killi tın bünyeli topraktan (1.91 ton/da) kumlu tın bünyeli toprağa göre (1.09 ton/da) %75 oranında daha yüksek verim elde ettiklerini bildirmişlerdir. Bir başka çalışmada kil

bünyeli toprakta yetiştirilen buğday bitkisinin veriminin, kum bünyeli toprakta yetiştirilene göre %46 oranında daha fazla olduğunu ifade etmişlerdir (Duo ve ark., 2016).

Toprakta ekim sırasında yeterli fosfor bulunması buğday bitkisinin çimlenmesi, kök gelişimi ve büyümesi için oldukça önemlidir (Blue ve ark., 1990; Grant, 2001). Ayrıca fosfor bitkinin su kullanım etkinliğini de artırmaktadır (Gupta, 2003). Kampüs deneme alanı toprağının Baфра deneme alanı toprağından daha fazla fosfor içeriğine sahip olması, verimde farklılıklara yol açmış olabilir.

Sonuç

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde Kampüs deneme alanında yetiştirilen buğday bitkisinin verim parametrelerindeki artışın, Baфра deneme alanından alınan kumlu tın bünyeye sahip topraklarda yetiştirilen buğday bitkisinininkinden fazla olduğu görülmüştür. Bu parametrelerde görülen artışın nedeni kil bünyeli toprakta kireç içeriğinin daha düşük, organik madde, yarıyıllı P, toplam N ve değişebilir katyon değerlerinin, yani bitki besin elementlerinin kumlu tın bünyeli toprağına göre daha yüksek olmasına bağlanabilir. Bu çalışmadan elde edilen veriler bir kez daha buğday yetiştiriciliğinde yapılacak gübreleme programlarının toprak analiz sonuçlarına göre yapılmasının ne kadar önemli olduğunu göstermektedir. Buğday yetiştiriciliğinde sıcaklık, güneşlenme, toprak nemi gibi abiotik çevre faktörlerinin aynı olması durumunda dahi buğdayda verim artışının edafik yani toprak faktörlerinin etkisi altında olduğu anlaşılmaktadır. Sonuç olarak sürdürülebilir buğday yetiştiriciliğinde toprak analiz sonuçlarının gübreleme programı ve diğer kültürel tedbirlerin uygulanmasında önemli olduğu anlaşılmaktadır.

Kaynaklar

- Abbas B, Topal A, 2016. Farklı kaynaklardan temin edilen ekmeklik buğday genotiplerinin verim ve verim unsurları yönünden değerlendirilmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 5(2), 89-98.
- Blue EN, Mason SC, Sander DH, 1990. Influence of planting date, seeding rate, and phosphorus rate on wheat yield. Agron J. 82(4): 762-768.
- Budak N, Yildirim, MB, 1995. Harvest index, biomass production and their relationships with grain yield in wheat. Ziraat Fakültesi Dergisi, 32, 25-28.
- Cakmak I, 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic biofortification. Plant and soil, 302(1), 1-17.
- Candemir F, Gülser C, 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42(1), 13-28.
- Chen LF, He ZB, Zhao WZ, 2020. Soil structure and nutrient supply drive changes in soil microbial communities during conversion of virgin desert soil to irrigated cropland. Eur. J. Soil Sci. 71, 768-781.
- Çağlar Ö, Öztürk A, Bulut S, 2006. Bazı ekmeklik buğday çeşitlerinin Erzurum ovası koşullarına adaptasyonu. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1), 1-7.
- Dou F, Soriano J, Tabien RE, Chen K, 2016. Soil texture and cultivar effects on rice (*Oryza sativa*, L.) grain yield, yield components and water productivity in three water regimes. PloS one, 11(3), e0150549.
- Gee GW, Or D, 2002. 2.4 Particle-size analysis. Methods of soil analysis. Part, 4(598), 255-293.
- Gent MP, 1994. Photosynthate reserves during grain filling in winter wheat. Agronomy Journal, 86(1), 159-167.
- Grant CA, Flaten DN, Tomasiewicz DJ, Sheppard SC, 2001. The importance of early season phosphorus nutrition. Can J Plant Sci. 81(2): 211-224.
- Gupta PK, 2003. Major plant nutrient. In: Guptak PK, editor. Soil, Fertilizer and Manure. 2nd Edn ed. Jodhpur: Agrobios India.
- Gülser C, 2006. Effect of forage cropping treatments on soil structure and relationships with fractal dimensions. Geoderma, 131(1-2), 33-44.
- Gülser C, Kızılkaya R, 2020. Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 8(1): 46-52.
- Gülser C, Zharlygasov Z, Kızılkaya R, Kalimov N, İzzet Akça, Zharlygasov Z, 2019. The effect of NPK foliar fertilization on yield and macronutrient content of grain in wheat under Kostanai-Kazakhstan conditions. Eurasian Journal of Soil Science, 8(3), 275-281.
- İç S, Gülser C, 2012. Effects of rice husk application and planting on some properties of different textured soils. In: Proceedings of the 8th International Soil Science Congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management" May 15-17, 2012. Çeşme-İzmir, Turkey, Vol:2, p. 98-102.

- İç S, Gülser C, Candemir F, Demir Z, 2010. Effects of plant growth on some physical properties of different textured soils. In: Proceedings of the International Soil Science Congress on Management of Natural Resources to Sustain Soil Health and Quality. May 26-28, 2010. Samsun, Turkey. pp. 1072- 1077.
- Jackson ML, 1958. Soil Chemical Analysis, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ.
- Kün E, 1996. Serin iklim tahılları (3. Baskı). Ankara Üniv. Zir. Fak. Yay, (1451), 431.
- Mojid MA, Mousumi KA, Ahmed T, 2020. Performance of wheat in five soils of different textures under freshwater and wastewater irrigation. *Agricultural Science*, 2(2), p89-p89.
- Moodie CD, Smith HW, McCreery RA, 1959. Laboratory manual for soil fertility. Washington State College Mimeograph, Washington
- Mut Z, Aydın N, Bayramoğlu HO, Özcan H, 2007. Bazı ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) genotiplerinin verim ve başlıca kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2): 193-201.
- N'Dayegamiye A, Tran TS, 2001. Effects of green manures on soil organic matter and wheat yields and N nutrition. *Canadian Journal of Soil Science*, 81(4), 371-382.
- Nelson OW, Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In A. L. Page, R. H. Miller, and D. R. Keeney (eds.). *Methods of Soil Analysis, Part 2. Agronomy* 9:539-579.
- Nyiraneza J, Zebarth BJ, Ziadi N, Sharifi M, Burton DL, Drury CF, Bittman S, Grant CA, 2012. Prediction of soil nitrogen supply in corn production using soil chemical and biological indices. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76, 925-935.
- Olsen SR, Sommers LE, 1982. Phosphorus. In: Page et al. A.L. (Eds.), *Methods of Soil Analyses: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, Am. Soc. Agron., WI, USA, pp. 403-430
- Özdemir N. 2020. Effects of land and plant managements on soil erodibility in the Turhal District of Tokat, Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4), 362-367.
- Roncucci N, Nassi O Di Nasso, N, Bonari, E, Ragaglini, G, 2015. Influence of soil texture and crop management on the productivity of miscanthus (*Miscanthus× giganteus* Greef et Deu.) in the Mediterranean. *Gcb Bioenergy*, 7(5), 998-1008.
- Sade B, 1999. Tahıl Islahı (Buğday ve Mısır). Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 31, Konya.
- Shareef M, Gui DW, Zeng FJ, Waqas M, Ahmed Z, Zhang B, Iqbal H, Xue J,. 2019. Nitrogen leaching, recovery efficiency, and cotton productivity assessments on desert-sandy soil under various application methods. *Agric. Water Manag.* 223, 105716-105724.
- Six J, Paustian K, Eloit ET, Combrink C, 2000. Soil structure and soil organic matter, I. distribution of aggregate size classes and aggregate associated carbon. *Soil Sci Soc Am J* 64:681-689.
- Su YZ, Yang R, Liu WJ, Wang XF, 2010. Evolution of Soil Structure and Fertility after Conversion of Native Sandy Desert Soil to Irrigated Cropland in Arid Region, China. *Soil Sci.* 175, 246-254.
- Şermet C, 2011. Orta Karadeniz sahil bölümünde yetiştirilebilecek ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.) çeşitlerinde verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Yüksek lisans tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Samsun.
- Tahir M, Ayub M, Javeed H R, Naeem M, Rehman H, Waseem M, Ali M, 2011. Effect of different organic matter on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. j. life soc. Sci*, 9(1), 63-66.
- TÜİK, 2019. Turkish Statistical Institute. 2019. Available online: http://tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (accessed on 15 May 2019).
- Wang L, Li Q, Coulter JA, Xie J, Luo Z, Zhang R, Li L, 2020. Winter wheat yield and water use efficiency response to organic fertilization in northern China: A meta-analysis. *Agricultural Water Management*, 229, 105934.



Çilek üretiminde plastik malç uygulamasından kaynaklı toprakta plastik birikiminin belirlenmesi

Muhittin Onur AKÇA^{1*}, Sedat GÜNDOĞDU², Oğuz Can TURGAY¹

¹Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

²Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Temel Bilimler Bölümü, Adana

Öz

Tarımda plastik malç kullanımı, küresel boyutta tarımsal üretimi büyük ölçüde artıran, ancak çevresel olarak ciddi miktarda plastik kirliliği yaratan bir uygulamadır. Bu çalışmada, 2008 (H1) ve 2017 (H5) yıllarından bu yana çilek üretiminde plastik malç uygulanan Konya ili Hüyük İlçesi tarım topraklarındaki plastik miktar ve türleri araştırılmıştır. Toprak örneklerinde plastikleri ekstrakte etmek için NaCl (1.2 g cm⁻³) çözeltisi kullanılmıştır. Topraktaki plastik partikül sayıları on dört yıl boyunca plastik malç kaplaması yapılan toprakta 377.33 partikül kg⁻¹ bulunurken, 5 yıl boyunca plastik malç kaplaması yapılan toprakta ise 75.53 partikül kg⁻¹ belirlenmiştir. Ekstrakte edilen tüm plastiklerin ortalama boyutu 2.04±0.12 mm olarak hesaplanmıştır. H1 tarlasına ait toprak örneğinde plastiklerin boyutu 1.98 ± 0.14 mm iken, H5 tarlasında ise 2.30±0.32 mm olarak bulunmuştur. H1 toprak örneğinde % 92.76 mikroplastik ve % 7.24 mezoplastik tespit edilmişken, H5 örneğinde % 82.35 mikroplastik ve % 17.65 mezoplastik tespit edilmiştir. Zayıflatılmış Toplam Reflektans - Fourier Dönüşümü Kızılötesi Spektroskopisi (ATR-FTIR) analizleri sonucu tespit edilen plastiklerin bileşiminin uygulanan malç materyali ile eşleştiği ve tespit edilen polimer türünün polietilen (PE) olduğu, bu durumun da plastik partiküllerin malç materyalinden kaynaklandığını ortaya koymuştur. Elde edilen bu bulgular, tarımda plastik malç materyali kullanımının karasal ortamlarda önemli mikroplastik birikimi oluşturduğunu doğrulamaktadır. Bu plastiklerin de uzun vadede toprakta birikmesi ve daha da küçük partiküllere ayrılması sonucu toprak kalitesinin bozulacağı kaçınılmazdır.

Anahtar Kelimeler: Toprak, Plastik Malç, Plastik birikimi, Ekstraksiyon.

Determination of plastic accumulation in soil from plastic mulch application in strawberry production

Abstract

Using plastic mulch in agriculture greatly increases agricultural production on a global scale, but creates serious plastic pollution in the environment. The present study investigated the abundance and type of plastics in the agricultural soils of the Hüyük District of Konya, where a large amount of plastic mulch is applied in strawberry production since 2008 (H1) and 2017 (H5). NaCl (1.2 g cm⁻³) solution was used to extract plastics in soil samples. The number of plastic particules in plastic mulch covered soil for 14 years was 377.33 particles kg⁻¹ while it was 75.53 particles kg⁻¹ in plastic mulch covered soil for 5 years. The average size of all extracted plastics was calculated as 2.04±0.12 mm. The size of the plastics in the soil sample belonging to the H1 field was 1.98 ± 0.14 mm, it was found to be 2.30±0.32 mm in the H5 field. In the H1 field, 92.76% microplastic and 7.24% mesoplastic were detected and 82.35% microplastic and 17.65% mesoplastic were detected in the H5 field. It was revealed that the composition of the plastics determined as a result of Attenuated Total Reflectance- Fourier Transform Infrared Spectroscopy (ATR-FTIR) analyzes matched with the mulch material and the detected polymer type was polyethylene (PE), resulting from the applied mulching materials of the plastic particles. These findings confirm that using plastic mulch material in agriculture creates significant microplastic accumulation in terrestrial environments. Soil quality will inevitably decline day by day as a result of the accumulation of these plastics in the soil in the long term and their disintegration into smaller particles.

Keywords: Soil, Plastic Mulch, Plastic Accumulation, Extraction.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 312 596 1188

E-posta : moakca@ankara.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 7 Ekim 2022

Kabul Tarihi : 17 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1185820

Giriş

Plastik ürünler düşük maliyetleri, kolay şekillendirilebilir olmaları ve ekonomik olmalarından dolayı oldukça geniş kullanım alanına sahiptir. Küresel plastik üretimi 1950’de 1.7 milyon ton iken, 2019’da 368 milyon tona yükselmiştir (PlasticsEurope, 2020). Küresel plastik üretiminin 2050 yılına kadar 33 milyar tona ulaşacağı tahmin edilmektedir (Sharma ve ark., 2020). Bununla birlikte 2015 yılından beri üretilen plastiğin sadece %9’u geri dönüştürülmüş, %12’si yakılmış ve kalan %79’u ise çevreye gelişigüzel atılmıştır (Geyer ve ark., 2017). Plastikler, bozunmaya karşı dirençli olmaları sebebiyle buldukları ortamda yüzyıllarca kalabilmekte ya da daha küçük plastik parçacıklara dönüşerek taşınabilmektedir (Guo ve ark., 2020).

Plastik atıklar zamanla topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik ayrışma/parçalanma süreçlerinde <5 mm’den daha küçük “mikroplastik (MP)” partiküllere dönüşebilmektedir (Koutnik ve ark., 2021). Toprak ekosisteminin sucul ekosistemden daha çok MP içerdiğine dair çalışmalar mevcuttur (Iqbal ve ark., 2020; Ya ve ark., 2021). Su ekosistemiyle karşılaştırıldığında, karasal ekosistemlere salınan MP miktarlarının sudan 4 - 23 kat daha fazla olduğu bildirilmiştir (Horton ve ark., 2017). Tarım arazileri; plastik malç, organik gübre, sulama, arıtma çamuru uygulamaları ve atmosferik birikim dâhil olmak üzere çok çeşitli yollarla tarım toprağına girebildikleri için MP’lerin ana birikim yerleri olarak bilinmektedir. Toprakta bulunan bu MP’lerin varlığı toprak sağlığı ve ekolojik çevre için ciddi bir potansiyel tehdit oluşturmaktadır. Örneğin; topraklara ilave edilen MP’ler ile toprak mikrobiyal aktivitesi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi ve buharlaşma gibi parametrelerin değişimi ile toprak ve bitki sağlığı üzerine olumsuz etkiler ortaya çıkmaktadır (Akça ve Ok 2021). Meydana gelen bu tehditlerin büyük bir kısmı henüz tam olarak aydınlatılabilmemiş değildir (de Souza Machado ve ark., 2018; Zhou ve ark., 2020a).

Artan küresel krizler sırasında gıda güvenliğini sağlamak, yaşadığımız çağda büyük bir zorunluluk haline gelmiştir (Godfray ve ark., 2010). Her geçen gün artış gösteren dünya nüfusunu beslemek için birim alandan elde edilen ürün miktarının artırılması ihtiyacı nedeniyle ortaya çıkan uygulamalar içerisinde plastik malç materyali kullanımı en önde gelen yaygın tekniklerden biridir. Plastik malç kullanımı ile topraktaki suyun buharlaşması azaltılmakta, üst toprak sıcaklığı kontrol edilmekte ve böylelikle toprağın nem içeriği sabit tutulabilmektedir (Kader ve ark., 2017). Plastik malç uygulamasının yabancı ot gelişimini baskıladığı ve yetiştirilen ürünün besin kullanım verimliliğini artırdığı da çeşitli araştırmacılar tarafından belirtilmiştir (Feng ve ark., 2017; Gao ve ark., 2019).

Tarımda plastik malç kullanımının yaygınlaşmasıyla beraber, son yıllarda Avrupa’da plastikle kaplı yaklaşık 460.000 hektar alanın oluşmasına yol açmıştır (Razza ve ark., 2019). Genellikle polietilenden yapılan plastik malç materyalleri, 1956’dan beri tarımsal üretimde kullanılmakta ve küresel pazarı sürekli büyüyerek 2017 yılında yaklaşık 2×10^6 tona ulaşmıştır (Moine ve Ferry, 2019).

