



2024

Cilt/Volume : **12**

Sayı/Number : **2**

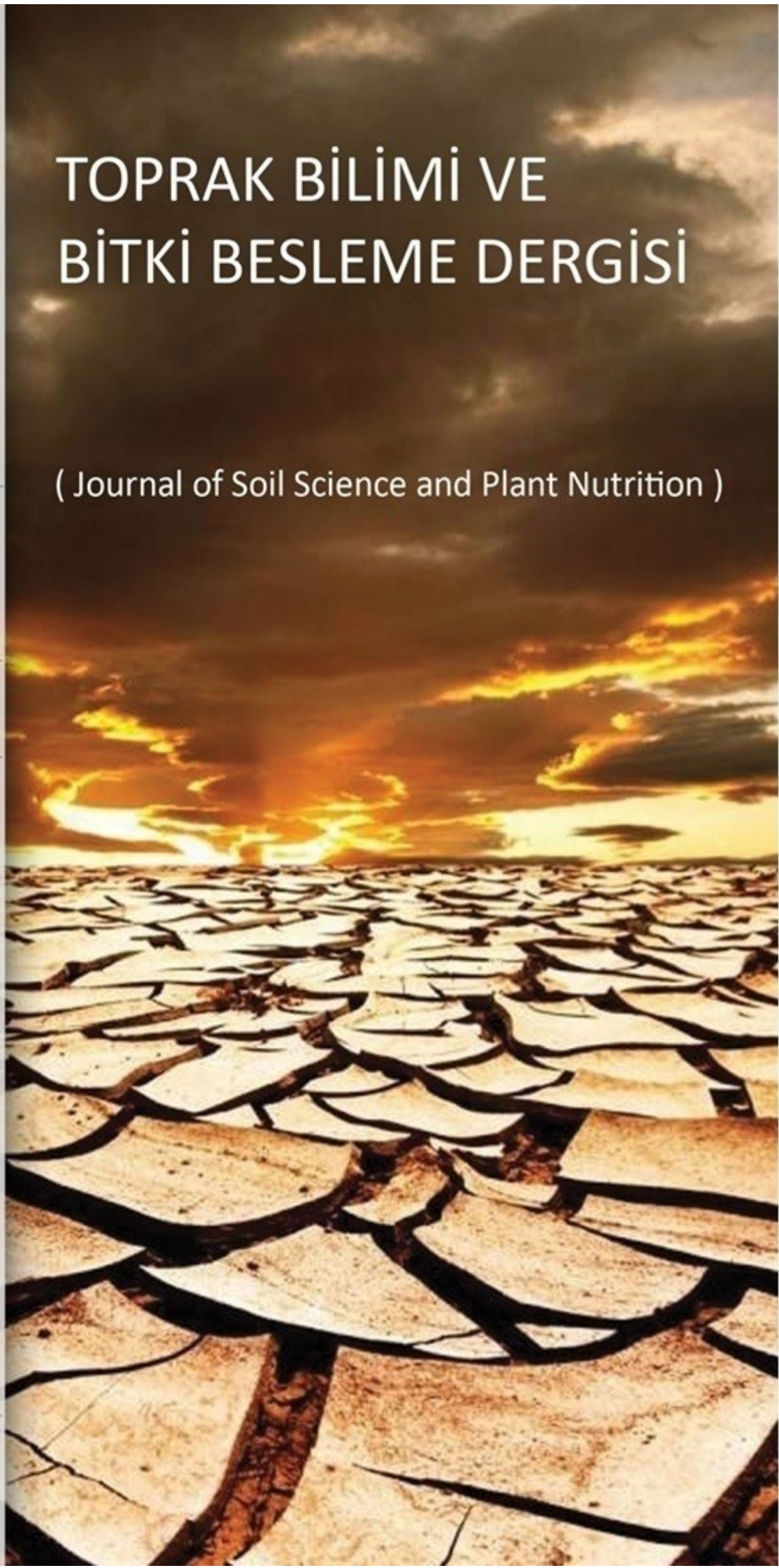
eISSN : 2146 - 8141

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 : TR Dizin, CABI, EBSCOHOST, Google Akademik



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2024

CİLT : 12

SAYI : 2

SAYFA : 96 - 204

İÇİNDEKİLER

ARAŞTIRMA MAKALELERİ

CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarına göre Türkiye'deki arazi sınıflarının zamansal ve mekânsal değişimi 96

Halil Aytop

Akdeniz ekosistem koşulları altında oluşmuş toprakların sınıflaması ve dağılımlarının belirlenmesi: Kemalpaşa Havzası örneği 104

Yunus Barış Odabaşı, Gafur Gözükara, Bahar Yalçın, Orhan Dengiz

Polimer ve organik atık uygulamalarının toprakta stabilite ölçütleri üzerine etkileri 118

Nutullah Özdemir, Ömrüm Tebessüm Kop Durmuş

Yemekhane atıklarından hazırlanmış farklı kompostların marulun gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine kısa dönem etkisi 128

Cennet Yaylacı, Şevkiye Armağan Türkan, Süleyman Kıldır, Ramazan Uçar, İbrahim Erdal

Topraksız kültürde besin çözültisindeki N:S oranlarının domates bitkisinin gelişimi, fotosentetik pigmentleri ve makro besin içeriği üzerine etkileri 137

Güney Akınoğlu

Açık arazi koşullarında yetiştirilen Nergis çiçeğine (*Narcissus* spp.) farklı sıvı gübre uygulamalarının etkisi 145

Hüccet Vural, Remziye Cengiz

Mikroplastiklerin marul bitkisinin (*Lactuca Sativa* l.) fizyolojik karakteristikleri ile toprak özellikleri üzerine etkisi 159

Sonay Sözüdoğru Ok, Hanife Akça, Mehmet Burak Taşkın, Kıymet Deniz Yağcıoğlu, Muhittin Onur Akça

Beet necrotic yellow vein virus-Ilgın (Konya) populasyonunun farklı şeker pancarı genotiplerinde verim ve kalite üzerine etkisinin ve tarla şartlarında dayanıklılık kırma durumunun araştırılması 172

Rıza Kaya, Nazlı Dide Kutluk Yılmaz, Coşkun Gülser

Tuzluluk stresi koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgumun (*Sorghum bicolor* L. Moench) fide büyümesi, fizyolojisi ve su kullanımı üzerine iyileştirici etkileri 183

Shuaib Ajetunmobi Abdulrasaq, Mehmet Sait Kiremit, Hakan Arslan

Farklı toprak düzenleyicilerinin yetiştirme ortamında ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin bazı özelliklerinde meydana getirdiği değişimler 195

Füsun Gülser, Siyami Karaca, Bulut Sarğın



CORINE arazi örtüsü/arazi kullanım sınıflarına göre Türkiye'deki arazi sınıflarının zamansal ve mekânsal değişimi

Halil AYTOP*

Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Kahramanmaraş

Öz

Arazi örtüsü bilgilerinin uydu görüntüsü yoluyla tahmin edilmesi, tarım, orman ve şehirleşme gibi arazi kullanım türlerinin dağılımlarını belirlemek ve onlar hakkında stratejiler geliştirmek açısından önemlidir. Avrupa Birliği'nin başlattığı CORINE arazi örtüsü/kullanımı sınıflandırılması da Avrupa ülkelerine bu amaç için hizmet etmektedir. Ayrıca, CORINE haritaları Türkiye sınırlarını da içermektedir. Bu çalışmada, Türkiye'nin yaklaşık olarak 28 yıllık arazi kullanım-arazi örtüsü değişimlerini ortaya koymak amacıyla CORINE arazi örtüsü/kullanımı haritaları (1990 ve 2018 yıllarına ait) kullanılmıştır. CORINE arazi örtüsü verileri yapay bölgeler, tarımsal alanlar, çayır-mera, orman alanları, yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapıları olmak üzere 7 farklı sınıfa ayrılmıştır. Analizler sonucunda son 28 yılda, Türkiye'nin tarımsal alanlarında %0.28'lik bir artış gözlemlenirken, orman alanlarında %0.21'lik ve yarı doğal alanlarda yaklaşık %1.4'lük bir azalma görülmektedir. Ayrıca yapay bölgeler, çayır-mera, sulak alanlar ve su yapılarının yüz ölçümleri de sırasıyla %3.18, %0.11, %0.20 ve %0.26 oranında artmıştır. Değişim analizi sonucunda tüm arazi kullanımları arasında karşılıklı arazi dönüşümünün gerçekleştiği belirlenmiştir. Tarım alanlarının 569.957 ha'lık kısmı yapay bölgelere, orman alanlarının da 514.629 ha'lık kısmı tarımsal alanlara dönüşmüştür. En fazla alan kaybeden arazi kullanımı ise yapay bölgeler olmuştur (1.094.586 ha). Bu dönüşümlerinin en temel nedenlerinden biri, arazilerin yetenekleri dışında kullanımudur. Bu çalışmanın metodolojisinin, CORINE haritalarının güncelleştirilerek iyileştirilmesi ile birlikte yeni çalışmalara yol gösterebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı-arazi örtüsü, Coğrafi Bilgi Sistemleri, CORINE, orman alanları, tarım alanları.

Temporal and spatial changes of land classes in Türkiye according to CORINE land cover/land use classes

Abstract

Estimating land cover information through satellite imagery is important to determine the distribution of land use types such as agriculture, forest and urbanisation and to develop strategies for them. The CORINE land cover/land use classification initiated by the European Union serves European countries for this purpose. In addition, CORINE maps also include the borders of Türkiye. This study used CORINE land cover/land use maps (1990 and 2018) to reveal the land use-land cover changes in Türkiye for approximately 28 years. CORINE land cover data are categorised into seven classes: artificial regions, agricultural areas, meadow-pasture, forest areas, semi-natural areas, wetlands and water bodies. As a result of the analyses, in the last 28 years, an increase of 0.28% was observed in Türkiye's agricultural areas, while a decrease of 0.21% was observed in forest areas and about 1.4% in semi-natural areas. In addition, the area of artificial regions, meadow-pasture, wetlands and water structures increased by 3.18 per cent, 0.11 per cent, 0.20 per cent and 0.26 per cent, respectively. As a result of the change analysis, it was determined that mutual land transformation took place among all land uses. 569,957 ha of agricultural areas were converted into artificial areas and 514,629 ha of forest areas were converted into agricultural areas. The land use that lost the most area was artificial regions (1,094,586 ha). One of the main reasons for these transformations is the use of lands beyond its capabilities. It is thought that the methodology of this study can guide new studies with the updating and improvement of CORINE maps.

Keywords: Land use-land cover, Geographic Information Systems, CORINE, forest areas, agricultural areas.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 3121169
E-posta : halilaytop@gmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 28 Mayıs 2024 e-ISSN : 2146-8141
Kabul Tarihi : 25 Ekim 2024 DOI : 10.33409/tbbbd.1491229

Giriş

Dünya nüfusunun son yıllarda hızlı bir şekilde artış göstermesi, gıda ve barınma gibi temel ihtiyaçlara olan talebi artırmıştır. Bu talepler ise doğal kaynak olan araziler üstünde bir baskı oluşturmaktadır. Bu baskı sonucunda özellikle orman alanlarının, tarım ve yerleşim alanlarına dönüştürülmesi hızlanmıştır. Arazi kullanımları ve bu kullanımların birbirleri arasındaki değişimleri, ekolojik ve sosyo-ekonomik sistemleri etkilemelerinden dolayı araştırmacılar tarafından ilgi gösterilen konular arasında yer almaktadır (Naranjo Gómez ve ark., 2020; Bertrand ve Vanpeene-Bruhier, 2007; Gao ve ark., 2015). Araştırmacılar, arazi kullanım sınıflarının belirlenmesi ve incelenmesi için çoğunlukla coğrafi bilgi sistemlerinden (CBS) yararlanmaktadırlar (Aytop ve Şenol, 2022a; Kraeski ve ark., 2023). CBS geniş alanlarda düşük maliyetli bir şekilde çalışma imkânı vermektedir (Rogan ve Chen, 2004; Liping et al., 2018). Arazi sınıflandırma çalışmalarında kullanılan en bilindik araçlardan birisi CORINE (Coordination of Information on the Environment-Çevresel Bilginin Koordinasyonu) programıdır. CORINE, Türkiye dahil olmak üzere Avrupa'nın arazi örtüsü ve kullanımı hakkında veriler sunan bir araçtır. CORINE arazi örtüsü-arazi kullanımı (CAÖ-AK), arazi kullanımı ve sınıflaması haritalarını, uydu görüntülerini bilgisayar destekli programlar yardımıyla yorumlayarak elde etmektedir. İlk olarak 1990 yılında yayınlanan CAÖ-AK'in en son sürümü 2018 yılında güncellenmiştir (Büttner, 2014). Birçok araştırmacı arazi kullanımı ve değişimi ile ilgili çalışmalarında, CORINE verilerinden yararlanmıştır (Ayyüce ve ark., 2020; Naranjo Gómez ve ark., 2020; Aune-Lundberg ve Strand, 2021; Castanho ve ark., 2021; Aksoy ve ark., 2022; Mingarro ve Lobo, 2023; Aytop ve Pınar, 2024). Türkiye, yüksek tektonik aktiviteye sahip genç bir yarımada üzerinde yer almaktadır ve engebeli bir topoğrafyaya sahiptir (Şengör ve Yılmaz, 1981; Nazik ve Poyraz, 2017; Aytop ve Şenol, 2022b). Özellikle plansız ve aşırı arazi kullanımı sonucu bu eğimli tarım alanlarının toprak bozulumuna uğrama olasılığı yüksektir (Aytop ve Şenol, 2022b). Bunun için arazi kullanımlarının uzun dönemler boyunca izlenmesi, yeni arazi kullanım planlamalarının ve stratejilerinin geliştirilmesinde önemli olabilir. Bu çalışmanın amacı, CORINE verilerini kullanarak değişim analizi yardımıyla Türkiye'nin son 28 yıllık (1990-2018) arazi kullanım değişimlerini belirlemek ve bu değişimlerinin olası nedenlerini araştırmaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Alanı

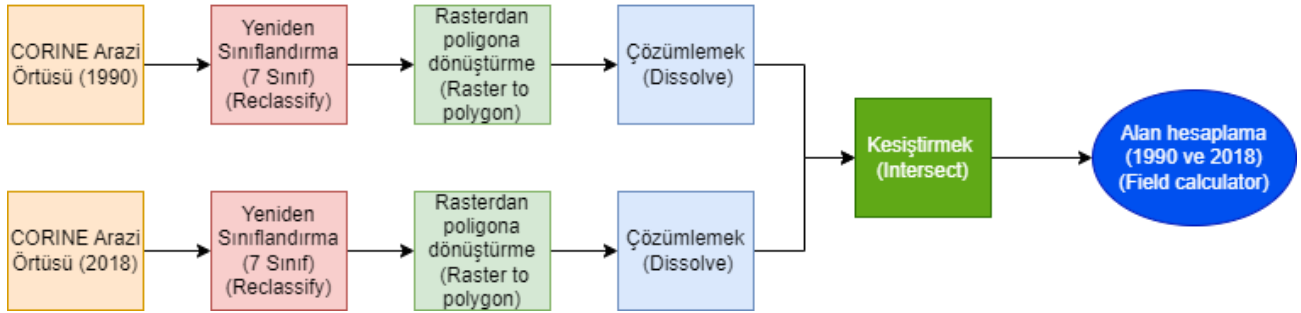
Bu çalışmanın kapsadığı alan, 36-42° Kuzey enlemleri ve 26-45° Doğu boylamları arasında yer alan Türkiye ana karasının tamamıdır (Şekil 1). CORINE (2018) verilerine göre çalışma alanı yaklaşık 80.6 milyon hektarlık bir alandan oluşmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Çalışmada haritaların oluşturulması ve arazi örtülerinin yeniden sınıflandırılması için ArcGIS 10.7 CBS yazılımı kullanılmıştır. Analiz edilen veriler Avrupa Çevre Ajansı tarafından hazırlanan CORINE arazi örtüsü verilerinden sağlanmıştır. CORINE, Türkiye'nin de dahil olduğu 39 ülkenin arazi kullanım verilerini içermektedir (Anonim, 2024). CORINE verilerinin harita ölçeği 1/100.000'dir. CAÖ-AK, 3 seviyede toplamda 44 alt sınıf içermektedir. Bu alt sınıflar yapay yüzeyler, tarım alanları, orman ve yarı doğal alanları, ıslak alanlar ve su toplulukları olarak 5 ana sınıftan oluşmaktadır (Anonim, 2023). CAÖ-AK haritaları (1990 ve 2018) Avrupa Birliği'nin uzay programının bir parçası olan Copernicus internet sitesinden indirilmiştir (Copernicus 2024).