Son 50 yılda, büyük ölçekli plastik malç uygulaması, tarımda birçok avantaj sağlamış olsa da aynı zamanda topraklarda büyük miktarda plastik kirliliğine de yol açmıştır (Qi ve ark., 2020, Wang ve ark., 2021). Mikroplastikler daha çok malç uygulanmış tarım topraklarında bulunmaktadır (Briassoulis ve ark., 2010; Akça ve Ok 2022; Gündoğdu ve ark., 2022). Örneğin, Kuzeybatı Çin’deki tarım arazilerini malçlamak için PE tipi malç materyali kullanımı ile arazinin %60-100’ü kaplanmıştır (Zhang ve ark., 2016). Çoğunlukla PE’den yapılan plastik malçlar, tekrar toplamanın neden olduğu yüksek maliyet nedeniyle hasattan sonra genellikle tarım arazilerinde bırakılmaktadır (Zhou ve ark., 2020b), bu durum da her yıl topraklarda plastik kalıntıların birikmesine neden olmaktadır (Zhang ve ark., 2020). Toprakta bırakılan bu plastik kalıntılar toprağın geçirgenliğini azaltmakta, su hareketini engellemekte ve köklere dolanmakta, böylelikle kök tarafından besin ve su alınımı deng esizleşmekte ve sonuçta kök büyümesi gecikmektedir (Jiang ve ark., 2017; Qi ve ark., 2020). Bu bakımdan, tarımda plastik malç kullanımında dikkatli olunmalıdır, çünkü bu plastik materyaller kullanım sırasında mekanik olarak gerilmekte (ultraviyole radyasyon, fiziksel deformasyon vb.) ve kırılabilir bir hal almaktadır (Astner ve ark., 2019), bu durum da kullanım ömürlerinin sonunda bu materyalin tarladan tamamen çıkarılmasını zorlaştırmaktadır. Böylelikle plastik malç partikülleri daha küçük partiküllere ayrılmakta (<5 mm) ve üreticinin toprağı işleyişini zorlaştırmaktadır (Qi ve ark., 2020; Rillig ve ark., 2021). Daha küçük partiküllere (<5 mm) dönüşen plastik malçların çoğu, fotolitik, mekanik ve biyolojik bozunmanın bir sonucu olarak MP kirleticiye dönüşmektedir (Akça ve Ok 2021).

Plastik malçların uygulandıkları alanlara ne ölçüde MP yaydığı tam olarak anlaşılamamıştır. Yapılan bazı çalışmalarda topraktaki plastik partikül sayılarına bakıldığında; Çin’de 1000-42000 partikül kg^{-1} (Huang ve ark., 2020), Avrupa’da nispeten daha düşük oranda 4-11 partikül kg^{-1} olduğu görülmektedir (Harms ve ark., 2021). Yapılan sınırlı çalışmalar, plastik malç uygulaması yoluyla tarım arazilerinin MP’lerle potansiyel

olarak kirlendiğini göstermekte ve bu konu nadiren dikkate alınmaktadır. Bu nedenle, çevresel ve agronomik bir bakış açısıyla değerlendirme yapıldığında, uzun vadeli plastik malç uygulamasının toprakların MP içeriğini artırıp artırmadığı ortaya konulmalıdır.

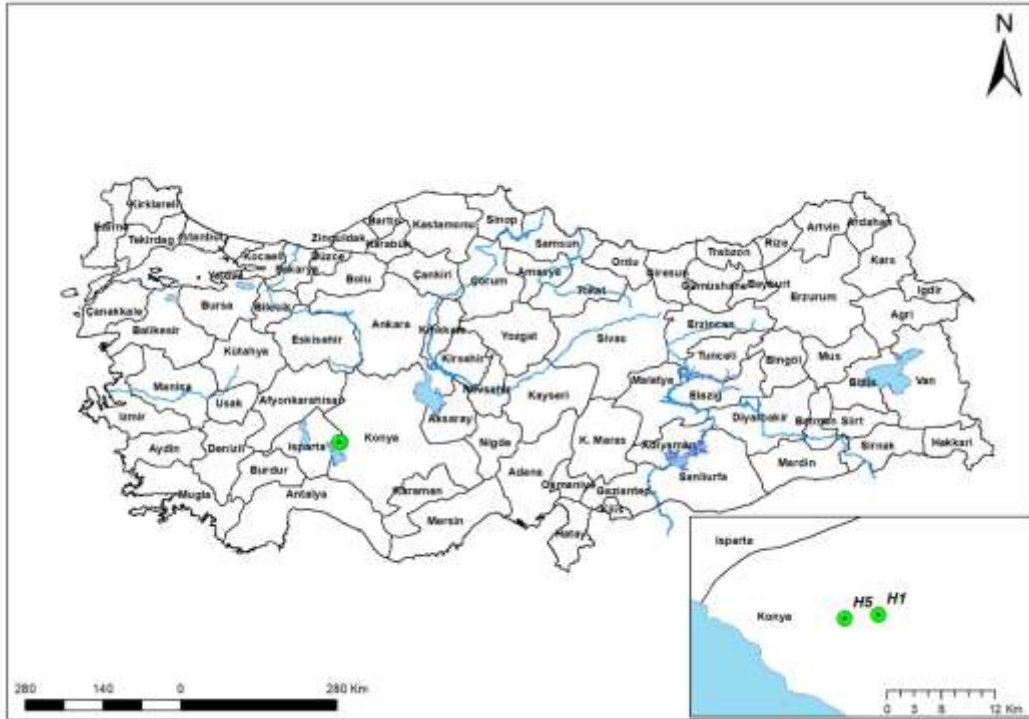
Denizel ortamlarda; MP belirleme aşamaları; örnekleme (Song ve ark., 2014), ayırma (Claessens ve ark., 2013), ve tanımlama (Vianello ve ark., 2013) yaygın olarak bilindiği için denizel ortamlarda MP'ler ile ilgili kapsamlı araştırmalar ortaya konulmuştur, ancak özellikle tarımsal ekosistemlerde MP'ler hakkında çok az çalışma yapılmıştır (Briassoulis ve ark., 2015a, Briassoulis ve ark., 2015b). Benzer şekilde, ülkemizde sucul ortamlardaki plastik kirliliği (Aytan ve ark., 2016; Gündoğdu 2017; Gündoğdu ve Çevik 2017; Gündoğdu ve ark., 2017), tuz gölü tuzları (Çatalbaş, 2017), deniz sedimentleri ve balıklar (Gökdağ, 2017) çalışmaları mevcuttur, ancak ülkemiz tarım topraklarındaki MP birikimi hakkında da çok sınırlı bilgi bulunmaktadır. Bu konuda doğrudan plastik örtü uygulaması sonucu topraktaki MP varlığını ortaya koyan sınırlı çalışmalardan biri Gündoğdu ve ark. (2022) tarafından yapılmıştır. Gündoğdu ve ark. (2022) Çukurova'da alçak tünel şeffaf malç plastik uygulaması yapılan bazı tarım topraklarında plastik partikül sayısının 16.5 partikül kg^{-1} olduğunu tespit etmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de yoğun olarak plastik malç kullanılan çilek yetiştiriciliğinde toprakta plastik birikimini niceliksel ve niteliksel açıdan değerlendirmektir. Bu amaca yönelik olarak farklı plastik malç uygulama geçmişine sahip olan çilek tarlalarından toplanan toprak örneklerinde plastik ekstraksiyonu yapılarak plastik miktar, boyut, şekil ve tür analizleri gerçekleştirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma materyalini Konya İli Hüyük İlçesi'nde çilek yetiştiriciliğinin yoğun bir şekilde yapıldığı plastik malç kullanılan alanları temsilen seçilen 1 dekardan büyük iki ayrı tarım arazisinden alınan toprak örnekleri oluşturmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının konumu ve örnekleme yapılan alanlar

Çalışma alanı

Örnekleme alanı, Konya ili Hüyük ilçesinde çilek yetiştiriciliği yapılan ve en yoğun malç uygulamasının olduğu tarım arazileridir. Toprak örnekleri, 2022 yılı Nisan ayı içerisinde 14 (H1) ve 5 (H5) yıl boyunca sürekli malç uygulaması yapılan iki çilek tarlasından alınmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Örnekleme noktalarının bazı karakteristik özellikleri

Toprak örneği	Konumu	Plastik kullanımı*	En son hasat edilen ürün	Malç uygulanma süresi (yıl)	Tarlada plastik kalıntısı
H1	377395.85K, 4204123.10G	Malç	Çilek	14	Var
H5	374437.50K, 4203774.81G	Malç	Çilek	5	Var

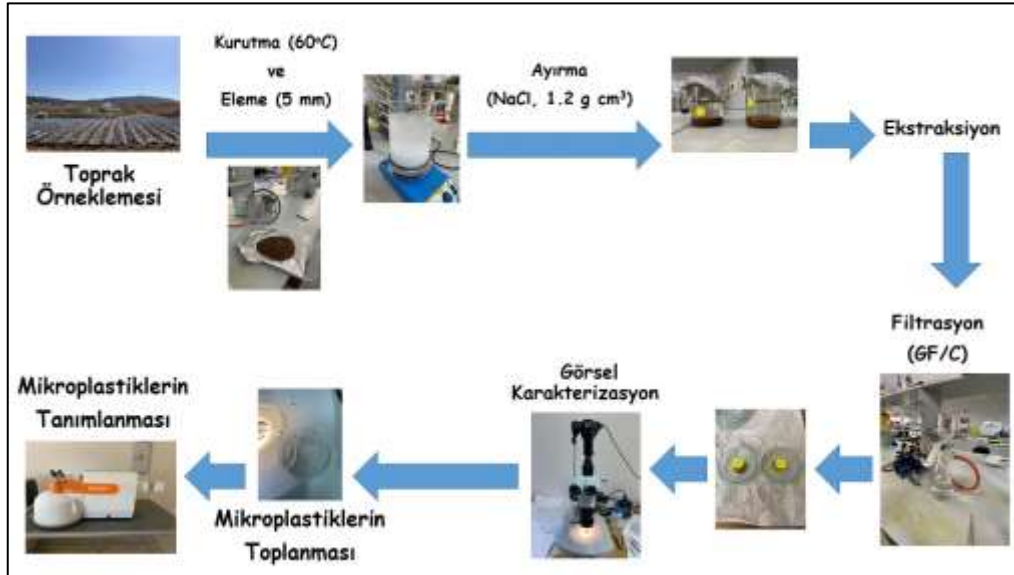
*: polietilen malç materyali

Örnek Hazırlığı ve Plastik Ekstraksiyonu

Her iki araziden alınan toprak örnekleri Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Laboratuvarları'na nakledilmiştir. Her iki tarlada, toprak örnekleri 20x20 m aralıklarla 0-5 cm derinlikten çelik aparatlarla alınmış ve homojen hale getirilmiştir. Daha sonra bu karışımdan 3 (tekrar) x 1 kg toprak alınarak cam kavanozlara aktarılmıştır. Sonuç olarak her bir tarladan toplam 3 adet 1 kg toprak örneği alınmıştır. Her bir toprak örneğinin alınması sırasında örnekleme yapılan ekipmanlar yıkanmış ve örnekler laboratuvara ayrı ayrı dikkatli bir şekilde getirilmiştir.

Plastik Ekstraksiyonu

Toprakta plastik ekstraksiyonunun temel aşamaları Şekil 2'de şematik olarak gösterilmiştir.



Şekil 2. Toprakta plastik ekstraksiyonu aşamaları

Laboratuvara getirilen toprak örnekleri bir gece boyunca $60 \pm 2^\circ\text{C}$ 'ye ayarlı etüve yerleştirilmiştir. Ardından örnekler etüveden çıkarılmış, ve boyutu 5 mm'den büyük partikülleri ayırmak için paslanmaz çelik elekten (Kalyen, İstanbul/Türkiye) elenmiştir. Elenen toprak örneklerinden 150'şer g tartılmış ve steril beherlere aktarılmıştır. Toprakta belirlenen partikül sayıları fırın kuru ağırlık esasına göre "partikül kg^{-1} " olarak belirtilmiştir. Tartılan toprak örneklerinin üzerinde olacak şekilde NaCl (1.2 g cm^{-3}) çözeltisi ilave edilmiştir (Liu ve ark., 2018). Karışım cam baget yardımıyla karıştırılmış ve yoğunluk farkı işleminin gerçekleşebilmesi için 3 saat süreyle oda sıcaklığında bekletilmiştir. Yoğunluk ayırımından sonra üst faz (sıvı faz) 33μ gözenek çapındaki bir elekten geçirilmiştir. Bu işlem 3 defa tekrarlanmıştır. Daha sonra elek üzerinde kalan materyal steril bir cam kavanoza aktarılmış ve organik maddeyi gidermek için %30'luk H_2O_2 ilave edilmiştir (He ve ark., 2018). Karışım, organik madde tamamen giderilene kadar 70°C 'ye ayarlanmış bir hot plate üzerinde ısıtılmıştır. Organik maddenin tamamı giderildikten sonra solüsyon 1 gün çeker ocakta soğumaya bırakılmış, ardından tekrar 33μ elekten geçirilmiş ve üstte kalan materyaller 47 mm çapında 1.2μ gözenek boyutlu membran filtreye (Whatman GF/C, 1822-047) aktarılmıştır. Üst fazdaki plastikleri filtreleme işlemi (Millipore S-Pack) vakum pompasına bağlı bir cam filtrasyon sistemi yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Filtre kağıtları, kapalı bir cam petri kabına aktarılıp, mikroskopik analizler için saklanmıştır (Weithmann ve ark., 2018; Wu ve ark., 2020).

Mikroskopik gözlem

Filtre kağıtları, kamera (Canon EOS 450D) bağlantılı stereo mikroskobu (Olympus SZX 16) (Fischer ve ark., 2016; Li ve ark., 2018) altında 0.7x ile 11.5x arasındaki büyütme oranlarında incelenmiştir. Filtre üzerindeki plastikler sayılmış, fotoğraflanmış ve kaydedilmiştir. Elek üzerinde kalan 5 mm'den büyük plastikler de ölçülmüş ve sınıflandırılmıştır. Fotoğraflanan partiküllerin şekil ve büyüklük ölçümleri "ImageJ v1.50i" programı aracılığıyla gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerlere ait grafikler OriginPro 2021 yazılımı ile çizilmiştir. Plastiklerin boyut sınıflandırması GESAMP (2019) tarafından açıklandığı gibi (1) Mikroplastikler (MP'ler): <5 mm; (2) Mezoplastikler (MePler): 5–25 mm; (3) makroplastik: 25-100 mm olmak üzere belirlenmiştir.

ATR-FTIR ölçümü

Filtre üzerindeki partiküllerin plastik olup olmadığı sıcak iğne ucu ile kontrol edilmiştir. Toprakta ekstrakte edilen plastik partiküllerin polimerin tipini doğrulamak için temsili şeffaf, mavi ve siyah renkli partiküller ATR-FTIR (Ioakeimidis ve ark., 2016) ile analiz edilmiştir. Plastik materyaller, Jasco markaya ait FT/IR-6700 model FTIR kullanılarak tespit edilmiştir. Cihaz, analiz başına 16 taramada 2 cm çözünürlük ve 400 ve 4000 cm^{-1} orta IR aralığı ile tek yansıma modunda çalıştırılmıştır. Plastiklerin polimer türleri, FDM polimer spektrum kitaplığı kullanılarak belirlenmiştir.

Geri Kazanım Testi ve Kalite Kontrolü

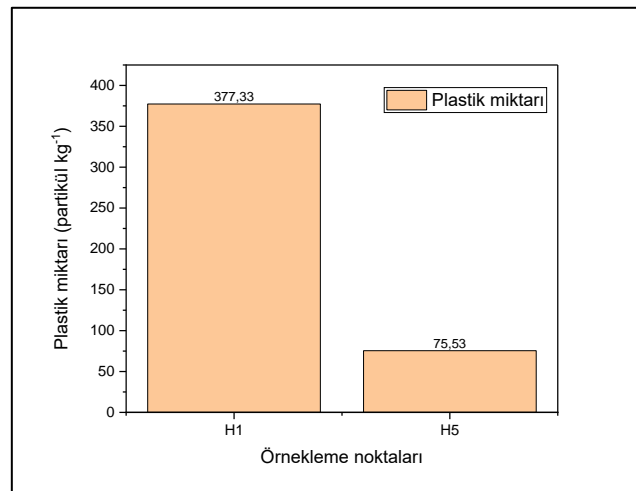
Arazide toprak örneği toplanırken, plastik kontaminasyon riskini önlemek için toprak örnekleri cam kavanozların içine dikkatli bir şekilde aktarılmıştır. Laboratuvarında MP kontaminasyonu önlemek için kullanılan ekipmanlar sırasıyla aseton ve saf sudan geçirilmiş ve ardından ağızları alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Çözeltiler, kullanımdan önce bir membran filtreden (Whatman GF/C, 1822-047) süzülmüştür. Kullanılan cam malzemeler alüminyum folyo ile kaplanmış ve deneyler sırasında pamuklu laboratuvar önlükleri giyilmiştir. Boş bir beherde negatif kontrol (Blank) işlemi yapılmış ve plastik tespit edilmemiştir.