Çalışma için, öncelikle 1990 ve 2018 yıllarına ait CORINE verileri, ArcGIS programı yardımıyla yeniden sınıflandırılmış ve analizler gerçekleştirilmiştir (Şekil 2). Haritaların yeniden sınıflandırılması ve analizlerin gerçekleştirilmesi işlemlerinde ArcGIS programının sırasıyla “Spatial Analyst”, “Conversion” ve “Geoprocessing” araçları kullanılmıştır. Beş sınıftan oluşan CAÖ-AK; yapay bölgeler, tarımsal alanlar, çayır-mera, orman alanları, yarı doğal alanlar, sulak alanlar ve su yapıları olarak 7 sınıfa ayrılmıştır (Çizelge 1).



Şekil 2. Çalışma metodolojisinin iş-akış şeması

Çizelge 1. Yeniden sınıflandırma yapılan CAÖ-AK verileri

1. Seviye	2. Seviye	3. Seviye	
Yapay bölgeler	-Şehir Yapısı -Endüstri, ticaret ve ulaşım birimleri -Maden ocağı, boşaltım ve inşaat sahaları -Yapay, tarımsal olmayan yeşil alanlar	-Sürekli şehir yapısı -Kesikli/süreksiz şehir yapısı -Endüstriyel ve ticari birimler -Karayolları, demiryolları ve ilgili alanlar -Limanlar -Hava alanları -Maden çıkarım sahaları -Boşaltım sahaları -İnşaat sahaları -Yeşil şehir alanları -Spor ve eğlence alanları	
Tarımsal alanlar	-Ekilebilir alan -Sürekli ürünler -Karışık tarımsal alanlar	-Sulanmayan tarımsal araziler -Sürekli sulanan araziler -Çeltik tarlaları -Üzüm bağları -Meyve bahçeleri -Zeytin bahçeleri -Sürekli ürünlerle bulunan senelik ürünler -Karışık tarım alanları -Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları -Orman tarım arazileri	*Meralar tarımsal alanlardan çıkarılmıştır ve doğal çayırliklar ile birleştirilmiştir.
Orman alanları	-Ormanlar	-Geniş yapraklı ormanlar -İğne yapraklı ormanlar -Karışık ormanlar	*Yarı doğal alanlar ayrı bir sınıf olarak değerlendirilmiştir.
Sulak alanlar	-Karasal bataklıklar -Denize yakın ıslak alanlar	-Karasal bataklıklar -Turbalıklar -Tuz bataklığı -Tuzlalar -Gelgit olayı ile oluşan düzlükler	
Çayır- Mera	-Doğal çayırliklar ve meralar	-Mera alanları -Doğal çayırliklar	
Yarı doğal alanlar	-Maki ve otsu bitkiler -Bitki örtüsü ile kaplı olmayan veya az miktarda bitki örtüsü ile kaplı açık alanlar	-Fundalıklar -Sklerofil bitki örtüsü -Bitki değişim alanları -Sahiller, kumsallar ve kumluklar -Çıplak kayalıklar -Seyrek bitki alanları -Yanmış alanlar -Buzul ve kalıcı kar	
Su yapıları	-Karasal/iç sular	-Su yolları -Su kütleleri -Kıyı lagünleri -Nehir ağızları, deltalar	*Deniz değerlendirme dışı bırakılmıştır.

Kullanım amacına bağlı olarak CAÖ-AK sınıfları araştırmacılar tarafından yeniden sınıflandırılabilir (Kızılkın ve ark., 2023; Mingarro ve Lobo, 2023; Khachoo ve ark., 2024). Tarımsal arazi kullanım planlamaları hazırlanırken çayır-meralar genel itibarıyla birlikte değerlendirildiğinden, bu çalışma için meralar tarımsal alanlardan çıkartılmış ve çayırlarla birleştirilmiştir. Yıllar içerisinde, arazi kullanım türleri içinde ki dönüşümlerin daha net ortaya konması açısından, orman ve yarı doğal alanlarda ayrı sınıflandırılmıştır. Ayrıca, su yapıları içinde yer alan deniz suları analiz dışı bırakılmıştır. Daha sonra belirlenen 7 arazi kullanım sınıfının, 1990 ve 2018 yılları arasındaki değişimler hektar cinsinden karşılaştırılarak yorumlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

CORINE verilerine göre, Türkiye'nin en yüksek arazi kullanımını tarımsal alanların oluşturduğu görülmektedir (Çizelge 2). Yarı doğal alanlar ve çayır-meralar, tarımsal alanlarından sonra en yüksek yüzölçümüne sahip arazi örtüsünü oluşturmaktadır. Yıllara göre incelediğimizde, 1990 yılında tarımsal alanlar ülke yüzölçümünün yaklaşık %40.71'ini kaplarken, 2018 yılında bu oran %40.99'a yükselmiştir (Çizelge 2). Bu çalışmada analiz edilen 7 arazi kullanımından sadece yarı doğal alanlar ve orman alanları 1990 yılına göre 2018 yılında yüzölçümü bakımından azalış göstermiştir. Üyük ve ark. (2020), bu çalışmaya benzer şekilde, Denizli ilinde 1990 yılına göre 2018 yılında orman alanlarının azaldığını rapor etmişlerdir.

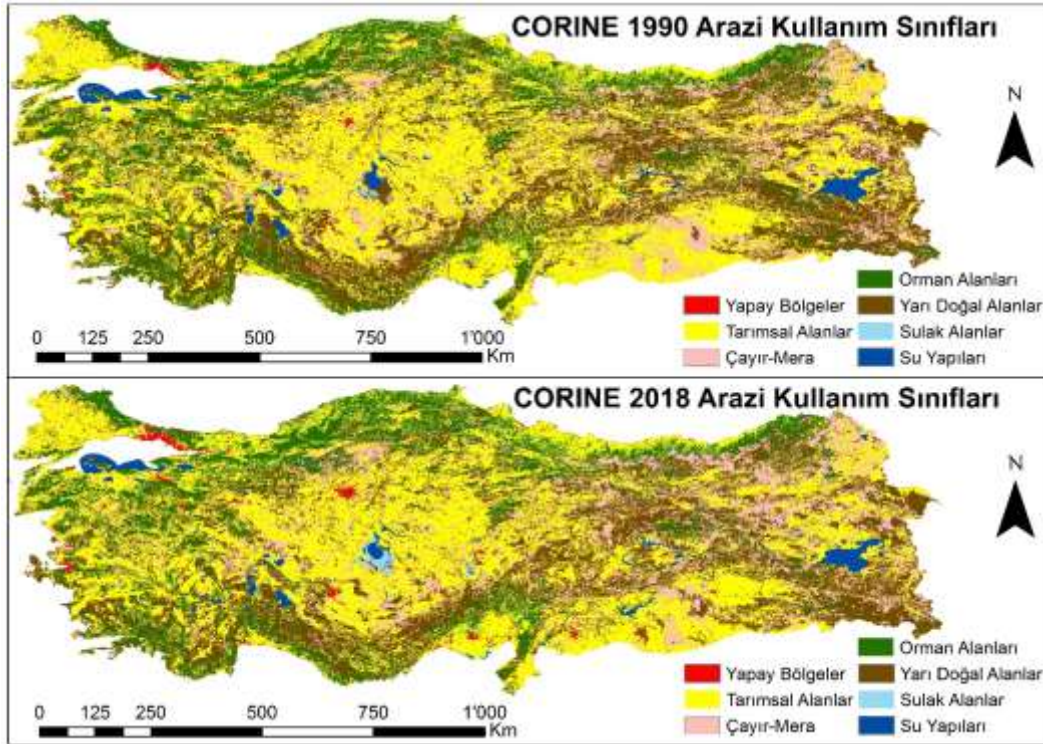
Çizelge 2. Yeniden sınıflandırılan CORINE Arazi Örtüsü sınıfları ve kapladığı alanlar

	Yapay bölgeler	Tarımsal alanlar	Çayır-mera	Orman alanları	Yarı doğal alanlar	Sulak alanlar	Su yapıları
1990							
ha	962.768	31.850.445	10.785.971	11.713.054	21.248.733	256.308	1.184.442
%	1.23	40.83	13.83	15.02	27.24	0.33	1.52
2018							
ha	1.565.407	32.070.262	10.886.664	11.525.788	20.160.943	413.787	1.391.584
%	2.01	41.11	13.95	14.77	25.84	0.53	1.78