Plastik ekstraksiyon yönteminin etkinliğini test etmek için geri kazanım testi gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, pozitif kontrol amaçlı behere tartılan 500 g'lık toprak içine ticari satılan ve daha önceden tartılan mikroplastikler ilave edilip, ağız alüminyum folyo ile kapatılmıştır. Bu işlem için, piyasadan temin edilen pelet formundaki ham MP'lerden (1-3 mm boyutlarında) tartılmıştır Bu MP'ler; PS (20 adet, 0.42 g), PE (20 adet, 0.93 g), HDPE (20 adet, 0.48 g) ve PET (20 adet, 0.32 g)'dir. Toprak örneklerinde plastik ekstraksiyonu için uygulanan tüm işlemler pozitif kontrol işlemlerinde de aynı sıra ile uygulanmıştır. Geri kazanım oranı %90'ın üzerinde bulunmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Plastik varlığı ve miktarı

H1 tarlasından alınan toprak örneğinde plastik partikül sayıları ortalama 377.33 partikül kg^{-1} , H5 tarlasında ise 75.53 partikül kg^{-1} bulunmuştur. On dört yıldır plastik malç uygulaması yapılan arazide (H1) bulunan plastik miktarı, 5 yıldır plastik malç kullanılan araziye (H5) göre yaklaşık 5 kat fazla olmuştur (Şekil 3).

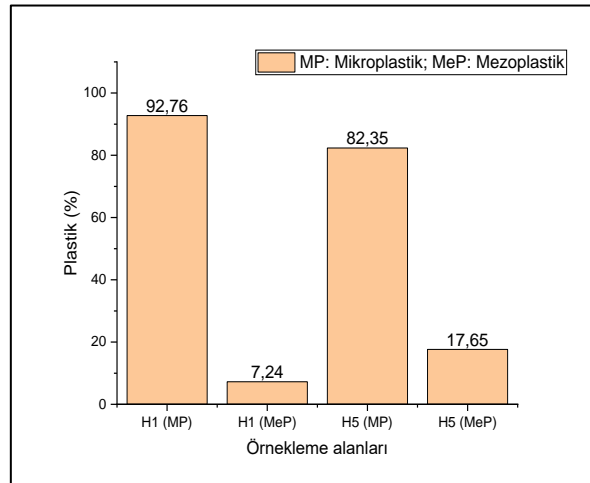


Şekil 3. Örnekleme yapılan noktalara ait plastik partikül miktarları

Önceki çalışmalara bakıldığında Güneydoğu İspanya'da, 10 yıl boyunca plastik malç uygulaması yapılmış sebze tarlalarında 0-10 cm derinlikte belirlenen MP'lerin miktarı 2116 partikül kg⁻¹ olarak bulunmuştur (Beriot ve ark., 2021). Benzer şekilde, Tunus'ta çilek yetiştiriciliği yapılan bir araştırmada, topraklarda birkaç yıl boyunca malç kullanımından sonra 476 MP partikül kg⁻¹ belirlenmiştir (Boughattas ve ark., 2021). Çin'in Sincan eyaletinde, 5, 15 ve 24 yıl boyunca sürekli plastik malçlama yapılan pamuk tarlalarındaki MP'lerin miktarı sırasıyla 80, 308 ve 1076 partikül kg⁻¹ olarak belirlenmiştir (Huang ve ark., 2020). Yu ve ark. (2020), Kuzey Çin'de sebze tarımı yapılan malç uygulanmış topraklardaki MP'lerin miktarının, 310 ila 5.698 partikül kg⁻¹ arasında değiştiğini, ortalama 1.444 partikül kg⁻¹ olduğunu belirtmişlerdir. Tian ve ark. (2022), Kuzey Çin'in yarı kurak bir bölgesinde malçlı ve malçsız tarım arazilerinde yüzey toprağında ve ayrıca rüzgarla savrulan kum ve tozdaki MP'leri tespit edebilmek için yürüttükleri çalışmalarında sırasıyla; <1 mm'de 365.22±170.18 (28.19%) partikül kg⁻¹, 1-3 mm'de 686.96±230.72 (53.02%) partikül kg⁻¹, 3-5 mm'de 243.48±119.95 (18.79%) partikül kg⁻¹ tespit etmişlerdir. Güneydoğu Almanya'da MP birikiminin belirlenmek istendiği ve çeşitli zamanlarda buğday, arpa, yonca, tritikale, beyaz hardal ve mısır yetiştirilmiş bir tarım toprağında 0.34-0.36 partikül kg kuru toprak⁻¹ bulunmuştur (Piehl ve ark., 2018). Gündoğdu ve ark. (2022), plastik örtü uygulaması sonucu topraktaki MP varlığını belirledikleri çalışmalarında; en yüksek plastik miktarını 39.7±12 partikül kg⁻¹, en düşük plastik miktarını ise 0.7±0.3 partikül kg⁻¹ olarak bildirmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada bulunan plastik partiküllerin yapılan diğer çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir.

Plastik boyutu ve miktarı

Ekstrakte edilen tüm plastiklerin ortalama boyutu 2.04 ± 0.12 mm olarak bulunmuştur. H1 tarlasına ait toprak örneklerinde plastiklerin boyutu 1.98 ± 0.14 mm iken, H5 tarlasında ise 2.30 ± 0.32 mm olarak bulunmuştur. H1 toprak örneğinde % 92.76 MP ve % 7.24 MeP tespit edilmişken, H5 örneğinde % 82.35 MP ve % 17.65 MeP bulunmuştur. Her iki tarlada da MP partikül sayısının fazla olduğu görülmektedir. Yapılan analizler sonucu ekstrakte edilen örneklerde makroplastik (>25-100 mm) tespit edilmemiştir.



Şekil 4. Örnekleme yapılan noktalara ait plastiklerin oransal dağılımı

Bu çalışmada <5 mm MP partiküller baskın olarak bulunmuştur ve partikül boyutu arttıkça boyut dağılımının yüzdesi azalmıştır (Şekil 4). Bu, diğer faktörlerin yanı sıra mekanik aşınma, yüksek sıcaklıklar ve ultraviyole radyasyon ile büyük partiküllerin küçük partiküllere kademeli olarak parçalanmasına bağlanabilir (Song ve ark., 2017; Piehl ve ark., 2018). Farklı malç uygulama zamanlarında MP'lerin miktarlarındaki değişiklik esas olarak fiziksel, kimyasal, biyolojik ve yapay etkilerden dolayı film malçının zaman içinde devam eden hasarına ve bozulmasına bağlıdır (Horton ve ark., 2017). Tarlalarda kalan plastik malç materyalleri çeşitli etkenlerden dolayı bütünlüğünü kaybedebilir ve çeşitli boyutlarda daha küçük boyutlara kadar parçalanabilir, ve bazıları sonunda topraklarda MP partiküller oluşturmaktadır (Ramos ve ark., 2015; Steinmetz ve ark., 2016). Gündoğdu ve ark. (2022), plastik örtü ve sulama suyu borusu kullanımı sonucu topraktaki MP varlığını belirledikleri çalışmalarında; sera örtüsünden kaynaklanan plastiklerin ortalama boyutunun 18.9 ± 1.4 mm, tek kullanımlık sulama borularından kaynaklı plastik boyutunun ise 12.5 ± 3.5 mm olduğunu ve plastiklerin ortalama boyutunun 18.2 ± 1.3 mm olduğunu, ayrıca ekstrakte edilen plastiklerin %41.9'unun mikroplastik, %36.3'ünün mezoplastik, %16.3'ünün makroplastik ve %5.6'sının megaplastik olduğunu rapor etmişlerdir. Yürütülen bu çalışmada bulunan plastik partiküllerin boyut ve miktarları yapılan diğer çalışmalarla uyumludur.

ATR-FTIR ile tanımlanan plastikler

ATR-FTIR teknolojisi, tüm MP partiküllerin polimer tanımlamasını ayrı ayrı belirleyebilen ve böylece mikroskobun eksikliklerini çözebilen ATR modu ile donatılmış FTIR için optimize edilmiş bir teknolojidir (Khalid ve ark., 2021). Yapılan bu tanımlamalarla, her iki araziden elde edilen plastiklerin siyah, şeffaf beyaz ve mavi renklerinde olduğu tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra her iki arazide baskın plastik şekilleri fragment, film ve fiber olarak gözlemlenmiştir.

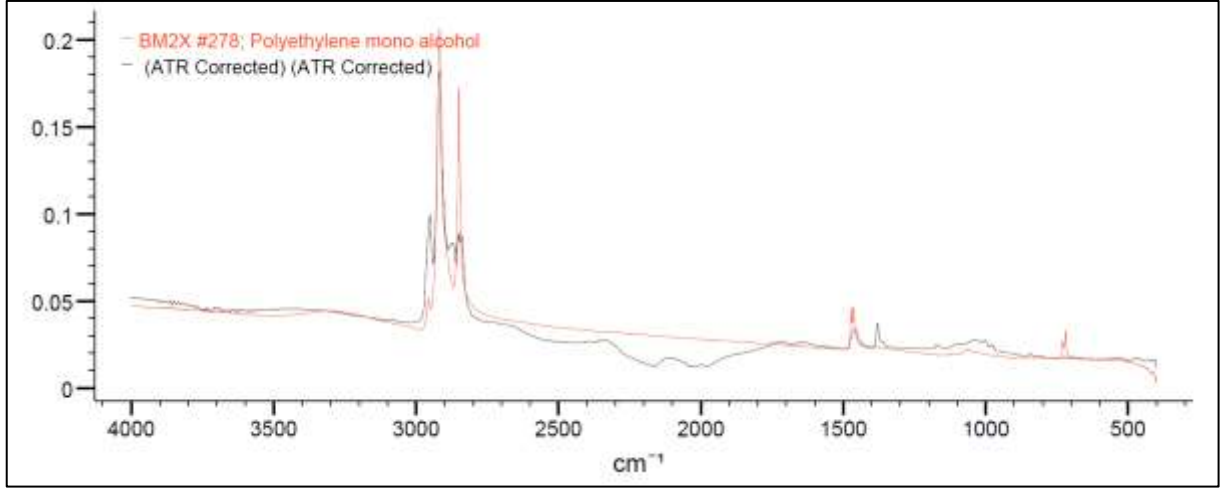


Şekil 5. H1 tarlasında belirlenen plastiklerin mikroskopik görüntüleri

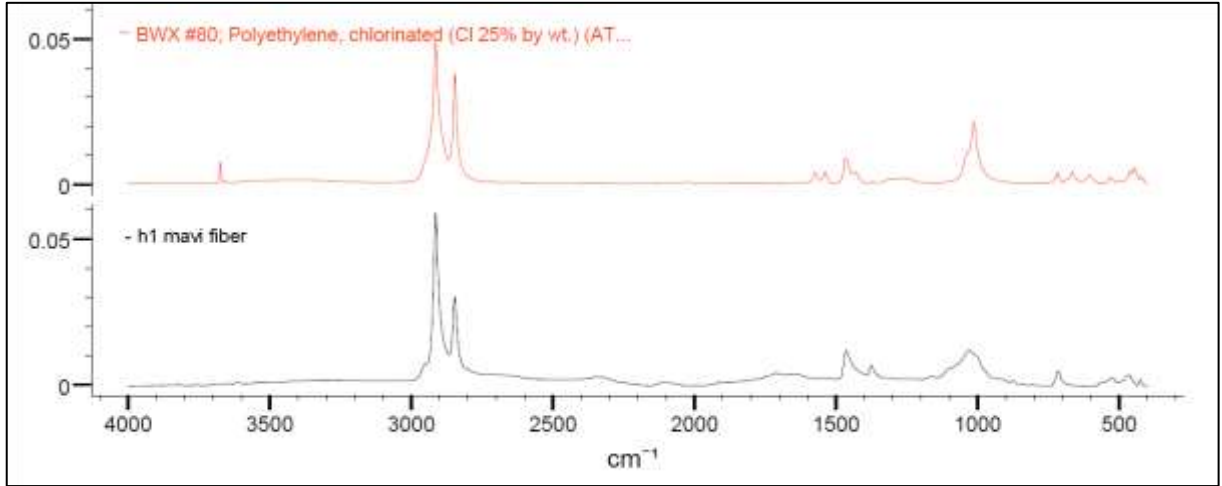


Şekil 6. H5 tarlasında belirlenen plastiklerin mikroskopik görüntüleri

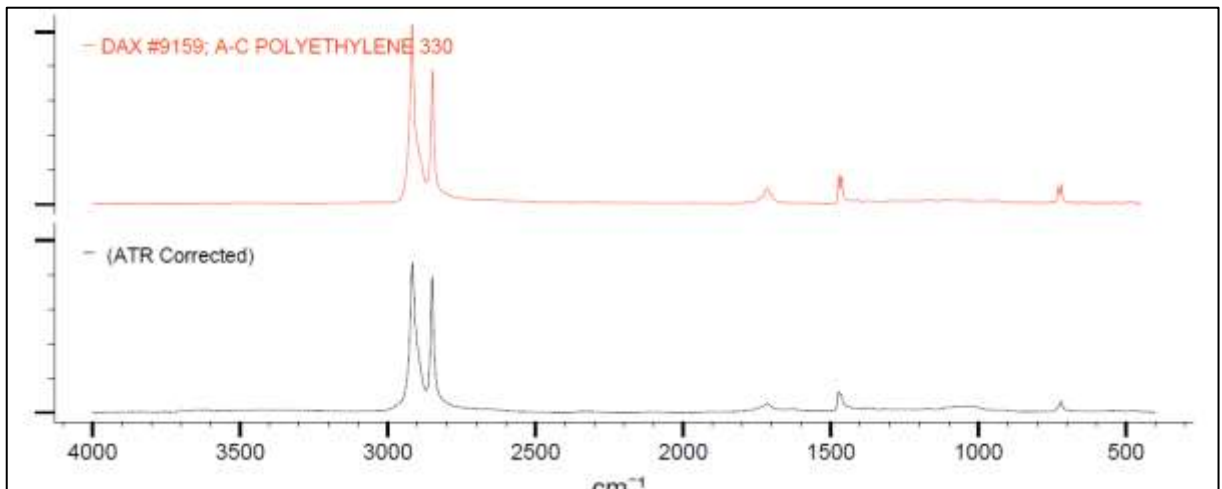
Polimerin bileşimini belirlemek için seçilen tüm partiküller Fourier dönüşümü kızılötesi spektroskopisi (ATR-FTIR) kullanılarak analiz edilmiştir.



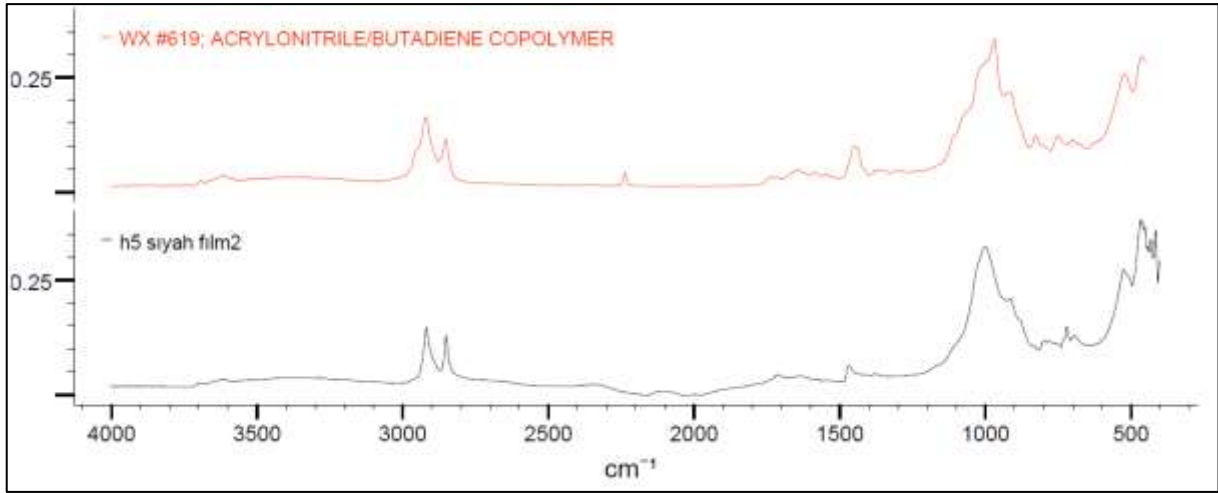
Şekil 7. H1 arazisinde şeffaf film (şekil 5C) olarak belirlenen mikroplastığın ATR-FTIR spektrumu



Şekil 8. H1 arazisinde mavi fiber (şekil 5A) olarak belirlenen mikroplastığın ATR-FTIR spektrumu



Şekil 9. H5 arazisinde şeffaf film (şekil 6B) olarak belirlenen mikroplastığın ATR-FTIR spektrumu



Şekil 10. H5 arazisinde siyah film (şekil 6C) olarak belirlenen mikroplastığın ATR-FTIR spektrumu

Toprak örneklerinden ekstrakte edilen MP'lerin ATR-FTIR karşılaştırmalı spektrumları Şekil 7, 8, 9 ve 10'da gösterildiği gibidir. Polietilenin kimyasal yapısı, $-CH_2$ fonksiyonel grupları için 2920 cm^{-1} , 2850 cm^{-1} , 1463 cm^{-1} ve $729-719\text{ cm}^{-1}$ dalga boylarında meydana gelen tepe noktaları ile farklı spektral bantlar göstermektedir (Courtene-Jones ve ark., 2017; Shim ve ark., 2017). 2920 ve 2850 cm^{-1} 'deki tepe noktaları $-CH_2$ 'nin germe titreşimine, 1463 cm^{-1} 'deki tepe noktası $-C-H$ 'nin düzlem içi titreşimine ve $729-719\text{ cm}^{-1}$ 'deki $-C-H$ 'nin düzlem dışı titreşimine bağlanmıştır. Elde edilen tüm bu bant değerleri MP partiküllerinde gözlemlendiği için, tarım topraklarındaki MP'lerin PE'den oluştuğu söylenebilmektedir. Elde edilen H5 spektrumuna göre; siyah film MP partikülü, orijinal ABS (akrilonitril butadien stiren) olarak tanımlanmıştır (Şekil 8). H5 toprak örneğinde ABS bulunmasının sebebinin sulama borularından kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Benzer şekilde, Gündoğdu ve ark. (2022), sulama suyu borusu kullanımı sonucu topraktaki MP varlığını belirledikleri çalışmalarında; ekstrakte edilen siyah plastik partiküllerin sulama borularından kaynaklı ABS olduğunu belirtmişlerdir.

Malç filmlerin ana polimer bileşimi, tarımsal alanlarda yaygın olarak kullanılan plastik malçlama kalıntılarında kaynaklandığı varsayılan PE'dir (Liu ve ark., 2018; Piehl ve ark., 2018; Huang ve ark., 2020). Çünkü plastik malçlamada en yaygın olarak kullanılan polimer, PE, yüksek ve düşük yoğunluklu PE'dir (Bläsing ve Amelung, 2018). Plastik malçlamanın tarımdaki en önemli plastik kalıntı kaynaklarından biri olduğu tahmin edilmesine rağmen, konuyla ilgili nicel çalışmalar oldukça sınırlıdır (Huang ve ark., 2020).

Sonuç

Bu çalışmada, farklı yıllardan beri plastik malç (film) uygulaması yapılmış tarım topraklarında plastik birikim düzeyleri araştırılmıştır. Plastik malç materyalinin yıllara bağlı kullanımı sonucu arazide bulunan MP varlığını artırdığı, boyutlarının azaldığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, plastik malç uygulamasının tarım arazilerindeki MP kaynaklarından birisi olduğunu açıkça ortaya koymaktadır. Bilindiği üzere, plastik malç filmlerinin tarım arazilerindeki uzun süreli kullanımı, toprakta plastik birikimine neden olmaktadır. Plastik malç materyalleri, toprakta kolayca bozunmayan bir malzeme olan polietilenden üretildiğinden, bu plastik kalıntıların birikmesi uzun süreli toprak kirliliğine neden olabilecektir. Tarımda malç kullanımının yetiştiricilik açısından faydaları olmasına rağmen, çevre açısından uzun dönem etkilerinin olumsuz olacağı, özellikle makro boyuttaki plastiklerin daha küçük plastiklere parçalanarak toprağı kirleteceği ve hatta besin zincirine girebilen mikro ve nanoplastiklere ayrışacağı akıldan çıkarılmamalıdır. Toprakta meydana gelen MP kirliliğini en aza indirmek için, hasattan sonra plastik malç materyallerini topraktan daha uygun bir şekilde çıkarmak için daha iyi yöntemler ve protokoller geliştirilmelidir. Geleneksel plastik malç materyali kullanımına alternatif olarak hasattan sonra tarlalardan çıkarılması gerekmeyen biyolojik olarak bozunabilen malç materyallerinin üretilmesi ve farklı arazi koşullarında denenmesi konularında araştırmalar yapılması gerekmektedir. Sonuç olarak, plastik materyallerin tarımda kullanım olanakları uygun stratejiler ile yönetim planlarına adapte edilmelidir.

Teşekkür

Bu araştırmada kullanılan cihazlar ve laboratuvar altyapısının kullanımına verdikleri katkılardan dolayı Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi'ne ve Merkez Laboratuvarı (ÇÜMERLAB)'na teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akça MO, Ok, SS, 2021. Toprak ekosistemi üzerine mikroplastiklerin etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2): 79-91.
- Akça MO, Ok, SS, 2022. Visual detection of microplastics derived from plastic mulch in soil. *Ziraat Mühendisliği*, 375: 67-74.
- Astner AF, Hayes DG, O'Neill HO, Evans BR, Pingali SV, Urban VS, Young TM, 2019. Mechanical formation of micro- and nano-plastic materials for environmental studies in agricultural ecosystems. *Sci. Total Environ.* 685: 1097-1106.
- Aytan U, Valente A, Senturk Y, Usta R, Esensoy Sahin FB, Mazlum RE, Agirbas E, 2016. First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Mar. Environ. Res.* 119: 22-30.
- Beriot N, Peek J, Zornoza R, Geissen V, Lwanga EH, 2021. Low density microplastics detected in sheep faeces and soil: a case study from the intensive vegetable farming in Southeast Spain. *Sci. Total Environ.* 755: 142653.
- Bläsing M, Amelung W, 2018. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Sci. Total Environ.* 612: 422-435.
- Boughattas I, Hattab S, Zitouni N, Mkhini M, Missawi O, Bousserrhine N, Banni M, 2021. Assessing the presence of microplastic particles in Tunisian agriculture soils and their potential toxicity effects using *Eisenia andrei* as bioindicator. *Sci. Total Environ.* 796: 148959.
- Briassoulis D, Babou E, Hiskakis M, Kyrikou I, 2015a. Analysis of long-term degradation behaviour of polyethylene mulching films with pro-oxidants under real cultivation and soil burial conditions. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 22: 2584-2598.
- Briassoulis D, Babou E, Hiskakis M, Kyrikou I, 2015b. Degradation in soil behavior of artificially aged polyethylene films with pro-oxidants. *J. Appl. Polym. Sci.* 132: 42289-42308.
- Briassoulis D, Hiskakis M, Scarascia G, Picuno P, Delgado C, Dejean C, 2010. Labeling scheme for agricultural plastic wastes in Europe. *Qual. Assur. Saf. Crop. Foods.* 2: 93-104.
- Claessens M, Van Cauwenberghe L, Vandegehuchte MB, Janssen CR, 2013. New techniques for the detection of microplastics in sediments and field collected organisms. *Mar. Pollut. Bull.* 70: 227-233.
- Courtene-Jones W, Quinn B, Murphy F, Gary SF, Narayanaswamy BE, 2017. Optimisation of enzymatic digestion and validation of specimen preservation methods for the analysis of ingested microplastics. *Anal. Methods-UK.* 9: 1437-1445.
- Çatalbaş F, 2017. Investigation of microplastics presence in Salt Lake salts. Master Thesis, Sakarya University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Sakarya.
- de Souza Machado AA, Kloas W, Zarfl C, Hempel S, Rillig MC, 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Glob. Chang. Biol.* 24: 1405-1416.
- Feng L, Dai J, Tian L, Zhang H, Li W, Dong H, 2017. Review of the technology for high-yielding and efficient cotton cultivation in the northwest inland cotton-growing region of China. *Field Crops Res.* 208: 18-26.
- Fischer EK, Paglialonga L, Czech E, Tamminga M, 2016. Microplastic pollution in lakes and Lake shoreline sediments - a case study on Lake Bolsena and Lake Chiusi (central Italy). *Environ. Pollut.* 213: 648-657.
- Gao H, Yan C, Liu Q, Ding W, Chen B, Li Z, 2019. Effects of plastic mulching and plastic residue on agricultural production: A meta-analysis. *Sci. Total Environ.* 651: 484-492.
- GESAMP, 2019. Guidelines for the monitoring and assessment of plastic litter in the ocean. *GESAMP Reports Stud.* 99: 130.
- Geyer R, Jambeckand JR, Law KL, 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3(7): e1700782.
- Godfray HCJ, Beddington JR, Crute IR, Haddad L, Lawrence D, Muir JF, Pretty J, Robinson S, Thomas SM, Toulmin C. 2010. Food security: the challenge of feeding billion people. *Science* 327(5967):812-818.
- Gökdağ K. 2017. Microplastic pollution in seawater, sediment and gastrointestinal tract of fishes of the North-Eastern Mediterranean sea. Master Thesis, Institute of Marine Sciences of Middle East Technical University, Ankara.
- Guo JJ, Huang XP, Xiang L, Wang YZ, Li YW, Li H, Cai QY, Mo CH, Wong MH, 2020. Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environ. Int.* 137: 105263.

- Gündoğdu S, 2017. High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey. *EgeJFAS*, 34(4): 401-408.
- Gündoğdu S, Çevik C, 2017. Micro-and mesoplastics in northeast levantine coast of Turkey: the preliminary results from surface samples. *Mar. Pollut. Bull.* 118: 341–347.
- Gündoğdu S, Çevik C, Karaca S, 2017. Fouling assemblage of benthic plastic debris collected from Mersin Bay, NE Levantine coast of Turkey. *Mar. Pollut. Bull.* 124(1): 147-154.
- Gündoğdu R, Önder D, Gündoğdu S, Gwinnett C, 2022. Plastics derived from disposable greenhouse plastic films and irrigation pipes in agricultural soils: a case study from Turkey. *Environ. Sci. and Pollut. Res.* 1-11.
- Harms IK, Diekötter T, Troegel S, Lenz M, 2021. Amount distribution and composition of large microplastics in typical agricultural soils in Northern Germany. *Sci. Total Environ.* 758: 143615.
- He D, Luo Y, Lu S, Liu M, Song Y, Lei L, 2018. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *Trends Anal. Chem.* 109: 163–172.
- Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C, 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total Environ.* 586: 127–141.
- Huang Y, Liu Q, Jia W, Yan C, Wang J, 2020. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environ. Pollut.* 260: 114096.
- Ioakeimidis C, Fotopoulou KN, Karapanagioti HK, Geraga M, Zeri C, Papathanassiou E, et al., 2016. The degradation potential of PET bottles in the marine environment: An ATR-FTIR based approach. *Sci. Rep.* 6: 23501.
- Iqbal S, Xu J, Allen SD, Khan S, Nadir S, Arif MS, Yasmeen T, 2020. Unraveling consequences of soil micro- and nano-plastic pollution on soil-plant system: implications for nitrogen (N) cycling and soil microbial activity. *Chemosphere* 260: 127578.
- Jiang XJ, Liu W, Wang E, Zhou T, Xin P, 2017. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin Oasis, northwestern China. *Soil Till. Res.* 166:100–107.
- Kader MA, Senge M, Mojid, MA, Ito K, 2017. Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment. *Soil Tillage Res.* 168: 155–166.
- Khalid N, Aqeel M, Noman A, Khan SM, Akhter N, 2021. Interactions and effects of microplastics with heavy metals in aquatic and terrestrial environments. *Environ. Pollut.* 290: 118104.
- Koutnik VS, Leonard J, Alkidim S, DePrima FJ, Ravi S, Hoek EMV, Mohanty SK, 2021. Distribution of microplastics in soil and freshwater environments: global analysis and framework for transport modeling. *Environ. Pollut.* 274: 116552.
- Li XW, Chen LB, Mei QQ, Dong B, Dai XH, Ding GJ, Zeng EY, 2018. Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China. *Water Res.* 142: 75-85.
- Liu M, Lu S, Song Y, Lei L, Hu J, Lv W, Zhou W, Cao C, Shi H, Yang X, He D, 2018. Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environ. Pollut.* 242: 855–862.
- Moine BL, Ferry X, 2019. Plasticulture: economy of resources. *Acta Hort.* 1252: 121–130.
- Piehl S, Leibner A, Loder MGJ, Dris R, Bogner C, Laforsch C, 2018. Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Sci. Rep.* 8: 17950.
- PlasticsEurope, 2020. Plastics – The Facts 2020. AF Plastics the Facts–WEB–2020–ING FINAL. pdf.
- Qi R, Jones DL, Li Z, Liu Q, Yan C, 2020. Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Sci. Total Environ.* 703: 134722.
- Ramos L, Berenstein G, Hughes EA, Zalts A, Montserrat JM, 2015. Polyethylene film incorporation into the horticultural soil of small periurban production units in Argentina. *Sci. Total Environ.* 523: 74–81.
- Razza F, Guerrini S, Impallari F, 2019. How sustainable biodegradable and renewable mulch films are? A quantitative approach in the light of sustainable development goals. *Acta Hort.* 1252: 77-84.
- Rillig MC, Leifheit E, Lehmann J, 2021. Microplastic effects on carbon cycling processes in soils. *PLoS Biol.* 19: e3001130.
- Sharma MD, Elanjickal AI, Mankar JS, Krupadam RJ, 2020. Assessment of cancer risk of microplastics enriched with polycyclic aromatic hydrocarbons. *J. Hazard. Mater.* 398: 122994.
- Shim WJ, Hong SH, Eo SE, 2017. Identification methods in microplastic analysis: a review. *Analy. Meth.* 9: 1384–1391.
- Song YK, Hong SH, Jang M, Han GM, Jung SW, Shim WJ 2017. Combined effects of UV exposure duration and mechanical abrasion on microplastic fragmentation by polymer type. *Environ. Sci. Technol.* 51: 4368–4376.

- Song YK, Hong SH, Jang M, Kang JH, Kwon OY, Han GM, Shim WJ, 2014. Large accumulation of micro-sized synthetic polymer particles in the sea surface microlayer. *Environ. Sci. Technol.* 48: 9014–9021.
- Steinmetz Z, Wollmann C, Schaefer M, Buchmann C, David J, Troeger J, Munoz K, Fror O, Schaumann GE, 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading shortterm agronomic benefits for long-term soil degradation? *Sci. Total Environ.* 550: 690–705.
- Tian X, Yang M, Guo Z, Chang C, Li J, Guo Z, Wang R, Li Q, Zou X, 2022. Plastic mulch film induced soil microplastic enrichment and its impact on wind-blown sand and dust. *Sci. Total Environ.* 813: 152490.
- Vianello A, Boldrin A, Guerriero P, Moschino V, Rella R, Sturaro A, Ros L.D, 2013. Microplastic particles in sediments of lagoon of Venice, Italy: first observations on occurrence, spatial patterns and identification. *Estuar. Coast. Shelf S.* 130: 54–61.
- Wang J, Li JY, Liu ST, Li HY, Chen XC, Peng C, et al. 2021. Distinct microplastic distributions in soils of different land-use types: a case study of chinese farmlands. *Environ. Pollut.* 269: 116199.
- Weithmann N, Moeller JN, Loeder MGJ, Piehl S, Laforsch C, Freitag R, 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Sci. Adv.* 4: eaap8060.
- Wu PF, Tang YY, Dang M, Wang SQ, Jin HB, Liu YS, Jing H, Zheng CM, Yi SP, Cai ZW, 2020. Spatial-temporal distribution of microplastics in surface water and sediments of maozhou river within guangdong-Hong Kong-Macao greater bay area. *Sci. Total Environ.* 717: 135187.
- Ya HB, Jiang B, Xing Y, Zhang T, Lv MJ, Wang X, 2021. Recent advances on ecological effects of microplastics on soil environment. *Sci. Total Environ.* 798: 149338.
- Yu L, Zhang JD, Liu Y, Chen LY, Tao S, Liu WX, 2020. Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. *Sci. Total Environ.* 756:143860.
- Zhang S, Liu X, Hao X, Wang J, Zhang Y, 2020. Distribution of low-density microplastics in the mollisol farmlands of northeast China. *Sci. Total Environ.* 708: 135091.
- Zhang, D. Liu HB, Hu, WL, Qin, XH, Ma, XW, Yan, CR, Wang, HY, 2016. The status and distribution characteristics of residualmulching film in Xinjiang, China. *J. Integr. Agr.* 15: 2639–2646.
- Zhou BY, Wang JQ, Zhang HB, Shi HH, Fei YF, Huang SY, et al. 2020a. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: multiple sources other than plastic mulching film. *J. Hazard. Mater.* 388: 121814.
- Zhou YJ, Wang JX, Zou MM, Jia ZY, Zhou SL, Li Y, 2020b. Microplastics in soils: a review of methods, occurrence, fate, transport, ecological and environmental risks. *Sci. Total Environ.* 748: 141368.