Yeniden sınıflandırılan CAÖ-AK 1990 ve 2018 haritaları Şekil 3'te verilmiştir. Türkiye arazi kullanımlarının, 1990 ve 2018 yılları arasında birbirleri içerisindeki değişim miktarları hektar cinsinden Çizelge 3'te gösterilmiştir. Değişim analizi sonuçlarına göre, en yüksek değişim karşılıklı olarak, yarı doğal alanlar ile çayır-mera arasında gerçekleşmiştir. Tarım alanlarından, yapay alanlara doğru 569.957 ha'lık bir dönüşüm olurken, yapay alanlardan tarım alanlarına doğru 177.266 ha'lık bir dönüşüm olmuştur. Bu iki arazi kullanımı arasındaki dönüşüm farkı 392.691 ha olarak yapay bölgelerin lehine gerçekleşmiştir (Çizelge 3). Bu değişim, insan faaliyetlerinin doğal ortamlar üzerindeki olumsuz etkisini kanıtlar niteliktedir (Bertrand ve Vanpeene-Bruhier, 2007; Gao ve ark., 2015; Naranjo Gómez ve ark., 2020). Tarım alanlarının insan eliyle düzensiz ve plansız olarak yerleşim alanlarına dönüşümü, ileriki yıllarda tarımsal sürdürülebilirliğin önündeki en büyük engellerden biri olarak görülmektedir (Anda ve ark., 2019; Kocur-Bera & Pszeny, 2020). Tarım alanları genellikle düz ve düze yakın eğime sahip alanlardan oluşmaktadır. Bundan dolayı sanayi tesisleri ve yerleşim alanlarını bu bölgelere yapmak insanlar tarafından kolay, maliyeti az ve karlı görülmektedir (Irwin & Bockstael, 2007; Yan ve ark., 2016; Rondhi ve ark., 2018).

Çizelge 3'te verilen değişim analizleri sonucunda, bütün arazi kullanımlarının birbirleriyle dönüşüm içerisinde olduğu görülmektedir. Türkiye'de son 28 yıllık süreçte, tarımsal alanların yüzölçümünde bir miktar artış olmuştur (Çizelge 2). Değişim analizi sonucu (Çizelge 3), tarım alanlarının genişlemesinde, sırasıyla çayır-mera, orman ve yarı doğal alanlardan dönüşen arazi varlığının etkili olduğu anlaşılmaktadır. Orman alanlarının vassını yitirmesi ve çayır-mera alanlarındaki aşırı otlatma sonucunda bu alanlarının bir kısmının tarım alanlarına dönüştüğü düşünülmektedir. Hailu ve ark. (2020), Batı Etiyopya'nın Jimma Geneti Bölgesi'nde yaptıkları çalışmada, son 45 yıllık süreç içinde tarım alanlarının yüzölçümündeki artışının kaynağının, orman alanlarında meydana gelen ağaç kesimleri ve meralardaki aşırı otlatma olduğunu belirtmişlerdir. Aşırı otlatma, arazilerin vasıflarını yitirmesi ve sonucunda bu alanların erozyona açık hale gelmesine sebep olmaktadır (Chaplot ve Mutema, 2022; Katayama ve ark., 2023). Çizelge 3'e göre orman alanlarından tarım alanlarına yaklaşık 514.629 ha'lık bir dönüşüm gerçekleşmiştir. Bu çalışmaya benzer şekilde, Gana'nın orman alanlarının son 29 yılda azalmasının en önemli nedeninin tarımsal genişleme olduğu belirlenmiştir (Acheampong, 2019). Orman alanlarının tarım alanlarına dönüştürülmesindeki önemli

etkenlerden birisi yerel halkın orman alanlarına yakın yerlerde yaşaması olarak gösterilmektedir. Böylece yerel halk, odun ihtiyacını orman alanlarından karşılarken, bu bölgelerde tarımsal faaliyetlere başlamaktadır (Hobson ve ark., 2002; Erpul ve ark., 2014). Yarı doğal alanlarda son 28 yıl içerisinde bir miktar azalış görülmektedir. Yarı doğal alanlardan yaklaşık 1.533.668 ha'lık kısım tarım alanına dönüşmüştür (Çizelge 3). İki arazi kullanımı arasındaki fark ise tarım alanları lehine 527.373 ha olarak gerçekleşmiştir.



Şekil 3. Türkiye'ye ait yeniden sınıflandırılmış CORINE arazi kullanım haritaları (1990-2018)

Çizelge 3. Arazi kullanımlarının birbirleri arasındaki dönüşümleri

Değişim (1990-2018)	Alan (ha)	Değişim (1990-2018)	Alan (ha)	Fark (ha)
Çayır ve mera → Orman alanları	67.255	Orman alanları → Çayır ve mera	125.435	58.180
Çayır ve mera → Su yapıları	24.862	Su yapıları → Çayır ve mera	7.326	17.536
Çayır ve mera → Sulak alanlar	33.960	Sulak alanlar → Çayır ve mera	21.178	17.782
Çayır ve mera → Tarımsal alanlar	1.043.649	Tarımsal alanlar → Çayır ve mera	1.016.166	27.483
Çayır ve mera → Yapay bölgeler	109.751	Yapay bölgeler → Çayır ve mera	30.523	79.228
Çayır ve mera → Yarı doğal alanlar	2.396.419	Yarı doğal alanlar → Çayır ve mera	2.561.420	165.001
Orman alanları → Su yapıları	10.850	Su yapıları → Orman alanları	2.291	1.206
Orman alanları → Sulak alanlar	603	Sulak alanlar → Orman alanları	631	28
Orman alanları → Tarımsal alanlar	514.629	Tarımsal alanlar → Orman alanları	316.573	198.056
Orman alanları → Yapay bölgeler	42.031	Yapay bölgeler → Orman alanları	5.933	36.098
Orman alanları → Yarı doğal alanlar	1.178.249	Yarı doğal alanlar → Orman alanları	1.316.967	138.718
Su yapıları → Sulak alanlar	30.064	Sulak alanlar → Su yapıları	23.950	27.669
Su yapıları → Tarımsal alanlar	22.682	Tarımsal alanlar → Su yapıları	165.208	142.526
Su yapıları → Yapay bölgeler	5.154	Yapay bölgeler → Su yapıları	3.731	1.423
Su yapıları → Yarı doğal alanlar	16.709	Yarı doğal alanlar → Su yapıları	61.071	44.362
Sulak alanlar → Tarımsal alanlar	25.688	Tarımsal alanlar → Sulak alanlar	19.757	5.931
Sulak alanlar - Yapay bölgeler	2.471	Yapay bölgeler → Sulak alanlar	728	1.743
Sulak alanlar → Yarı doğal alanlar	6.813	Yarı doğal alanlar → Sulak alanlar	154.283	147.470
Tarımsal alanlar → Yapay bölgeler	569.957	Yapay bölgeler → Tarımsal alanlar	177.266	392.691
Tarımsal alanlar → Yarı doğal alanlar	1.006.295	Yarı doğal alanlar → Tarımsal alanlar	1.533.668	527.373
Yapay bölgeler → Yarı doğal alanlar	23.844	Yarı doğal alanlar → Yapay bölgeler	109.538	85.694

Çalışmanın Sınırlılıkları

CORINE haritaları genel olarak 1:100.000 ölçekli uydu görüntülerinin yorumlanması yoluyla vektör formatında elde edilmiştir. Bazı araştırmacılar CAÖ-AK'nın doğruluğuyla ilgili endişelerini dile getirmişlerdir. Bu endişelerin en temel kaynağı, CORINE'in 100 m çözünürlüğe sahip olması ve veri sağlayıcıların doğru veriler sağlayamadığı konusundadır (Koca ve ark., 2009; Özur & Ataoğlu, 2018). CORINE haritalarının 2012 ve 2018 yıllarına ait baskılarında, birçok ülke ulusal arazi kullanım örtüsü veri setlerini daha iyi ölçeklerde elde etmişlerdir (Hazeu ve ark., 2016; García Álvarez ve ark., 2023). Böylelikle son iki güncel CORINE haritası daha zengin mekânsal ayrıntılar sağlamaktadır.

CORINE 2018 verisinin ülkelere bağlı olarak %86-98 arasında tematik bir doğruluk oranına sahip olduğu kabul edilmektedir (Moiret-Guigand ve ark., 2021). Fakat maden sahaları, inşaat sahaları, karışık tarım alanları ve çöplük alanlarında bu doğruluk oranları önemli ölçüde azalabilmektedir (Baudoux ve ark., 2021). CORINE 1990 verilerinin doğruluğu birçok ülke için %86'nın altında kalmıştır (Büttner ve ark., 2004). Ama yıllar içinde teknolojinin gelişimiyle birlikte CAÖ-AK verilerinin doğruluğunun artacağı konusunda da görüşler yaygındır (Dabija ve ark., 2021). Mevcut çalışmada kullanılan CAÖ-AK haritalarının doğru olduğu varsayılarak analizler yapılmıştır.