Topraklarda enzimatik reaksiyonların başlangıç hızının belirlenmesi

Fariz MİKAİLSOY*, Erhan ERDEL

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

Öz

Toprağın enzimatik aktivitesi, toprakların verimliliğinin, kalitesinin tanınan bir göstergesi olarak kullanılabilir. Enzimlerin bu özelliğinin anlaşılması için enzimlerin kinetiğinin incelenmesi gerekmektedir. Bilindiği gibi, kinetik araştırmalarda reaksiyon hızının pratik olarak tespit edilmesi, enzimatik reaksiyonun başlangıç hızının belirlenmesi temelinde gerçekleştirilir. Çalışmada, toprağın katalaz enziminin kinetik parametrelerini (V_{max} , K_M , V_{max}/K_M , K_{SEE} , $[S]_{opt}$ ve $v_{0,max}$) hesaplamak için H_2O_2 substratının farklı konsantrasyonlarında (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30 %) analizler yapılmıştır. Bu parametrelerin hesaplanması için analiz sonuçları kullanılarak önce hız (v) değerleri hesaplanmıştır. Sonra ürün - substrat: $[P]=f([S])$ bağıntısını ifade eden farklı modeller belirlenmiştir. Daha sonra model seçim kriterlerine (R^2 , R^2_{adj} , σ , A , D , UII , AIC) göre $[P]=f([S])$ bağıntısını yansıtan en uygun model belirlenmiştir. Belirlenen modele göre başlangıç hızı: $v_0=d([P])/dt|_{t=0}$ formülü ile hesaplanmıştır. Çalışmadaki tüm hesaplamalar STATISTICA-10 paket programı ile yapılmıştır. Araştırma sonuçlarında; substrat (H_2O_2) konsantrasyonu arttıkça, ürünün (O_2 'nin) azaldığı tespit edilmiş, substratın katalaz enzim reaksiyonunu engellediği (inhibe ettiği) gözlenmiştir. Başlangıç hızın belirlenmesi için, model seçim ölçütlerine göre en uygun modelin Binom-1 olduğu bulunmuştur. Substratın düşük ve yüksek konsantrasyon değerlerine karşılık gelen başlangıç hız değerleri kullanılarak kinetik parametreler hesaplanmıştır. Ayrıca, substratın optimum değerinde (12.2957 %) en yüksek başlangıç hızı ($v_{0,max}=5.3508$ ml $O_2/1$ dak 5g toprak) ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak, enzim, katalaz, kinetik parametreler, başlangıç hız.

Determination of the initial rate of enzymatic reactions in soils

Abstract

The enzymatic activity of the soil can be used as a diagnostic indicator of soil fertility and quality. In order to understand this feature of enzymes, the kinetics of enzymes should be examined. As is known, the practical determination of the reaction rate in kinetic studies is carried out on the basis of determining the initial rate of the enzymatic reaction. In the study, analysis were conducted with different concentrations (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30 %) of H_2O_2 to calculate kinetic parameters (V_{max} , K_M , V_{max}/K_M , K_{SEE} , $[S]_{opt}$ and $v_{0,max}$) of catalase enzyme to calculate the kinetic parameters of the soil catalase enzyme (V_{max} , K_M , V_{max}/K_M , K_{SEE} , $[S]_{opt}$ and $v_{0,max}$). In this regard, first the values for velocity (v) were calculated by using the analysis results. Then, different models expressing the relation product - substrate: $[P]=f([S])$ were determined. Based the model selection criteria (R^2 , R^2_{adj} , σ , A , D , UII , AIC), the most proper model showing the relation $[P]=f([S])$ was determined. Initial velocity was calculated with the formula $v_0=d([P])/dt|_{t=0}$ using the selected model. All calculations in the study were made with the STATISTICA-10 package program. Results showed that, it was determined that as the substrate (H_2O_2) concentration increased, the product (O_2) decreased, and it was also observed that the substrate inhibited the catalase enzyme reaction. In order to determine the initial velocity, it was found that the most suitable model according to the model selection criteria was Binomial-1. The kinetic parameters were calculated using the initial rate values according to low and high concentration values of the substrate. In addition, the highest initial velocity ($v_{0,max}=5.3508$ ml $O_2/1$ min 5g soil) was reached at the optimum value of the substrate (12.2957 %).

Keywords: Soil, enzyme, catalase, kinetic parameters, initial rate.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 505 968 8288

E-posta : fariz.mikailsoy@igdir.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 7 Kasım 2022

Kabul Tarihi : 18 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1200435

Giriş

Toprak kalite parametrelerinden olan toprak enzimleri, besin döngüsünden, organik maddenin parçalanmasından ve toprakta çok sayıda reaksiyonun katalizlenmesinden sorumludur. Toprak enzimleri genellikle mikrobiyal kökenli olmakla birlikte hayvansal ve bitki kökenlidir de.

Topraktaki enzimlerin miktarı belirlenemediği için aktiviteleri belirlenir. Enzimler hakkında daha detaylı bilgi için enzimlerin etki mekanizmasının araştırılması önemlidir. Bu noktadan hareketle enzimlerin kinetik ve termodinamiğinin belirlenmesi önemlidir (Edwards, 1970; Cornish-Bowden, 1976; Aliev ve ark., 1981; Khabirov ve Kuvatov 1990).

Toprak enzimlerinin kinetiği üzerine çok sayıda çalışma yapılmıştır. Toprak enzimlerinin incelenmesine yönelik kinetik yaklaşım, son yüzyılda ve özellikle 1950'lerden itibaren önemli ilerlemeler kaydetmiştir (Michaelis ve Menten 1913; Tabatabai ve Bremner 1971; Khaziev ve Agafarova 1976; Aliev ve ark., 1981; Panikov ve Ksenzenko 1982; Khabirov ve Kuvatov 1990; Yano ve Suzuki 2018; Mikailsoy, 2022).

Toprak enzimlerinin, toprak parçacıklarının yüzeyinde hareketsiz olarak kalan organizmaların salgıları olarak kabul edilebileceği bilinmektedir. O halde, durağan bir sistemde toprak enzimatik reaksiyonlarının kinetiğini incelemek daha uygundur. 'Hareketsiz enzimler' terimi 1971'den itibaren kullanılmaya başlanmıştır (Tabatabai ve Bremner 1971).

Durağan kinetik, enzimatik reaksiyonların incelenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle, enzimatik reaksiyon hızının substrat konsantrasyonuna bağımlılığını belirlemek için durağan kinetik çalışmalar yapılır. Kararlı durumda enzimatik reaksiyonların mekanizmasını incelerken, başlangıç hızını belirlemek gerekir (Briggs ve Haldane 1925; Keleti, 1986; Hegyi ve ark., 2013). Başlangıç hızı, farklı substrat konsantrasyonlarında reaksiyon ürünlerinin oluşumunun başlangıç hızının (v_0) ölçülmesine dayanır.

Genellikle, kinetik mekanizmaları açıklamak ve reaksiyonların kinetik parametrelerini belirlemek için, enzimler tarafından katalize edilen reaksiyonun başlangıç hızı hakkındaki verilerin kullanılması önerilir. Kinetik çalışmalarda kullanılan Michaelis-Menten modeli için enzimatik reaksiyonun başlangıç hızı (v_0) bilinmelidir (Michaelis ve Menten 1913; Aliev ve ark., 1981; Keleti, 1986; Hegyi ve ark., 2013; Mikailsoy, 2022).

Bir substratlı enzimsel reaksiyonun klasik kinetiği şematik olarak aşağıdaki şekilde gösterilebilir (Michaelis ve Menten 1913):



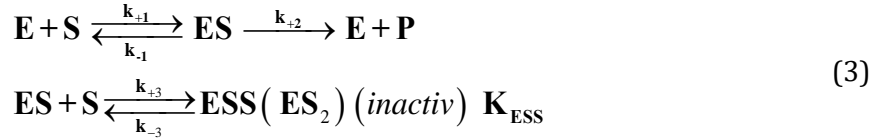
Eşitlik (1)'de E-enzim; S-substrat; ES-enzim-substrat kompleksi (bazen buna Michaelis kompleksi denir); P-ürün (produkt); k_{+1} , k_{+2} ve k_{-1} – sırasıyla iki ileri ve bir ters reaksiyonun hız sabitleridir, S ve ES arasındaki çift oklar enzim-substrat bağlanmasının tersinir olduğunu belirtir. Bu mekanizmada E enzimi, sadece reaksiyonu kolaylaştıran bir katalizördür.

Enzimatik reaksiyonun ilk (başlangıç) aşamasında substrat konsantrasyonunun azalması ihmal edilebilir. Yani, analizlerin yapıldığı ilk anda $[S]_0 \gg [E]_0$ olduğundan $[S]_0 \gg [ES]$ olur. Bu halde, $[S] = [S]_0 - [ES]$ eşitliğinden aşağıdaki eşitlik $[S] = [S]_0$ bulunur. Bu durumda, reaksiyonun başlangıç hızı aşağıdaki biçimde yazılabilir (Michaelis ve Menten 1913; Edwards, 1970; Williams ve Williams 1973; Cornish-Bowden, 1976; Panikov ve Ksenzenko 1982; Keleti, 1986; Hegyi ve ark., 2013; Tazdaıt ve ark., 2013; Mikailsoy, 2022).

$$v_0 = \frac{d[P]}{dt} = k_{+2} \cdot [ES] = \frac{k_{+2} [E]_0 [S]_0}{K_M + [S]_0} = \frac{V_{\max} [S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (2)$$

Burada, $V_{\max} = k_{+2} \cdot [E]_0$ enzimsel reaksiyonun ulaşabileceği maksimum hızdır. K_M – ise aşağıdaki biçimde tanımlanır: K_M – Michaelis-Menten sabiti olup en yüksek hız değerinin (V_{\max}) yarısına ulaşmak için gerekli olan substrat miktarıdır. Birimi: $\text{mol} \cdot \text{L}^{-1} \cdot \text{s}^{-1}$.

Aktif ES kompleksine ek olarak, inaktif bir ESS kompleksinin oluştuğu en basit enzimatik reaksiyonun substrat inhibisyonunun durağan kinetiğinin şeması aşağıdaki gibidir.



Burada, \mathbf{K}_{ESS} - enzimatik reaksiyonu inhibe eden (engelleyen) inaktif ESS kompleksinin oluşum hızını karakterize eden ayrışma parametresidir.

Basit dönüşümler yoluyla, substratın fazlalığı ile inhibe edilen sabit (*durağan, kararlı*) reaksiyonun başlangıç hızı (v_0) için aşağıdaki formül elde edilmiştir (Haldane, 1930; Lineweaver, Burk, 1934; Yano et al., 1966):

$$v_0 = \frac{V_{\max} \cdot [\text{S}]_0}{\mathbf{K}_M + [\text{S}]_0 + \frac{1}{\mathbf{K}_{\text{ESS}}} [\text{S}]_0^2} = \frac{V_{\max} \cdot [\text{S}]_0}{\mathbf{K}_M + \left(1 + \frac{[\text{S}]_0}{\mathbf{K}_{\text{ESS}}}\right) \cdot [\text{S}]_0} \quad (4)$$

(2) ve (4) nolu formüllerde, V_{\max} , \mathbf{K}_M ve \mathbf{K}_{ESS} kinetik parametreleri aşağıdaki gibi ifade edilir:

$$V_{\max} = k_{+2} [\text{E}]_0, \mathbf{K}_M = \frac{[\text{E}][\text{S}]}{[\text{ES}]} = \frac{k_{-1} + k_{+2}}{k_{+1}}, \mathbf{K}_{\text{ESS}} = \frac{[\text{ES}][\text{S}]}{[\text{ESS}]} = \frac{k_{-3}}{k_{+3}} \quad (5)$$

İnhibitörlerin etkisinin incelenmesi, toprakta meydana gelen enzimatik kataliz mekanizması hakkında daha eksiksiz bilgi elde edilmesini sağlar. Topraklarda enzim reaksiyonlarının inhibisyonu üzerine birçok çalışma yapılmıştır (Edwards, 1970; Panikov ve Ksenzenko 1982; Tazdait, 2013; Yano ve Suzuki 2018; Yun ve Han 2020).

Bilindiği gibi toprağın biyolojik özellikleri incelendiğinde en önemli enzimlerden biri katalazdır. Katalaz, toprak ortamı için toksik kimyasal madde olan hidrojen peroksiti parçalayan ve topraktaki mikroorganizmaların oksijen ihtiyacını karşılamada etkili olan enzimdir. Bu enzimin topraktaki işlevini belirlemek için kinetiğini bilmek önemlidir.

Bu çalışmanın amacı killi-tın bünyeli toprakta katalaz enziminin başlangıç hızı ve kinetik parametrelerinin belirlenmesidir. Ayrıca bu çalışma, fazla substrat tarafından katalaz inhibisyonunun kinetik çalışmalarının sonuçlarını sunmaktadır.

Materyal ve Metod

Materyal

Toprak örnekleri Iğdır Üniversitesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezi deneme alanından toplanmıştır. İncelenen bölge, iklimi nedeniyle dolayı yazları sıcak, kışları ılımandır. Ovada en yüksek yağış Mayıs ayında, en düşük ise Ağustos ayında düşer. Iğdır ilinde yıllık ortalama yağış 254.2 mm, buharlaşma 1094.9 mm'dir. En soğuk ay Ocak, en sıcak ay Temmuzdur (Anonim, 2018). Çalışma alanının rakımı 850 m, ovanın merkez ilçesinde sulanan arazilerin eğimi düz ve düze yakın (% 0-2). Bazı toprak özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma topraklarının bazı özellikleri

Toprak özelliği	Değer
Tekstür	Killi tın
Organik madde, %	1.34
Hacim ağırlığı, g cm ⁻³	1.16
pH(1:2,5)	8.22
Electriksel iletkenlik, dS m ⁻¹	1.2
Toplam azot, %	0.067
Kireç, %	9.04

Yöntemler

Toprak analizleri

Toprak örnekleri, fiziksel, kimyasal ve enzim analizleri için 0-30 cm derinlikten, üç farklı noktadan, üç tekerrürlü, bozulmuş ve bozulmamış olarak alınmıştır.

Toprak tekstürü (Gee ve Bauder 1986), toprak organik maddesi (Walkley ve Black 1934), elektriksel iletkenlik (Rhoades, 1983), katalaz aktivitesi (Beck, 1971), kireç ve toprak pH'sı (McLean, 1982) ve hacim ağırlığı (Blake, 1965)' e göre belirlenmiştir. Toprak Reaksiyonu (pH): 1:2,5 oranındaki toprak:su karışımında cam elektrotlu pH metre ile belirlenmiştir (McLean, 1982).

Kinetik parametrelerin hesaplanması

Çalışmada kinetik parametreleri (v_0 , V_{max} , K_M , V_{max}/K_M ve K_{ESS}) hesaplamak için farklı substrat konsantrasyonlarında (3, 6, 9, 12, 15, 18, 21, 24, 30 %) katalaz enziminin aktivite analizleri yapılmıştır.

Katalaz enzim reaksiyonunun başlangıç hızını belirlemek için farklı modeller (Hiperbolik, Binom, Binom-parabolik, 5. derece polinom, 6. derece polinom, 5. derece pseudopolinom ve 6. derece pseudopolinom) kullanılmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Ürünün (P) zamana göre değişimini ifade eden modeller

Model tipi		Modeller
1	Hyperbolik	$[P(t)] = \frac{at}{b+t}$
2	Binom	$[P(t)] = a_1 t^{a_2} e^{-a_3 t}$
3	Binom-parabolik	$[P(t)] = a_1 t^{a_2} e^{-a_3 t \pm a_4 t^2}$
4	5. derece polinom	$[P(t)] = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_5 t^5 = \sum_{k=0}^5 a_k t^k$
5	6. derece polinom	$[P(t)] = a_0 + a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_6 t^6 = \sum_{k=0}^6 a_k t^k$
6	5. derece pseudo-polinom	$[P(t)] = a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^n = \sum_{k=1}^5 a_k t^k$
7	6. derece pseudo-polinom	$[P(t)] = a_1 t + a_2 t^2 + \dots + a_n t^6 = \sum_{k=1}^6 a_k t^k$

Bu modellere göre her konsantrasyon için başlangıç hız hesaplamaları yapılmıştır. Bu çizelgedeki modellerin en iyisinin seçilmesi için pratikte yaygın olarak kullanılan model seçim kriterleri Çizelge 3'te verilmiştir.