CAÖ-AK haritaları, Avrupa Birliği tarafından her 6 yılda bir düzenli şekilde yayınlanmaktadır. Yıllar içinde yayınlanacak olan yeni haritaların doğruluk yüzdesinin artacağı düşünülmektedir. Doğruluğunun artması düşünülen haritalar üzerinde yapılacak gelecek çalışmalarda, bu çalışmada uygulanan metodun daha güvenilir sonuçlar verebileceği düşünülmektedir.

Sonuç

Bu çalışmayla, CORINE verilerine göre 1990-2018 yılları arasındaki Türkiye arazi örtüsü/kullanım sınıfları arasındaki dönüşümleri incelenmiştir. Son 28 yıllık süreçte yapay alanlar, tarımsal alanlar, çayır-mera, sulak alanlar ve su yapılarının yüz ölçümleri artarken; orman ve yarı doğal alanların yüz ölçümleri azalış göstermiştir. Tarım alanlarından 569.957 ha'lık kısım yapay bölgelere dönüşmüşken, orman alanlarının 514.629 ha'lık bölümü tarım alanlarına dönüşmüştür. Arazi sınıfları arasında en fazla azalış gösteren yapay bölgeler olmuştur. Yapay bölgeler yaklaşık olarak 1.094.586 ha alan kaybetmiştir. Yapay bölgelerden sonra en fazla alan kaybeden arazi sınıfı, 158.655 ha ile orman alanları olmuştur. Orman alanlarının tahrip edilerek, tarım alanlarına ve yerleşim bölgelerine dönüştürülmesi bu azalışın en önemli nedenlerindedir.

Bu çalışmanın sonuçları, tarım alanlarının yapay bölgelere dönüşümünün önüne geçilebilmesi için, arazilerin yeteneklerine göre kullanımının yaygınlaşması gerektiğini göstermektedir. Bu da tarım arazilerinde detaylı toprak etüd çalışmalarının yapılması ile mümkün olacaktır. Çünkü tarım arazileri yetenekleri dışında, yerleşim alanı ya da sanayi alanı olarak kullanıldığında tarımsal sürdürülebilirliğin sektöre uğrayacağı bir gerçektir. Özellikle dünya nüfusunun hızlı bir şekilde arttığı göz önüne alındığında, ileriki yıllarda insanların besin ihtiyaçlarında bir artış görülecektir. Besin ihtiyacını sağlamanın en önemli yolu da tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması ile mümkün olabilir. Ayrıca, orman alanlarının önemli bir kısmının tarım alanına dönüşmesi sadece orman alanlarının azalmasıyla sonuçlanmamaktadır. Orman alanları genel itibarıyla eğimli ve toprak derinliği az olan yerlerde bulunmaktadır. Bu bölgelerdeki ormanların tarımsal kullanıma açılması hem tarım alanlarının toprak kalitesinin azalmasına hem de bu alanların erozyona açık hale gelmesine neden olabilmektedir.

Bu çalışmada kullandığımız metodoloji, belirli bir alan ya da herhangi bir ülkenin yıllar içindeki arazi değişimini ortaya koymak için kolaylıkla uygulanabilir. Son olarak, bundan sonra yapılacak benzer araştırmalarda, CORINE verilerinin doğruluğunun ölçülebilmesi için doğruluk analizi yapılması önerilmektedir. Bunun için farklı uydu görüntüleri kullanılabilir veya alan bazlı arazi kontrolleri gerçekleştirilebilir.

Kaynaklar

- Acheampong EO, Macgregor CJ, Sloan S, Sayer J, 2019. Deforestation is driven by agricultural expansion in Ghana's forest reserves. *Scientific African*, 5, e00146.
- Aksoy T, Dabanlı A, Cetin M, Senyel Kurkcuoglu MA, Cengiz AE, Cabuk SN, Cabuk A, 2022. Evaluation of comparing urban area land use change with Urban Atlas and CORINE data. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(19), 28995-29015.

- Anda J, Velta P, Maija B, Aina P, 2019. Role of brownfields regeneration in sustainable use of natural resources. *Journal Baltic Surveying*, (11).
- Aune-Lundberg, L, Strand GH 2021. The content and accuracy of the CORINE Land Cover dataset for Norway. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 96, 102266.
- Aytop H, Pınar MÖ 2024. Evaluation of Agricultural Productivity Loss of Vineyards Through Water Erosion in Türkiye. *Applied Fruit Science*, 1-10. <https://doi.org/10.1007/s10341-024-01035-6>.
- Aytop H, Şenol S, 2022a. Farklı Ana Materyaller Üzerinde Oluşmuş Mikail Çayı Mikro Havzası Toprakları. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(1), 85-96.
- Aytop H, Şenol S 2022b. The effect of different land use planning scenarios on the amount of total soil losses in the Mikail Stream Micro-Basin. *Environmental Monitoring and Assessment*, 194(5), 321.
- Üyük A, Uzun A, Çardak Ç, 2020. CORINE Verileri ile Değişim Analizi, Denizli İli Örneği. *Türkiye Peyzaj Araştırmaları Dergisi*, 3(2), 97-107.
- Baudoux L, Inglada J, Mallet C, 2021. Toward a yearly country-scale CORINE land-cover map without using images: A map translation approach. *Remote Sensing*, 13(6), 1060.
- Bertrand N, Vanpeene-Bruhier S, 2007. Periurban landscapes in mountain areas. At the crossroads of ecological and socio-economic studies. *Journal of Alpine Research| Revue de géographie alpine*, (95-4), 69-80.
- Büttner G, 2014. CORINE land cover and land cover change products. In *Land use and land cover mapping in Europe: practices & trends* (pp. 55-74). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Büttner, G, Feranec J, Jaffrain G, Mari L, Maucha G, Soukup T, 2004. The CORINE land cover 2000 project. *EARSeL eProceedings*, 3(3), 331-346.
- Castanho RA, Naranjo Gomez JM, Vulevic A, Couto G, 2021. The land-use change dynamics based on the CORINE Data in the period 1990–2018 in the European archipelagos of the Macaronesia Region: Azores, Canary Islands, and Madeira. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(5), 342.
- Chaplot V, Mutema M, 2022. Impact of Overgrazing on Diffuse and Concentrated Erosion: Case Study in the Sloping Lands of South Africa. *Hydrology*, 9(7), 121.
- Dabija A, Kluczek M, Zagajewski B, Raczko E, Kycko M, Al-Sulttani AH, ... Corbera J, 2021. Comparison of support vector machines and random forests for corine land cover mapping. *Remote Sensing*, 13(4), 777.
- Erpul G, Saygın SD, Samray H, Pınar MÖ, Şengören A, 2014. *FAO – Arazi Kullanım Planlamasının Esasları (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü – Roma, 1993)*. Ankara Üniversitesi Yayınları. Yayın No:439. ISBN:978-605-84875-0-5
- Gao P, Niu X, Wang B, Zheng Y, 2015. Land use changes and its driving forces in hilly ecological restoration area based on gis and rs of northern china. *Scientific reports*, 5(1), 11038.
- García Álvarez D, Camacho Olmedo MT, 2023. Analysing the inconsistencies of CORINE status layers (CLC) and layers of changes (CHA)(1990-2018) for a Spanish case study. *Annals of GIS*, 29(3), 369-386.
- Hail A, Mammo S, Kidane M, 2020. Dynamics of land use, land cover change trend and its drivers in Jimma Geneti District, Western Ethiopia. *Land use policy*, 99, 105011.
- Hazeu G, Büttner G, Arozarena A, Valcárcel N, Feranec J, Smith G, 2016. Detailed CLC data: Member states with CLC level 4/level 5 and (semi-) automated solutions. In *European Landscape Dynamics* (pp. 307-334). CRC Press.
- Hobson KA, Bayne EM, Van Wilgenburg SL, 2002. Large-scale conversion of forest to agriculture in the boreal plains of Saskatchewan. *Conservation Biology*, 16(6), 1530-1541.
- Irwin EG, Bockstael NE, 2007. The evolution of urban sprawl: Evidence of spatial heterogeneity and increasing land fragmentation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(52), 20672-20677.
- Katayama A, Oyamada M, Abe H, Uemori K, Hishi T, 2023. Soil erosion decreases soil microbial respiration in Japanese beech forests with understory vegetation lost by deer. *Journal of Forest Research*, 1-8.
- Kızılkan Y, Birinci S, Kaymaz ÇK, (2023). Endüstriyel gelişime uygun yerlerin belirlenmesinde CBS ve AHP entegrasyonu yaklaşımı: Palandöken, Aziziye ve Yakutiye (Erzurum). *Ege Coğrafya Dergisi*, 32(1), 69-88.
- Khachoo YH, Cutugno M, Robustelli U, Pugliano G, 2024. Impact of Land Use and Land Cover (LULC) Changes on Carbon Stocks and Economic Implications in Calabria Using Google Earth Engine (GEE). *Sensors*, 24(17), 5836.
- Koca YK, Doran İ, Kılıç T, 2009. Arazi sınıflandırma yöntemi CORINE'e eleştirel bir yaklaşım. İçinde TÜCAUM-V. Coğrafya Sempozyumu Bildiriler Kitabı (16-17 Ekim 2008),(ss. 71–80). Ankara.
- Kocur-Bera K, Pszenny A, 2020. Conversion of agricultural land for urbanization purposes: A case study of the suburbs of the capital of Warmia and Mazury, Poland. *Remote Sensing*, 12(14), 2325.

- Kraeski A, de Almeida FT, de Souza AP, de Carvalho TM, de Abreu DC, Hoshide AK, Zolin CA, 2023. Land Use Changes in the Teles Pires River Basin's Amazon and Cerrado Biomes, Brazil, 1986–2020. *Sustainability*, 15(5), 4611.
- Liping C, Yujun S, Saeed S, 2018. Monitoring and predicting land use and land cover changes using remote sensing and GIS techniques—A case study of a hilly area, Jiangle, China. *PloS one*, 13(7), e0200493.
- Mingarro M, Lobo JM, 2023. European National Parks protect their surroundings but not everywhere: A study using land use/land cover dynamics derived from CORINE Land Cover data. *Land Use Policy*, 124, 106434.
- Moiret-Guigand A, Jaffrain G, Pennec A, Dufourmont H 2021. CLC2018/CLCC1218 Validation Report. In Tech. Rep.. GMES Initial Operations/Copernicus Land monitoring services.
- Naranjo Gómez JM, Lousada S, Velarde JG, Castanho RA, Loures L, 2020. Land-use changes in the canary archipelago using the CORINE data: A retrospective analysis. *Land*, 9(7), 232.
- Özür N, Ataol M, 2018. Türkiye’de CORINE Verilerinin Kullanılmasına Dair Değerlendirme. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 9(2), 110-130.
- Rogan J, Chen D, 2004. Remote sensing technology for mapping and monitoring land-cover and land-use change. *Progress in planning*, 61(4), 301-325.
- Rondhi M, Pratiwi PA, Handini VT, Sunartomo AF, Budiman SA, 2018. Agricultural land conversion, land economic value, and sustainable agriculture: A case study in East Java, Indonesia. *Land*, 7(4), 148.
- Yan C, Zhang Q, Xue S, Sun Z, Wu X, Wang Z, ... Cong W, 2016. A novel low-cost thin-film flat plate photobioreactor for microalgae cultivation. *Biotechnology and Bioprocess Engineering*, 21, 103-109.



Akdeniz ekosistem koşulları altında oluşmuş toprakların sınıflaması ve dağılımlarının belirlenmesi: Kemalpaşa Havzası örneği

Yunus Barış ODABAŞI¹, Gafur GÖZÜKARA², Bahar YALÇIN^{1*},
 Orhan DENGİZ³

¹T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü, Ankara

²Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Eskişehir

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

Öz

Bu çalışma, Gediz Havzası'nın Kemalpaşa Alt Havzası'ndaki toprakların haritalanması, sınıflandırılması ve özelliklerinin belirlenmesini amaçlamaktadır. Çalışma alanı, İzmir ve Manisa illeri sınırları içerisinde yer almakta olup, yaklaşık 673.5 km²'lik bir alanı kapsamaktadır. Akdeniz ikliminin hakim olduğu havzada, Newhall simülasyon modeline göre toprak sıcaklık rejimi termic ve toprak nem rejimi ise xeric olarak belirlenmiştir. Çalışma kapsamında, 1:25.000 ölçekli topografik harita, uydu görüntüleri, jeolojik haritalar ve arazi gözlemleri kullanılarak 50 adet toprak profili tanımlanmış ve horizon esasına göre toprak örnekleri alınmıştır. Toprak örnekleri üzerinde yapılan fiziksel, kimyasal ve verimlilik analizleri sonucunda elde edilen veriler, Toprak Taksonomisi ve Dünya Referans Sistemi (WRB) kullanılarak değerlendirilmiş ve topraklar sınıflandırılmıştır. Toprak Taksonomisine göre havzada 13 alt grup, WRB sistemine göre ise 7 referans toprak grubu belirlenmiştir. Haritalama çalışmaları sonucunda, havzanın %79.3'ünde Entisol, %11.3'ünde Alfisol iken toplam alanın yaklaşık %0.2'si ile de en az alan ise Vertisol'ler olduğu tespit edilmiştir. Elde edilen bu detaylı sayısal toprak haritası ve toprak özellikleri bilgisi, havzanın toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve arazi kullanım planlamaları için önemli bir kaynak niteliği taşımaktadır.

Anahtar Kelimeler: Kemalpaşa Havzası, toprak etüt ve haritalama, toprak sınıflandırması.

Classification and distribution of soils formed under mediterranean ecosystem conditions: The case study; Kemalpaşa Basin

Abstract

The present study aims to map, classify, and determine the properties of soils in the Kemalpaşa sub-basin of the Gediz Basin. The study area is located within the boundaries of İzmir and Manisa provinces, covering an area of approximately 673.5 km². In the basin dominated by the Mediterranean climate, the soil temperature regime is identified as thermic, and the soil moisture regime as xeric according to the Newhall simulation model. In this study, a total of 50 soil profiles were described and soil samples were taken based on horizons using a 1:25.000 scale topographic map, satellite images, geological maps, and field observations. The data obtained from the physical, chemical, and fertility analyses of the soil samples were evaluated using Soil Taxonomy (ST) and the World Reference Base for Soil Resources (WRB) systems and the soils were classified. According to ST, 13 subgroups were identified in the basin, while according to the WRB system, 7 reference soil groups were determined. Mapping studies revealed that Entisols cover 79.3% of the basin, Alfisols 11.3% and Vertisols, with only about 0.2%, occupy the smallest area. This detailed digital soil map and soil properties information obtained provide a significant resource for the sustainable management of soil resources and land use planning in the basin.

Keywords: Kemalpaşa Basin, soil survey and mapping, soil classification.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (506) 283 7292

E-posta : bhryalcin@ankara.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 31 Mayıs 2024

Kabul Tarihi : 23 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1493513

Giriş

Toprak, bitki örtüsü ve su kaynakları, sürdürülebilir bir ekosistemin temel unsurlarıdır (Daily, 1997). Bu kaynakların korunması ve sürdürülebilir yönetimi, gelecek nesillerin refahı için hayati öneme sahiptir (WCED,S.W.S, 1987). Topraklar, tarım, ormancılık, hayvancılık ve diğer birçok insan faaliyetinin temelini oluşturan yenilenemeyen bir doğal kaynaktır. Ancak, yanlış arazi kullanımı, iklim değişikliği, erozyon ve bunun gibi diğer faktörler toprakların bozulmasına ve fonksiyonunu yitirmesine neden olmaktadır (Montgomery, 2007).

Toprakların sürdürülebilir yönetimi, toprakların özelliklerini ve dağılımlarını anlamak, doğru arazi kullanım planlamaları yapmak ve toprak koruma tedbirlerini uygulamak ile mümkündür (Lal, 2015). Dolayısıyla, toprak ve arazi kaynaklarının geliştirilmesine ilişkin ulusal planlamaların en önemli yararlarından birisi, kaynaklara ilişkin envanterlerin çıkarılmasıdır. Bu nedenle, Ülke toprakları üzerinde yapılacak gerek tarımsal, gerek tarım dışı uygulamaların doğru yapılması, yapılacak yatırım ve stratejik planlama sonuçlarının hedefe yakın olması, konuma dayalı, niteliksel ve niceliksel özellikleri içeren toprak veri tabanının varlığına bağlıdır. Bu bağlamda, toprak etüt ve haritalama çalışmaları, toprakların özelliklerini, konumsal dağılımlarını ve potansiyel kullanım alanlarını belirlemek için hayati önem taşımaktadır (Brevik ve ark., 2015) Dolayısıyla, bu çalışmalara yönelik üretilen toprak haritaları ve beraberindeki raporlar, toprak kaynaklarının yönetimi, arazi kullanım planlaması, tarım, ormancılık, hayvancılık, mühendislik ve diğer birçok alanda karar vericiler için önemli bir veri tabanı oluşturur (Dent ve Young, 1981).