Çizelge 3. Model seçimi için temel kriterler

No	Kriterler	No	Kriterler
1	$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}$	5	$D = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2}{\sum_{i=1}^n \{ y_i - \bar{y} + \tilde{y}_i - \bar{y} \}^2}$
2	$R_{adj}^2 = 1 - (1 - R^2) \frac{n-1}{n-p}$	6	$UII = \sqrt{\frac{ESS}{\sum_{i=1}^n y_i^2}}$
3	$\sigma_{[P]/t} = \begin{cases} \sqrt{\frac{ESS}{n-p-1}}, & n \leq 30 \\ \sqrt{\frac{ESS}{n-p}}, & n > 30 \end{cases}$	7	$AIC = \begin{cases} \ln\left(\frac{ESS}{n}\right) + \frac{2p}{n}, & (n/p \geq 40) \\ \ln\left(\frac{ESS}{n}\right) + \frac{2p(p+1)}{n-(p+1)}, & (n/p < 40) \end{cases}$
4	$A = \% 100 \cdot \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left \frac{y_i - \tilde{y}_i}{y_i} \right $		

Burada, $ESS = \sum_{i=1}^n (y_i - \tilde{y}_i)^2$ -tahmini kareler toplamı (Estimate Sum of Square), n — bağımsız t_i değişkenlerinin ölçüm sayıları, p — modelin parametrelerinin sayıları, y_i — gözlemlenen bağımlı değişkenin (ölçülen ürün) değerleri, \tilde{y}_i —bağımlı değişkenin model denkleminde göre hesaplanmış (tahmin edilen ürün) değerleri, \bar{y} —bağımlı değişkenin ortalama (ölçülen ürünlerin ortalaması) değerleridir. Model seçim kriterlerine göre (Determinasyon Katsayısı— R^2 , Düzeltilmiş Determinasyon Katsayısı— R^2_{adj} , Tahminin Standart Hatası (RMSE)— $\sigma_{[P]/t}$, Mutlak Yüzde Hata Ortalaması (MAPE) , %—A, Uyum İndeksi—D, Theil Tahmin Doğruluğu Katsayısı—UII, Akaike Bilgi Kriteri—AICC) en uygun model belirlenmiştir (Çizelge 3).

Substratın farklı konsantrasyonları $[S]_0$ için belirlenmiş başlangıç hız (v_0) değerlerinin saptanmasından sonra, başlangıç hız (v_0) ve substrat konsantrasyonları arasındaki kinetik parametrelerin (K_M , V_{max} , K_{ESS}) değerleri Brigs-Holdeyn'in hiperbolik modeli;

$$v_0 = \frac{V_{max} \cdot [S]_0}{K_M + [S]_0 + \frac{1}{K_{ESS}} [S]_0^2} = \frac{V_{max} \cdot [S]_0}{K_M + \left(1 + \frac{[S]_0}{K_{ESS}}\right) \cdot [S]_0} \quad (6)$$

kullanılarak belirlenmiştir.

Düşük substrat konsantrasyonlarında, yani $[S]_0^2 \ll K_{ESS}$ olduğunda (6) nolu denklem klasik Michaelis-Menten'in (2) nolu denkleminde basitleştirilir:

$$[S]_0^2 \ll K_{ESS} \Rightarrow \frac{1}{K_{ESS}} [S]_0^2 \approx 0 \Rightarrow v_0 = \frac{V_{max} [S]_0}{K_M + [S]_0} \quad (7)$$

Yüksek substrat konsantrasyonlarında ise, yani $[S]_0^2 \gg K_M$ olduğunda ise;

$$[S]_0^2 \gg K_{ESS} \Rightarrow \frac{K_M}{[S]_0} \approx 0 \Rightarrow v_0 = \frac{K_{ESS} \cdot V_{max}}{K_{ESS} + [S]_0} \quad (8)$$

formülüne dönüştürülerek hesaplanır.

Kinetik parametreler (v_0 , V_{max} , K_M ve K_{ESS}) model (7) ve (8) denklemleri yazılım programı İSTATİKA-10 kullanılarak hesaplanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Katalaz enzim reaksiyon değerlerinin sonuçları Çizelge 3'te gösterilmiştir. Çizelge 4 incelendiğinde en yüksek ürünün %15 substrat konsantrasyonunda olduğu görülmektedir. Ayrıca, sonraki konsantrasyon artışlarıyla birlikte üründe bir azalma olduğu da gözlenmektedir.

Çizelge 4. İncelenen topraktaki % H_2O_2 konsantrasyonuna göre O_2 çıkış miktarı

i	Zaman, t		[S]= %, H_2O_2					
	dak	3	6	9	15	21	27	30
1	0,25	1.15	1.78	1.92	2.21	1.45	0.85	0.42
2	0,50	1.68	2.51	2.94	3.15	2.68	1.42	0.74
3	0,75	2.05	3.10	3.72	4.12	3.44	1.78	0.97
4	1,0	2.52	3.73	4.12	4.75	4.12	2.07	1.25
5	1,5	3.00	4.67	4.97	6.24	4.59	2.60	1.61
6	2,0	3.45	5.42	6.05	6.87	4.91	3.03	1.99
7	2,5	3.85	5.93	6.55	7.43	5.22	3.45	2.31
8	3,0	4.08	6.37	7.28	8.30	5.79	3.78	2.63
9	3,5	4.42	6.88	7.86	9.17	6.15	4.12	2.88
10	4,0	4.67	7.12	8.17	9.95	6.75	4.56	3.09
11	5,0	5.00	7.65	9.15	11.25	7.23	4.82	3.32
12	6,0	5.35	8.25	10.25	12.30	7.85	5.25	3.51

En Uygun Modelin Belirlenmesi

Uygun modelin seçimi istatistiksel kriterler kullanılarak hesaplanmıştır. Örneğin, $H_2O_2=3\%$ konsantrasyonu için başlangıç hız değerinin farklı modellere göre seçilmesi Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Farklı model ve istatistiklere göre $H_2O_2 = 3\%$ konsantrasyonlarında toprağın başlangıç hızının hesaplanan değerleri.

İstatistiksel parametreler	Model-1	Model-2	Model-3	Model-5	Model-6	Model-5	Model-6
	Hiperbol	Binom-1	Binom-2	Polin-5	Polin-6	PPolin-5	PPolin-6
Başlangıç hız (v_0), ml O_2 / 1 dak 5 g toprak							
	3.9132	2.5580	2.6309	4.1058	4.6791	4.3961	4.9055
R^2	0.992819	0.999550	0.999594	0.998161	0.998714	0.997832	0.998612
R^2_{adj}	0.992166	0.999460	0.99945	0.996848	0.997428	0.996749	0.997621
σ	0.142990	0.037526	0.037589	0.090689	0.081943	0.092139	0.078820
D	0.998244	0.999887	0.999898	0.999539	0.999678	0.999463	0.999654
UII	0.037260	0.009323	0.008860	0.018851	0.015768	0.020472	0.016382
AICc	-3.6570	-6.1611	-5.9298	-3.4197	-2.9766	-3.8259	-3.7002
A, %	5.3079	0.7951	0.8079	2.2841	1.8323	2.7779	2.0077

Bilindiği gibi model seçimi, seçim kriterlerinden R^2 , R^2_{adj} ve D'nin en yüksek değerlerine ve σ , A, UII ve AICc'nin en küçük değerlerine göre yapılır (Tusat ve Mikailsoy 2018).

Model seçim kriterlerine göre 2. Modeldir (Binom-1) en uygun sonucu vermektedir. Model-2'ye (Binom-1) göre başlangıç hız (v_0) için $[S] = [H_2O_2] = 3\%$ hesaplanmış ve en uygun değer $v_0 = 2.5580$ olarak bulunmuştur (Çizelge 5).

Başlangıç Hızın Hesaplanması

Binom-1 Modeli kullanılarak farklı H_2O_2 konsantrasyonlarında hesaplanan toprağın katalaz enzim reaksiyonunun başlangıç hız (v_0) değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. Düşük ve yüksek substrat konsantrasyonlarında toprağın katalaz enzim reaksiyonu için başlangıç hızı (v_0) değerleri

№	[S]	v_0	№	[S]	v_0
	%			ml O_2 / 1 dak 5 g toprak	
1	3	2.5580	1	18	7.9453
2	6	5.0248	2	21	6.7866
3	9	7.6178	3	24	5.3866
4	12	8.5678	4	27	3.6728
5	15	8.6990	5	30	1.8557

Kinetik Parametrelerin (V_{max} , K_M , K_{ESS} , V_{max}/K_M) Değerleri

Başlangıç hızın Çizelge 6'da düşük ve yüksek konsantrasyonlarındaki değerleri (7) ve (8) nolu eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır. Elde edilen verilerden kinetik parametrelerin (V_{max} , K_M , K_{ESS} , V_{max}/K_M) değerleri hesaplanmış ve sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Toprakta H_2O_2 substratının düşük ve yüksek konsantrasyonlarda katalaz enzim reaksiyonunun kinetik parametrelerinin (V_{max} , K_M , K_{ESS} , V_{max}/K_M) değerleri.

	Kinetik parametreler			İstatistiksel parametreler			
	V_{max}	K_M	V_{max}/K_M	R^2 , %	A, %	σ	UII
Düşük Konsantrasyon	ml O_2 /1 dak 5g toprak	%	%	%	%	%	%
	18.695	15.3317	1.2194	98.058	7.326	0.640	0.072
Yüksek Konsantrasyon	V_{max}	K_{ESS}		R^2 , %	A, %	σ	UII
	ml O_2 /1 dak 5g toprak	%		%	%	%	%
	18.695	9.8604	-	60.496	38.320	1.644	1.312

Enzimatik Reaksiyonun Ekstremum (Optimal Substrat ve Hız) Değerleri

Son olarak, enzimsel reaksiyonların mekanizmalarının daha ayrıntılı yorumlanmasında faydalı olan ekstremum (optimum substrat, $[S]_{opt}$ ve hız $v_{0,max}$) değerlerinin hesaplaması yapılmıştır. Ekstremum değer, substratın optimum konsantrasyonunda enzimin spesifik aktivitesini belirlemek için önemlidir.

Başlangıç hız fonksiyonunun $v_0=f([S]_0)$ maksimum değerini belirlemek için, Eşitlik (4)' ün $[S]$ 'e göre türevini hesaplamak ve sıfıra eşitlemek gerekir:

$$\frac{dv_0}{d[S]_0} = \frac{V_{max} \cdot \left\langle K_M + [S]_0 + \frac{1}{K_{ESS}} [S]_0^2 \right\rangle - V_{max} \cdot [S]_0 \cdot \left\langle 1 + \frac{2}{K_{ESS}} [S]_0 \right\rangle}{\left\langle K_M + [S]_0 + \frac{1}{K_{ESS}} [S]_0^2 \right\rangle^2} = 0 \quad (9)$$

Bu durumda, enzimatik reaksiyonların mekanizmalarının daha iyi yorumlanması için yararlı olan ekstremum (optimum substrat, $[S]_{opt}$ ve hız $v_{0,max}$) değerleri için Eşitlik (10) elde edilir:

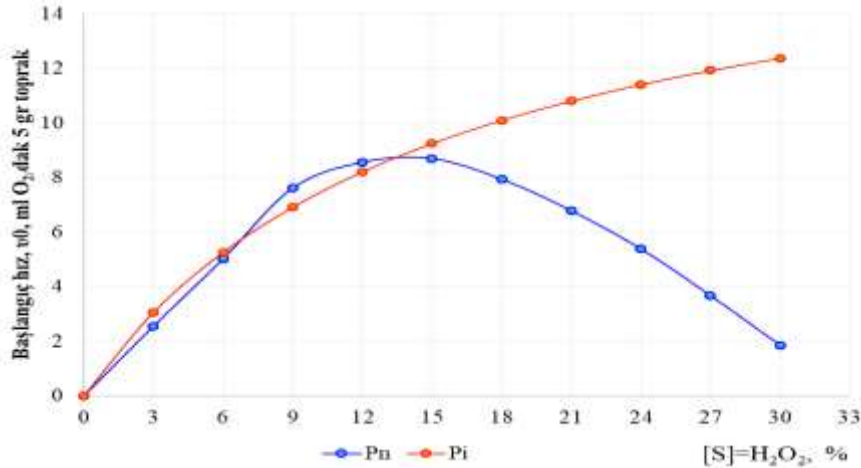
$$[S]_{0,opt} = \sqrt{K_M \cdot K_{ESS}}, \quad v_{max} = f([S]_{opt}) = \frac{V_{max}}{1 + 2\sqrt{K_M / K_{ESS}}} \quad (10)$$

Enzimatik reaksiyonların mekanizmalarının daha fazla yorumlanması için yararlı olan ekstremum (optimum substrat, $[S]_{opt}$ ve hız $v_{0,max}$) değerleri (10) nolu eşitlik kullanılarak hesaplanmıştır. Bu değerler, Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelge 8. Deneme toprağının katalaz enzim reaksiyonunun ekstremum değerleri

Kinetik Parametreler						
V_{max}	K_M	V_{max}/K_M	K_{EES}	K_M/K_{EES}	$[S]_{opt}$	$v_{0,max}$
18.6950	15.3317	1.2194	9.8609	1.5548	12.2957	5.3508

Çizelge 7'deki kinetik parametrelerin değerleri kullanılarak inhibisyon yokluğunda ve varlığında kinetik eğrilerin akışını gösteren grafik Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Enzimatik reaksiyonun substrat inhibisyonu: Pn, inhibisyon yokluğunda beklenen hiperbolik eğri; Pi, substrat konsantrasyonlarının artmasıyla inhibisyonunda bir artış gösteren deneysel veriler

Araştırmada substrat konsantrasyonunun artmasıyla reaksiyon sonucu oluşan ürün miktarında azalma (inhibisyon) belirlenmiştir. Substrat konsantrasyonunun artmasıyla reaksiyon sonucu oluşan ürün miktarının azaldığını (inhibe olduğu-Pi) gösteren parabolik eğri ve inhibisyon olmadığı durumda ise konsantrasyonun artmasıyla ürün miktarının arttığını (Pn) gösteren hiperbolik eğri Şekil 1'de görülmektedir.

Sonuç

Araştırma sonuçları; substrat (H_2O_2) konsantrasyonu arttıkça, ürünün (O_2 'nin) azaldığı tespit edilmiş, substratın katalaz enzim reaksiyonunu engellediği (inhibe ettiği) gözlenmiştir. Başlangıç hızın belirlenmesi için, model seçim ölçütlerine göre en uygun modelin Binom-1 olduğu bulunmuştur. Substratın düşük ve yüksek konsantrasyon değerlerine karşılık gelen başlangıç hız değerleri kullanılarak kinetik parametreler hesaplanmıştır. Katalaz enziminin reaksiyonunu karakterize eden maksimum hız: $V_{max}= 18.695$ ml $O_2/1$ dak 5g toprak. $K_M= 15.3317$ %. $V_{max}/ K_M= 1.2194$ ve $K_{ESS}= 9.8604\%$ olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, substratın optimum değerinde (12.2957 %) en yüksek başlangıç hızı ($U_{0,max}= 5.3508$ ml $O_2/1$ dak 5g toprak) ulaşılmıştır.

Ttopraklarda enzimatik reaksiyonların kinetiğinin incelenmesinde, kullanılan hız hesaplamasında enzimlerin aktivitesinin kullanılmasından farklı olarak, mutlaka başlangıç hızın hesaplanması gerekmektedir. Bunun yanında, kinetik parametrelerin hesaplamalarında grafiksel yöntemlerden farklı olarak paket programları (STATISTICA vb.) ile çalışılmalıdır.

Kaynaklar

- Aliev SA, Gadzhiyev DA, Mikaylov FD, 1981. Kinetic indexes of catalase activity in the main soil groups of Azerbaijan. *Soviet Soil Science*, 13, 29-35.
- Beck TH, 1971. Die messung der katalaseaktivitaet von Böden. *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde* 130.1. 68-81(in German).
- Blake GR, 1965. Bulk density. In: Black, C.A. (ed.), *Methods of Soil Analysis. Part II, American Society of Agronomy. Madison, Wisconsin*, 374-390.
- Briggs GE, Haldane JBS, 1925.A note on the kinetics of enzyme action. *Bio-chem J.* 19(2): 338-339. <https://doi.org/10.1042/bj0190338>
- Cornish-Bowden A, 1976. *Principles of Enzyme Kinetics*. Butterworths, London and Mir Publishing, Moscow, 190 p.
- Edwards VH, 1970. The influence of high substrate concentration on microbial kinetics. *Biotechnol Bioeng*, 12, pp: 679-712. <https://doi.org/10.1002/bit.260120504>
- Gee GW, Bauder JW, 1986. Particle-size analysis. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Minerological Methods. Second Edition. Agronomy*, 9, 383-441.
- Haldane JBS, 1930. *Enzymes*, London, Longmans Green, 28-53, 74-92.
- Hegyi G, Kardos J, Kovács M, Málnási-Csizmadia A, Nyitray L, Pál G, Radnai L, Reményi A, Venekei I, 2013. *Introduction to practical biochemistry*. Eötvös Loránd University.
- Keleti T, 1986. *Basic Enzyme Kinetics*, Akademiai Kiadb, Budapest.
- Khabirov IK, KuvatovYuG, 1990. Kinetics and Thermodynamics of the Hydrolysis Reaction of 14c-Labelled Carbamide in the Pre-Urals Soils, *Soviet Soil Science*, 22(8), 83 – 94.
- Khaziev FK, Agafarova YaM, 1976. Michaelis Constants of Soil Ferments, *Soviet Soil Science*, 8, 149 – 157.
- Lineweaver H, Burk D, 1934. The determination of enzyme disso-ciation constants, *J. Am Chem Soc.*, 56(3), 658 – 666. <https://doi.org/10.1021/ja01318a036>
- Mclean EO, 1982. Soil ph and lime requirement. *Methods of soil analysis part 2. Chemical and microbiological properties second edition. Agronomy*, 9, 199-224. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c12>
- Michaelis L, Menten ML, 1913. Die Kinetik der Invertinwirkung. *Biochem. Z.* 49 (352), 333-369.
- Mikailsoy FD, 2022. Influence of high substrate concentrations on catalase reaction in loam soil (Iğdir Province, Turkey). I. Theoretical foundations of the kinetics of enzymatic soil reactions. *Soil science and agrochemistry*, 3, 60-86. https://doi.org/10.51886/1999-740X_2022_3_60
- Panikov NS, Ksenzenko SM, 1982. Study of phosphohydrolase inhibition in sod-podzolic soil. *Soviet Soil Science*, 11, 43-49.
- Rhoades JD, 1983. Soluble salts. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* 9: 167-179. <https://doi.org/10.2134/agronmonogr9.2.2ed.c10>
- Tabatabai MA, Bremner JM, 1971. Michaelis constants of soil enzymes. *Soil Biol. Biochem.*, 3(4), 317-323. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(71\)90041-1](https://doi.org/10.1016/0038-0717(71)90041-1)
- Tazdaıt D, Abdi N, Grib H, Lounici H, Pauss A, Mameri N, 2013. Comparison of different models of substrate inhibition in aerobic batch biodegradation of malathion. *Turk. J. Eng. Environ. Sci.*, 37, 221-230. <https://doi.org/10.3906/muh-1211-7>

- Tusat E, Mikailsoy F, 2018. An investigation of the criteria used to select the polynomial models employed in local GNSS/leveling geoid determination studies. *Arab J Geosci* 11, 801. <https://doi.org/10.1007/s12517-018-4176-0>
- Walkley A, Black LA, 1934. An examination of the degtjareff method for determining soil organic matter, and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science*, 37 (1), 29–38. doi: <https://doi.org/10.1097/00010694-193401000-00003>.
- Williams VR, Williams HB, 1973. *Basic physical chemistry for the life sciences*. Second Edition. Freeman and Company, San Francisco, 524.
- Yano T, Nakahara T, Kamiyama S, Yamada K, 1966. Kinetic studies on microbial activities in concentrated solutions. I. Effect of excess sugars on oxygen uptake rate of a cell-free respiratory system. *Agricultural and Biological Chemistry*, 30, 43-48. <https://doi.org/10.1080/00021369.1966.10858549>
- Yano D, Suzuki T, 2018. Kinetic Analyses of the Substrate Inhibition of Paramecium Arginine Kinase. *Protein J* 37, 581–588. <https://doi.org/10.1007/s10930-018-9798-2>
- Yun KI, Han TS, 2020. Relationship between enzyme concentration and Michaelis constant in enzyme assays, *Biochimie*, 176: 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.biochi.2020.06.002>



Ordu ve Giresun illerindeki bazı fındık bahçesi topraklarının bitki besin elementi kapsamı

Abdurrahman AY*, Rıdvan KIZILKAYA

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

Öz

Çalışmada, Ordu ve Giresun illerinde fındık yetiştiriciliği yapılan bahçelerden alınan toprakların makro (N, P, K, Ca, Mg, Na) ve mikro (Fe, Cu, Mn, Zn) besin elementi kapsamı belirlenmiştir. Toprakların değişebilir katyon içeriklerinin birbirleri ile ilişkilerinden hareketle Ca/Mg, Ca/K ve Mg/K oranları da hesaplanarak değerlendirilmiştir. Araştırma alanındaki, fındık bahçesi topraklarının toplam N ve değişebilir Ca ve Mg düzeylerinin yeterli, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum içerikleri bakımından ise yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Araştırma alanı topraklarının mikroelement düzeylerine göre, toprakların Fe içeriklerinin noksan, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin ise, genel olarak yeterli olduğu bulunmuştur. Ayrıca, araştırma bölgesi toprakları genel olarak asidik reaksiyonlu, tuzsuz ve yeterli düzeyde organik madde içerdiği saptanmıştır. Topraklardaki değişebilir katyonların birbirleri arasındaki ilişkiler ile Ca/Mg, Ca/K ve Mg/K oranları beraberce değerlendirildiğinde, araştırma alanındaki toprakların büyük kısmının Ca ve K noksanlığı riski ile karşı karşıya kaldığı belirlenmiştir. Bu amaçla, Bölgedeki asit reaksiyonlu toprakların yönetiminde, topraktan kireçleme yapılarak hem asitliğin giderilmesinin sağlanması hem de bitkinin ihtiyaç duyduğu kalsiyumun topraklara verilmesi açısından önemli olacaktır. Bununla beraber, sürdürülebilir toprak yönetimi ile fındık üretimi açısından topraktan ve yaprakтан yapılacak gübreleme programlarında, topraktan yapılan NPK gübrelemesine ilave olarak yaprakтан gübreleme uygulamalarına eksikliği bulunan Ca, Mg, Fe gibi besin maddelerinin de ilave edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Fındık, makro, mikro, element, değişebilir katyonlar, toprak.

Plant nutrient contents of some hazelnut orchard soils in Ordu and Giresun Province

Abstract

In the study, macro (N, P, K, Ca, Mg, Na) and micro (Fe, Cu, Mn, Zn) nutrient contents of soils taken from hazelnut growing areas in Ordu and Giresun provinces were determined. Some ratios between the cation contents of the soils (Ca/Mg, Ca/K, Mg/K) were calculated and evaluated. It was determined that the total N and exchangeable Ca and Mg levels of the hazelnut orchard soils were sufficient in terms of nutrient content. It has been determined that it is insufficient in terms of available phosphorus and potassium contents. It was found that the Fe content of the local soils was below the critical level according to the available microelement levels, and above the critical levels in terms of Cu, Zn and Mn. When the ratios between the cation contents of the soils are examined, they may be exposed to Ca and K deficiency. For this purpose, in the management of acidic soils in the Region, liming from the soil will be important in terms of both ensuring the removal of acidity and giving the calcium needed by the plant to the soil. However, in terms of sustainable soil management and hazelnut production, nutrients such as Ca, Mg, Fe, which are deficient, should be added to foliar fertilization applications in addition to NPK fertilization made from soil in soil and foliar fertilization programs.

Keywords: Hazelnut, macro, micro, nutrients, exchangeable cations, soil.

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 464 7888

E-posta : abdurrahman.ay@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 30 Kasım 2022

Kabul Tarihi : 26 Aralık 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1212132

Giriş

Fındık, sistematikte *Fagales* takımının *Betulaceae* familyasının *Corylus* cinsinde yer almakta olup 25'ten fazla türü bulunmakta ve kuzey yarım kürenin ılıman iklim bölgelerinde yetişmektedir. Ülkemizde de bu türlerden Adi Fındık (*Corylus avellana* L.) ve Türk Fındığı (*Corylus colurna* L.) doğal olarak yetişmektedir (Polat, 2014). Ülkemizde yıllara göre değişmekle birlikte yaklaşık olarak 400-800 bin ton fındık üretimiyle dünya üretiminin %70'ini ve yaklaşık 734.000 hektar üretim alanı ile dünya fındık üretim alanının %73'ünü oluşturmaktadır. Ülkemizde yıllık ortalama 572.000 ton üretim ile dünya fındık üretiminin %65'ini gerçekleştirmektedir. Türkiye 2019 yılında 776.046 ton ile dünya fındık üretiminde birinci sırada yer almaktadır ve İtalya (98.530 ton), Azerbaycan (53.793 ton), Amerika (39.920 ton) ve Gürcistan (24.000 ton) takip etmektedir (FAO, 2021).

Dünyada fındık üretim alanı ve miktarı bakımından ilk sırada yer alan Türkiye'ye birim alandan alınan fındık miktarı diğer üretici ülkelerle kıyaslandığında oldukça düşüktür. 2019 yılı fındık verim düzeyine bakıldığında, Türkiye'de 106 kg/da iken Fransa'da 225 kg/da, Çin'de 212 kg/da Yunanistan'da 211 kg/da, ABD'de 197 kg/da ve Azerbaycan'da ise 124 kg/da olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2021). Ülkemizde en fazla fındık üretim alanına sahip illerimizde ortalama fındık verimi, Samsun'da 106 kg/da, Ordu'da 87 kg/da ve Giresun'da ise 71 kg/da olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Türkiye'de fındık üretim miktarı, üretim alanı ve verim (Anonim, 2021)

İller	Üretim miktarı (bin ton)	Üretim alanı (bin da)	Verim (kg/da)
Düzce	57	632	90
Trabzon	40	656	61
Sakarya	91	751	121
Samsun	124	1166	106
Giresun	84	1178	71
Ordu	197	2272	87

Fındık bitkisi için en önemli unsur olan yağışların mevsimlere düzenli bir şekilde dağıldığı Doğu Karadeniz Bölgesi en fazla fındık tarımı yapılan alanlara sahiptir. Başta Ordu ve Giresun olmak üzere bu illerin doğal yapısının engebeli olması ve farklı tarımsal faaliyetlerin yapılmasının mümkün olmaması nedeniyle yöre insanlarının büyük çoğunluğunun tek gelir kaynağı konumundadır.

Fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda, geleneksel yöntemlerle yetiştiricilik yapılması, yaprak ve toprak analizlerinin yapılmaması, gübreleme hataları, modern yetiştiricilik sistemlerinin bilinmemesi, ocaklar arasında mesafelerin az, dal sayısının fazla olması (Bostan, 2006; Bak, 2010; Çalışkan, 2018; Özkutlu ve ark., 2018; Kızılkaya ve ark. 2022), kültürel uygulamalardaki eksiklikler (Akçin, 2018; Yılmaz, 2019) verim düşüklüğünün başlıca sebepleri arasında sayılabilir. Yöre fındık tarımı yapılan alanlarda yapılabilecek başlıca tarımsal uygulamaların başında kireçleme ve gübreleme uygulamaları gelmektedir. Bu uygulamaların toprak analiz sonuçlarına bakılmaksızın az, çok veya tekdüze yapılması fındık veriminde artışlar sağlamayacağı düşünülmektedir.

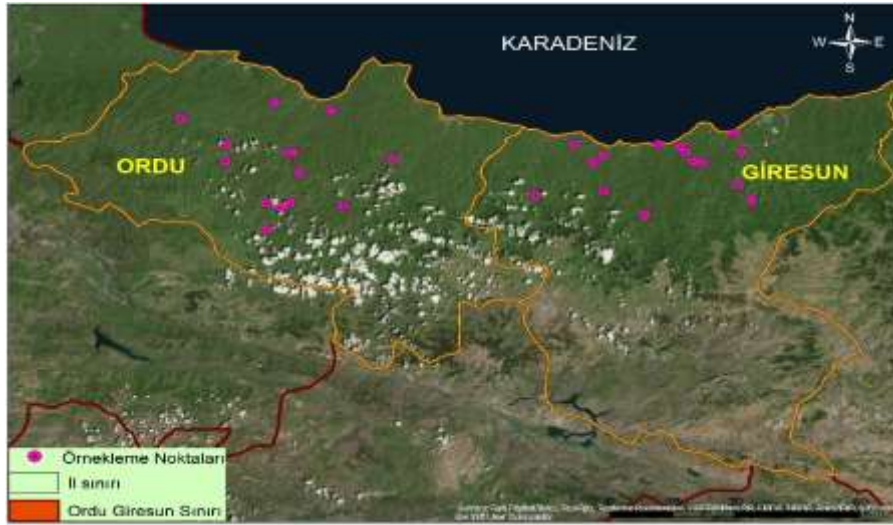
Ülkemiz fındık yetiştiriciliğinin yaklaşık olarak %70'inin gerçekleştirildiği Doğu Karadeniz Bölgesi'nde, fındık yetiştirilen toprakların çoğunun asit reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz, yeterli organik maddeye sahip, fosfor (P), kalsiyum (Ca), potasyum (K) ve çinko (Zn) içeriği bakımından yetersiz seviyede olduğu günümüze kadar yapılan birçok çalışmada ortaya koyulmuştur (Tarakçıoğlu 2001; Adiloğlu ve Adiloğlu, 2004; Özyazıcı vd., 2013; Özkutlu vd., 2016; Ay ve Kızılkaya, 2021). Gerek yörenin doğal yapısı gerekse toprağın dinamik bir yapı olduğu düşünüldüğünde fındık yetiştiriciliği yapılan alanların toprak özelliklerinin sürekli olarak güncel tutulması söz konusu ürünün mevcut üretim sorunlarının etkilerini azaltacağı, verim ve verim parametrelerinde artışlar sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu çalışma, ülkemizde fındık üretiminin yoğun olarak yapıldığı Ordu ve Giresun illerindeki bazı fındık bahçesi topraklarının temel toprak özellikleri ile makro ve mikro besin elementi kapsamının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Metod

Araştırmada Ordu ve Giresun illerindeki bazı fındık bahçesi topraklarının bitki besin elementi kapsamı ile bazı özelliklerini belirlemek amacıyla fındık hasadını takiben 0-20 cm derinlikten toplam 62 adet yüzey toprak örneği Jones (2001) tarafından bildirildiği şekilde alınmıştır (Şekil 1). Toprak örnekleri kurutulmuş tahta tokmak ile dövülerek 2mm'lik elekten elenmiş, analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinin; kil, silt ve kum fraksiyonları hidrometre yöntemi ile, toprak reaksiyonu (pH) 1:1 (w/v) toprak : saf su

karışımında pH-metre ile, elektriksel İletkenlik (EC) 1:1 (w/v) toprak : saf su karışımında EC-metre ile, organik madde kapsamı Walkey-Black yöntemi ile, kireç kapsamı (CaCO₃) Scheibler kalsimetresi ile volumetrik olarak, toplam N Kjeldahl yöntemi ile, alınabilir P toprak reaksiyonu dikkate alınarak Olsen veya Bray-Kurtz yöntemine göre, değişebilir Na, K, Ca, Mg içeriği 1 N NH₄OAc ekstraksiyonu ile, alınabilir Fe, Cu, Zn ve Mn ise 0.005M DTPA+0.01M CaCl₂+0.1M TEA ekstraksiyonu ile belirlenmiştir (Rowell, 1996; Jones, 2001).



Şekil 1. Ordu ve Giresun illerinde toprak örneklerinin alındığı fındık bahçeleri

Bulgular ve Tartışma

Ordu ve Giresun illerinde yer alan fındık bahçesi topraklarının bazı temel toprak özellikleri Çizelge 2 ve Çizelge 3'te verilmiştir. Toprakların tekstür sınıfları Millar ve Turk (1954)'un bildirdiği şekilde sınıflandırıldığında %12.9'unun ağır bünyeli ve geriye kalan kısmının (%87.1) orta bünyeli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Ordu ve Giresun illerindeki bazı fındık bahçesi topraklarının tekstür sınıfları

Tekstür sınıfı	Toplam (n=62)	
	Örnek sayısı	%
Killi tın	20	32.26
Kumlu killi tın	18	29.03
Kumlu tın	12	19.35
Killi	8	12.90
Tın	4	6.45

Fındık bahçesi topraklarının pH ve elektriksel iletkenlik değerleri Richards (1954)'ın belirlemiş olduğu sınır değerler ile sınıflandırılmıştır. Buna göre, toprakların %14.5'inin hafif alkalin, 16.1'inin nötr ve %69.4'lük kısmının ise asit sınıfında yer aldığı tespit edilmiş olup toprakların tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir.

Toprakların organik madde ve kireç kapsamı Ülgen ve ark. (1988)'inin vermiş olduğu sınır değerlere göre, %80'lik kısmının organik madde yönünden yeterli ve %82.2'lik kısmının ise kireç içeriğinin az veya çok az sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 3). Elde edilen sonuçlara benzer olarak yapılan çalışmalarda da araştırmacılar, yöre topraklarının asit karakterli, tuz içeriği bakımından düşük, az kireçli ve yeterli seviyede organik maddeye sahip olduğunu belirlemişlerdir (Tarakçıoğlu ve ark., 2003; Özkutlu ve ark., 2016; Özyazıcı ve ark., 2016; Ay ve Kızılkaya, 2021).