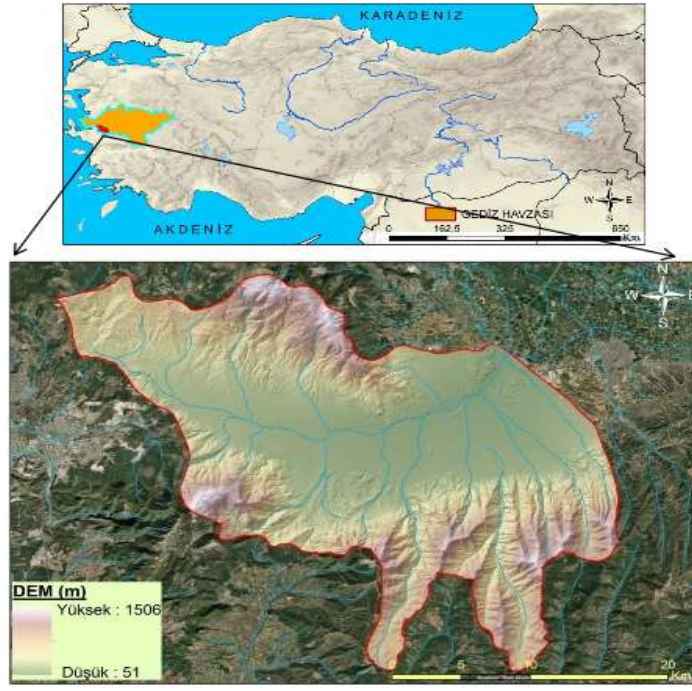
Toprak haritaları, mevcut kaynakların amacına uygun bir şekilde kullanımı ve yönetimi açısından ele alınan önemli materyeldir (Coşkun ve Dengiz, 2016). Detaylı olarak yürütülen toprak etüt ve haritalama çalışmaları topraklara yönelik sorunların belirlenerek çözüm önerilerinin getirilmesi ile yönetilmesinde kolaylıklar sağlamanın yanında sürdürülebilir toprak yönetimine de imkân sağlamaktadır. Bu çalışmada, Gediz Havzası, Kemalpaşa Havzası'nda dağılım gösteren Akdeniz ekosistem koşulları altında, farklı ana materyal ve farklı fizyografik üniteler üzerinde farklı toprakların detaylı bir şekilde incelenerek, sınıflandırılması ve haritalanmasını amaçlanmıştır. Bu kapsamlı çalışma ile Kemalpaşa alt Havzası topraklarının sayısal olarak detaylı bir envanteri çıkarılmış, toprakların özellikleri, dağılımları ve yetenek sınıfları ortaya konulmuştur. Bu çalışma ile elde edilen bilgiler, havzanın toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, arazi kullanım planlamaları ve gelecekteki araştırmalar için önemli bir temel oluşturacaktır. Aynı zamanda, benzer coğrafi ve iklimsel özellikler gösteren diğer havzaların toprak etüdü ve haritalama çalışmaları için de bir model teşkil edecektir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Alanı Genel Özellikleri

Çalışma alanı, İzmir ve Manisa illeri sınırları içerisinde yer alan ve Gediz Havzası'nın bir alt havzası olan Kemalpaşa Havzası'dır. 520000–565000 m doğu ve 4240000–4268000 m kuzey (WGS-84, Zone 35, UTM-m) arasında bir konumdadır (Şekil 1). Havza, yaklaşık 673.5 km²'lik bir alanı kaplamaktadır. Deniz seviyesinden yüksekliği 51–1506 m arasında değişmektedir (Şekil 2 a-b). Havzanın kuzeybatı ve güney kesimlerinde %30 üzerinde dik eğimlere sahip alanlar bulunmakla birlikte, havzanın orta kesimleri büyük çoğunlukla işlemeli tarıma elverişli düz düze yakın, hafif ve orta eğimlerden (%0-12) oluşmaktadır (Şekil 2c). Ayrıca, çalışma alanının büyük çoğunluğu güney, güneydoğu ve kuzeybatı bakıya sahiptir (Şekil 2d).

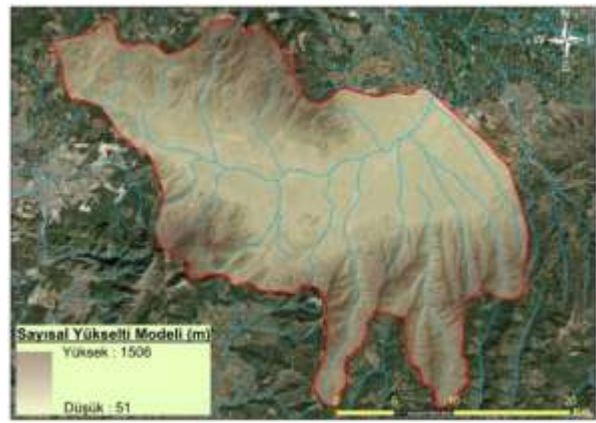
Havza, Akdeniz iklim kuşağında yer almaktadır. İzmir İli'ne ait meteorolojik istasyonlardan elde edilen 1991-2020 yılları arasında ölçülen yıllık ortalama sıcaklık değerleri 16.2 °C – 17.3 °C, yıllık ortalama yağış ise 470 –771.2 mm arasında değişmektedir (Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 2024). Newhall simülasyon modeli (Van Wambeke, A.R, 2000)'ne göre, toprak sıcaklık rejimi thermic ve toprak nem rejimi ise xeric olarak belirlenmiştir. Havza topraklarının ana materyalleri, volkanitler (bazalt-aglomera), kumtaşı-çamurtaşı-kireçtaşı ardalanması, aluviyal depozitler, kireç taşı, çakıltası-kumtaşı-çamur taşı, şist ve metamorfik kayalar, melanj ve yamaç molozlarıdır (Şekil 3).



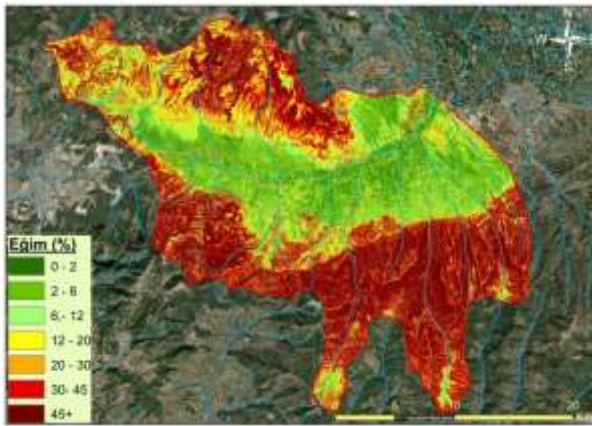
Şekil 1. Kemalpaşa Alt Havzası lokasyon haritası ve Sayısal Yükseklik Modeli (DEM)



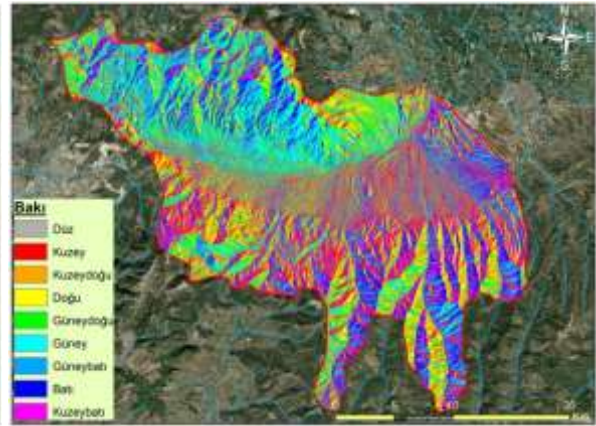
Şekil 2a. Kemalpaşa Alt Havzası Yükseklik Haritası