Çizelge 3. Fındık bahçesi topraklarının pH, EC, kireç ve organik madde analiz sonuçları

		pH	EC, dS m ⁻¹	Kireç, %	Organik madde, %
Toplam (n=62)	Minimum	3.92	0.03	0.99	1.62
	Maksimum	7.89	0.87	69.38	22.42
	Ortalama	6.20	0.36	6.38	5.51

Fındık bahçelerinden alınan toprak örneklerinin azot, fosfor ve değişebilir katyon miktarları Çizelge 4'te verilmiştir. Buna göre toprakların azot (N) içerikleri %0.08 ile %0.64, fosfor (P) içeriği ise 0.14 ppm ile 7.86

ppm aralığında bulunmuştur. [Hazelton ve Murphy \(2007\)](#)'nin vermiş olduğu sınır değerlere göre fındık bahçesi topraklarının %90'ından fazlasının azot bakımından yeterli olduğu, fosfor bakımından ise tamamının yetersiz sınıfında yer aldığı belirlenmiştir. [Aydın ve ark., \(2000\)](#) ve [Tarakçıoğlu ve ark., \(2003\)](#) fındık yetiştirilen alanların genellikle azot bakımından yeterli ve fosfor bakımından ise yetersiz seviyede olduğunu bildirmişlerdir.

Çizelge 4. Fındık bahçesi topraklarının N, P ve değişebilir katyon içerikleri

		Toplam N, %	Alınabilir P, mg/kg	Na, me/100g	K, me/100g	Ca, me/100g	Mg, me/100g
Toplam (n=62)	Minimum	0.08	0.14	0.18	0.22	1.50	0.39
	Maksimum	0.64	7.86	3.05	7.36	47.13	46.95
	Ortalama	0.33	1.88	0.51	0.81	17.26	14.83

Buna göre, çalışma alanında yer alan fındık bahçelerinin mevcut toprak analiz sonuçlarına bakıldığında azot noksalık riski taşımadığı görünmekte iken fosfor bakımından ise noksalık riskinin yüksek olduğu anlaşılmaktadır. [Snare \(2008\)](#), optimum bitki gelişimi için fındık yapraklarının fosfor (P) konsantrasyonunun dönemlere göre değişiklik göstermekle birlikte %0.14 ile %0.45 değerleri arasında olması gerektiğini bildirmiştir. Karadeniz Bölgesi'nde yapılan çalışmalarda da fındık bitkisinde fosfor varlığının belirtilen aralığın altında olduğu bildirilmiştir ([Alasalvar ve ark., 2003](#); [Köksal ve ark., 2006](#); [Seyhan ve ark., 2007](#); [Alasalvar ve ark., 2009](#); [Özenç ve Bender Özenç, 2015](#); [Ergin, 2019](#)).

Toprakların değişebilir katyon içeriklerine bakıldığında ise sodyum, potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerleri sırasıyla 0.18-3.05, 0.22-7.36, 1.5-47.13 ve 0.39-46.95 me/100g olarak belirlenmiştir (Çizelge 4). [Rodriguez ve ark. \(1989\)](#)'nin vermiş olduğu sınır değerlere göre, fındık bahçesi topraklarının sodyum (Na) bakımından tamamının yeterli ve magnezyum (Mg) bakımından ise büyük kısmının yeterli seviyede olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 5. Toprakların potasyum (K) içerikleri bakımından sınıflandırılması ([Pizer, 1967](#))

K, me/100g	Değerlendirme	Örnek sayısı	%
<0.255	Çok düşük	12	19,4
0.255-0.385	Düşük	33	53,2
0.386-0.510	Orta	4	6,5
0.511-0.640	İyi	-	-
0.641-0.821	Yüksek	4	6,5
>0.821	Çok yüksek	9	14,5

Fındık bahçesi topraklarının potasyum içerikleri [Pizer \(1967\)](#)'in bildirmiş olduğu sınır değerlere göre %72.6'lık kısmının yetersiz ve geriye kalan kısmının ise yeterli olduğu belirlenmiştir. Fındık bahçesi topraklarının kalsiyum içeriklerine bakıldığında %62.9'unun yeterli ve %37.1'inin sınır değerinin altında veya sınır değere yakın olduğu belirlenmiştir. Yapılan çalışmanın sonuçlarına benzer olarak potasyum ve kalsiyum bakımından fındık bahçesi topraklarının kritik seviyenin altında veya sınır değere yakın olduğu yapılan çalışmalarda bildirilmiştir ([Özyazıcı ve ark., 2013](#); [Aydın ve ark., 2000](#); [Adiloğlu ve Adiloğlu, 2005](#); [Tarakçıoğlu ve ark., 2003](#)).

Çizelge 6. Toprakların kalsiyum (Ca) içerikleri bakımından sınıflandırılması

Ca, me/100g	Değerlendirme	Örnek sayısı n=62	%
<3.57	Çok fakir	4	6.5
3.58-7.15	Fakir	7	11.3
7.16-14.30	Orta	12	19.4
>14.30	İyi	39	62.9

Ordu ve Giresun illerinde fındık tarımı yapılan 62 farklı noktadan alınan toprakların büyük çoğunluğunda değişebilir katyonlar arasındaki oranlar kalsiyum ve potasyum aleyhine bozuk olduğu görülmektedir. Çizelge 7'e göre fındık bahçesi topraklarında değişebilir katyonlar arasındaki oranlar değerlendirildiğinde, büyük çoğunluğunda magnezyum eksikliği riski görülmezken kalsiyum ve potasyum bakımından bahçe topraklarının tamamına yakını noksalık riski taşımaktadır. [Kacar ve İnal \(2010\)](#), fındık bitkisinin potasyum değerinin çok geniş aralıklarda olabileceğini ve bu elementin özellikle meyve kalitesi açısından çok önemli olduğunu bildirmişlerdir. [Alpaslan ve ark. \(2013\)](#) yapmış oldukları çalışmada, fındık bitkisi için ideal potasyum içeriğinin %0.7-2.4 arasında olması gerektiğini bildirmişler. Karadeniz Bölge'sinde yer alan fındık bahçelerinde yapılan çalışmalarda bitkinin potasyum (K) içeriğinin olması gereken sınır değere yakın veya altında olduğunu bildirmişlerdir ([Tarakçıoğlu ve ark., 2003](#); [Yağmur ve Okur, 2011](#)).

Toprakların mikroelement içerikleri Fe, Cu, Mn ve Zn olmak üzere sırasıyla 0.09-3.27, 0.19-0.38, 0.04-19.89 ve 1.91-179.34 aralığında olup ortalama 1.39, 0.28, 4.74 ve 28.51 olarak bulunmuştur (Çizelge 8). Fındık bahçesi topraklarının mikroelement içerikleri Lindsay ve Norwell (1978)'in vermiş olduğu sınır değerlere göre değerlendirildiğinde tamamının Fe içeriği bakımından sınır değerinin altında olduğu ve büyük çoğunluğunun Cu, Zn ve Mn içeriği bakımından sınır değerlerin üzerinde olduğu belirlenmiştir. Yöre topraklarında yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edildiği araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Tarakçoğlu ve ark., 2003; Şendemirci ve Korkmaz, 2008; Çoşkun, 2010).

Çizelge 7. Fındık bahçesi topraklarının değişebilir katyonları arasındaki oranlar (Hazelton ve Murphy, 2007)

		Değerlendirme	Örnek sayısı n=62	%
Ca/K	<11	Ca noksanlığı riski	11	17.7
	11-13	Dengeli	4	6.5
	>13	K noksanlığı riski	47	75.8
Ca/Mg	<5	Ca noksanlığı riski	51	83.3
	5-7	Dengeli	3	4.8
	>7	Mg noksanlığı riski	8	12.9
Mg/K	<1.8	Mg noksanlığı riski	1	1.6
	1.8-2.2	Dengeli	-	-
	>2.2	K noksanlığı riski	61	98.4

Çizelge 8. Fındık bahçesi topraklarının mikroelement içerikleri

Mikroelement	Minimum	Maksimum	Ortalama	Sınır Değer (Lindsay ve Norwell, 1978)
Fe, mg/kg	0.09	3.27	1.39±0.80	>4.5 mg kg ⁻¹
Cu, mg/kg	0.19	0.38	0.28±0.04	>0.2 mg kg ⁻¹
Zn, mg/kg	0.04	19.89	4.74±4.14	>1 mg kg ⁻¹
Mn, mg/kg	1.91	179.34	28.51±25.74	>1 mg kg ⁻¹

Sonuç

Elde edilen sonuçlara göre, toprakların büyük çoğunluğunda toplam N, değişebilir Ca ve Mg içerikleri yeterli, alınabilir P ve değişebilir K içeriklerinin ise yetersiz olduğu belirlenmiştir. Alınabilir mikroelement içerikleri bakımından toprakların Fe dışında, Cu, Zn ve Mn elementlerinin yeterli seviyenin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Toprakta değişebilir katyonların birbirleriyle olan ilişkilerinde Ca/K, Ca/Mg ve Mg/K oranlarının büyük çoğunluğunun Ca ve K aleyhine bozuk olduğu tespit edilmiştir. Bölgede fındık bitkisinin verimini arttırmak için en fazla yapılan tarımsal uygulamalar gübreleme ve kireçlemedir. Yapılan kireçleme uygulaması hem toprak pH'sını arttıracak gibi Ca aleyhine bozuk olan katyonlar arasındaki dengeyi de sağlayacaktır. Fakat, kireçleme yapılırken mutlaka toprakların K içerikleri de katyonlar arasındaki denge açısından göz önünde bulundurulmalıdır. Sonuç olarak, bu bahçelerde yetiştirilen fındık bitkisinin P, K, Ca ve Fe eksikliği riski gösterebileceği, bu nedenle sürdürülebilir toprak yönetimi ve fındık üretimi açısından gübreleme programlarında bu elementlere yer verilmesinin önemi ve topraktan gübrelemede alkalin karakterli gübrelerin seçilmesi gerektiği anlaşılmaktadır.

Kaynaklar

- Adiloglu A, Adiloglu, S, 2005. An investigation on nutritional problems of hazelnut grown on acid soils. Communications in soil science and plant analysis, 36(15-16), 2219-2226.
- Akçin Y, 2018. Damla sulama yönteminde farklı sulama uygulamalarının 'Tombul' fındık çeşidinde depolama kalitesine etkileri. Yülsek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Alasalvar C Shahidi, F, Ohshima T., Wanasundara U, Yurttas HC, Liyanapathirana CM, Rodrigues FB, 2003. Turkish Tombul hazelnut (Corylus avellana L.). 2. Lipid characteristics and oxidative stability. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 51, 3797-3805.
- Alasalvar CS, Amaral J, Satır G, Shahidi F, 2009. Lipid characteristics and essential minerals of native Turkish hazelnut varieties (Corylus avellana L.). Food Chemistry, 113, 919-925.
- Alpaslan M, Güneş A, İnal A, 2013. Deneme Tekniği (3 b.). Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, s:430.
- Anonim 2021. TÜİK, İstatistiklerle Türkiye. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.

- Anonim, 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Genel Yayın No:151, Teknik Yayınlar No: T-59.
- Ay A, Kızılkaya R, 2021. Ordu ve Giresun illerindeki fındık bahçelerinin toprak özellikleri ile biyolojik özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(1), 71-78.
- Aydın Ş, İrget ME, Karakurt R, Tutam M, Çakıcı H, 2000. Bartın Yöresi Fındık Bahçelerinin Beslenme Durumu. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 10(2).
- Bak T, 2010. Fındıkta (*Corylus avellana* L.) farklı dal sayılarının kalite faktörleri üzerine etkileri. Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi. Ordu.
- Bostan SZ, 2006. Fındık tarımında iklimin yeri ve Önemi. 3. Milli Fındık Şurası. S:462-470. Giresun İl Özel İdare Müdürlüğü.
- Çalışkan K, 2018. Çakmak barajı havzasında (Çarşamba) organik olarak yetiştirilen Palaz ve Tombul fındık çeşitlerinde ocaktaki gövde sayısına bağlı olarak verim ve meyve özelliklerinin değişimi (Master's thesis, Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Çoşkun N, 2010. Fındık bahçelerinde toprak ve ürünlerdeki mikro element dağılımının ve aralarındaki korelasyonun incelenmesi Doktora Tezi. İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Ergin MN, 2019. Gıda uygulamasının fındıkta verim ve kalite üzerine etkisi. Master's Thesis. Fen Bilimleri Enstitüsü.
- FAO 2021. Dünya fındık üretim istatistikleri. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
- Hazelton PA, Murphy BW, 2007. A Guide to the interpretation of soil test results. (CSIRO Publishing, Melbourne).
- Jones JB, 2001. Laboratory guide for conducting soil tests and plant analysis. Crc. Doi:10.1201/9781420025293
- Kacar B, İnal A, 2010. Bitki Analizleri (2 b.). Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Kızılkaya R, Dumbadze G, Gülser C, Jgenti L, 2022. Impact of NPK fertilization on hazelnut yield and soil chemical- microbiological properties of Hazelnut Orchards in Western Georgia. *Eurasian Journal of Soil Science*, 11 (3), 206 215 DOI: 10.18393/ejss.1060314
- Köksal A. I, Artik N, Şimşek A, Güneş N, 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chemistry*, 99(3), 509–515.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 42, 421-428.
- Loue AD, 1968. Diagnostic petiolare de prospection etudes sur la nutrition et la fertilization potassiques de la vigni. p. 31-41. Sciete Commerciale des Potasses d'Alsace Services Agrinomiques.
- Millar CE, Turk LM, 1954. Fundamental of soil science. John Wileyand Sons. Inc. New York.
- Özenç N, Bender Özenç D, 2015. Nut traits and nutritional composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) as influenced by zinc fertilization. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(9), 1956-1962.
- Özkutlu F, Korkmaz K, Özenç N, Aygün A, Şahin Ö, Kahraman M, Ete Ö, Taşkın B, 2016. Ordu-Merkez ilçedeki bazı fındık bahçelerinin mineral beslenme durumunun belirlenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 5(2), 77-86.
- Özkutlu F, Özcan B, Aydemir ÖE, Akgün M, 2018. Yaprak analizleriyle fındığın çinko (Zn) ve diğer elementlerle beslenme durumunun belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 8(2), 195-205.
- Özyazıcı M, Aydoğan M, Bayraklı B, Dengiz O, 2013. Doğu Karadeniz Bölgesi Kırmızı-Sarı Podzolik Toprakların Temel Karakteristik Özellikleri ve Verimlilik Durumu. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(1), 24-32.
- Özyazıcı MA, Dengiz O, Aydoğan M, Bayraklı B, Kesim E, Urla Ö, Yıldız H, Ünal E, 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 31.
- Pizer NH, 1967. Some advisory aspect. *Soil potassium and magnesium*. *Tech. Bull*, 14, 184.
- Polat S, 2014. Türk Fındığı (*Corylus Colurna*)'nın Türkiye'deki Yeni Bir Yayılış Alanı. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (29).
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. US. Dept. Of Agr Handbook No:6.
- Rowell DL, 1996. *Soil science: methods and applications*. 3rd Edition Longman. London,UK.
- Seyhan F, Ozay G, Saklar S, Ertas E, Alasalvar Gulcin S, Alasavar C, 2007. Chemical changes of three native Turkish hazelnut varieties (*Corylus avellana* L.) during fruit development. *Food Chemistry* 105: 590–596.
- Snare L, 2008. Hazelnut production. *Primefacts. Profitable & Sustainable Primary Industry*, 765, 1-8.

- Şendemirci H, Korkmaz A, 2008. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi Topraklarının Yarayışlı Fe, Mn, Zn ve Cu Bakımından Durumu. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 23(1), 39-50.
- Tarakçıoğlu C, 2001. Ordu Yöresinde Yetiştirilen Fındık (*Corylus Avellana L.*) Bitkisinin Beslenme Durumunun Toprak ve Bitki Analizleriyle Belirlenmesi ve Fındık Meyvesinin Bazı Kalite Özellikleri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, 185, Ankara.
- Tarakçıoğlu C, Yalçın SR, Bayrak A, Küçük M, Karabacak H, 2003. Ordu Yöresinde Yetiştirilen Fındık Bitkisinin (*Corylus avellana L.*) Beslenme Durumunun Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi 2003, 9 (1), 13-22.
- Tarakçıoğlu C, Yılmaz İ, Kulaç S, 2017. Fındık Bahçesi Topraklarının Bitkiye Yarayışlı Fosfor Miktarlarının Belirlenmesinde Değişik Ekstraksiyon Yöntemlerinin Karşılaştırılması. Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi, 7(2), 340-352.
- Tarakçıoğlu, C. Yalçın, S. R. Ali, B. Küçük, M.ve Karabacak, H., 2003. Ordu Yöresinde Yetiştirilen Fındık Bitkisinin (*Corylus avellana L.*) Beslenme Durumunun Toprak ve Yaprak Analizleriyle Belirlenmesi. Tarım Bilimleri Dergisi, 9(1).
- Yağmur B, Okur B, 2011. İzmir Kemalpaşa İlçesi Kiraz Bahçelerinin Verimlilik Durumları ve Ağır Metal İçerikleri. Derim, 28(2), 1-13.
- Yılmaz İ, 2019. Ordu yöresi fındık bahçesi topraklarının bitkiye yarayışlı fosfor miktarının belirlenmesinde değişik ekstraksiyon yöntemlerinin karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.

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) 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