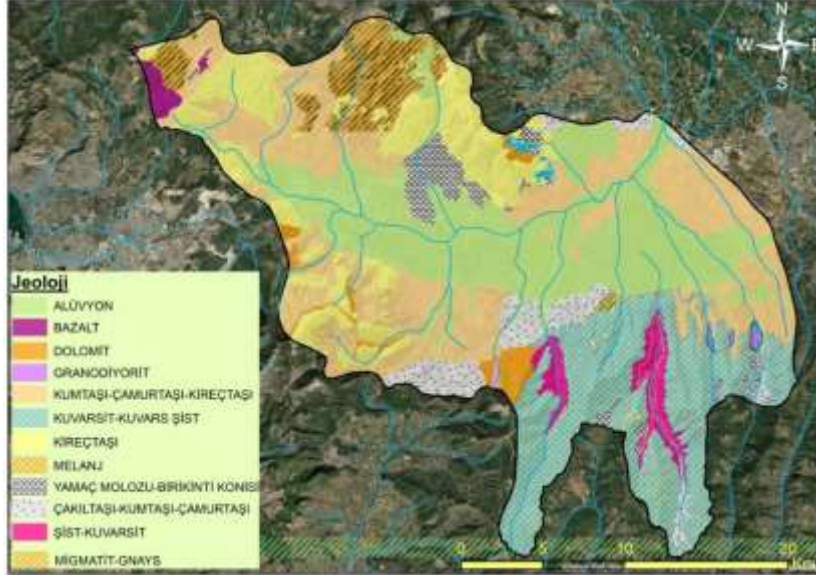
Şekil 2b. Kemalpaşa Alt Havzası Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) Haritası



Şekil 2c. Kemalpaşa Alt Havzası Haritası Eğim



Şekil 2d. Kemalpaşa Alt Havzası Bakı Haritası



Şekil 3. Çalışma alanındaki jeolojik ünitelerin dağılımı. (MTA, 2024)

Yöntem

Kemalpaşa Havzası topraklarının sınıflandırılması ve haritalanması çalışması, büro, arazi çalışmaları (profil ve sondalama) ve laboratuvar analizleri olmak üzere üç ana aşamada gerçekleştirilmiştir.

Büro ve Ön Arazi Çalışması

Çalışma alanına ait ön bilgiler ve yardımcı materyallerin derlenmesi, büro çalışmasının ilk adımını oluşturmaktadır. Bu kapsamda, 1:25.000 ölçekli topografik haritalar, uydu görüntüleri, jeolojik haritalar, arazi örtüsü/arazi kullanımı haritaları ve iklim verileri temin edilmiştir. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) yazılımı olan ArcGIS 10.2.2 ve uzaktan algılama programı ENVI 5.0v kullanılarak, bu veriler dijital ortama aktarılmış ve analiz edilmiştir (ESRI, 2011). CBS ve uzaktan algılama teknolojileri, toprak etüdü ve haritalama çalışmalarında, farklı veri katmanlarını bir araya getirerek, toprak özelliklerinin ve dağılımlarının analiz edilmesine ve görselleştirilmesine olanak sağlayan güçlü bir araçtır. Bu çalışmada, Sayısal Yükseklik Modeli (SYM), topografik haritalardan elde edilen yükselti verileri kullanılarak oluşturulmuştur. SYM, toprak oluşumunu etkileyen faktörlerden olan arazinin topografik özelliklerini (eğim, bakı, yükselti) analiz etmek ve belirlemek için kullanılmıştır. Ayrıca, farklı ana materyaller ve fizyografik üniteler üzerinde oluşmuş toprakların olası dağılımları, CBS ortamında hazırlanan ön toprak haritası ile belirlenmiştir. Arazi çalışmalarında açılacak toprak profillerinin yerleri de bu aşamada belirlenmiş ve koordinatları topografik harita ve GPS cihazına aktarılmış ve ön arazi keşfi ile bu profil yerleri sahada belirlenmiştir.

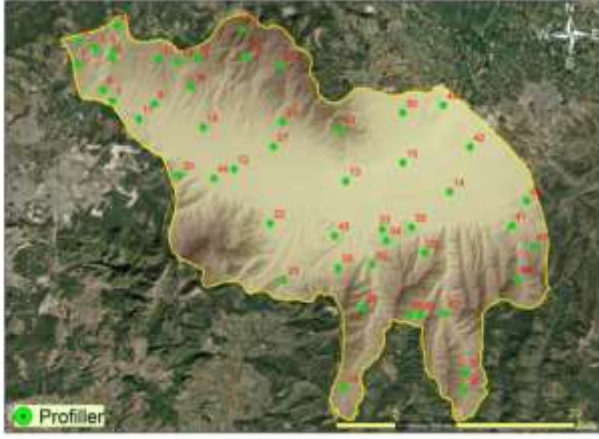
Arazi Çalışmaları

Ön arazi çalışmasında belirlenen noktalarda 50 adet toprak profili açılmıştır (Şekil 4a). Toprak horizonlarının net bir şekilde gözlemlenebilmesi için profil çukurları yeterli derinlikte kazılmıştır (Şekil 4c). Her bir profilde, (Soil Survey Staff, 2014) tarafından belirlenen kriterler doğrultusunda morfolojik tanımlamalar yapılmıştır. Her horizonttan alınan bozulmuş toprak örnekleri, fiziksel, kimyasal ve verimlilik analizleri için etiketlenerek laboratuvara taşınmıştır. Ayrıca, çalışma alanında 231 adet sondalama (kontrol noktası) yapılarak toprakların yüzey özellikleri ve dağılımları hakkında veriler elde edilmiştir (Şekil 4b).

Laboratuvar Çalışmaları

Toprak örnekleri laboratuvara getirildikten sonra hava kurusu hale getirilerek ve gerekli fiziksel ve kimyasal analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprak örneklerinde aşağıdaki analizler yapılmıştır:

Fiziksel Analizler: Bünye: Topraktaki kum, silt ve kil oranları hidrometre yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Hacim Ağırlığı: Bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak, standart yöntemlerle hacim ağırlığı ölçülmüştür (Blake ve Hartge, 1986). Hidrolik İletkenlik: Bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak, doymun hidrolik iletkenlik ölçülmüştür (Oosterbaan, 1994). Tarla Kapasitesi: Seramik gözenekler kullanılarak, 1/3 atmosfer basınç altında toprakların su tutma kapasiteleri belirlenmiştir (Richards, 1954). Daimi Solma Noktası: Seramik gözenekler kullanılarak, 15 atmosfer basınç altında toprakların solma noktaları belirlenmiştir (Rhoades, 1982). Yarayışlı Su Miktarı: Tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri arasındaki fark, yarayışlı su miktarını vermektedir.



Şekil 4a. Toprak Profili açılan noktalar.



Şekil 4b. Toprak Profili etrafında açılan kontrol noktaları.



Şekil 4c. Çalışma sahasından toprak profili açılması ve toprak örneği alınması



Şekil 4d. Toprak burgusu ile üst toprak örneği alınması

Kimyasal Analizler: Değişebilir Katyonlar: Topraktaki değişebilir katyonlar (Ca, Mg, K ve Na), sodyum asetat (NaOAc) ekstraksiyonu ile elde edilmiş ve atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile ölçülmüştür (Jackson, 1958). Kireç: Serbest kalsiyum karbonat (CaCO_3) miktarı, Scheibler kalsimetresi kullanılarak belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 2014). pH: Toprak pH'sı, 1:5 toprak-su süspansiyonunda, cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Soil Survey Laboratory Staff, 1992). Elektriksel İletkenlik (EC): Doymuş toprak özütünün elektriksel iletkenliği, kondüktivimetre ile ölçülmüştür (Soil Survey Laboratory Staff, 1992). Organik Madde: Topraktaki organik madde miktarı, Walkley-Black yöntemi ile belirlenmiştir (Jackson, 1958).

2.2.4. Toprak Sınıflandırması

Arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucunda elde edilen veriler, Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014) ve Dünya Referans Bazı Toprak Kaynakları (IUSS Working Group WRB, 2022) sınıflandırma sistemleri kullanılarak değerlendirilmiş ve topraklar sınıflandırılmıştır. Toprak Taksonomisi, toprakları genetik horizonları, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özellikleri, toprak nemi ve sıcaklık rejimleri gibi faktörlere dayanarak sınıflandıran bir sistemdir (Soil Survey Staff, 2014). Bu sistemde, topraklar Ordo, Alt Ordo, Büyük Grup, Alt Grup, Aile ve Seri olmak üzere 6 kategorik seviyede sınıflandırılmaktadır. WRB, toprakları morfolojik, fiziksel, kimyasal ve mineralojik özelliklerine göre sınıflandıran uluslararası bir sistemdir (IUSS Working Group WRB, 2022). Bu sistem, toprakların oluşumunu ve özelliklerini daha iyi anlamak ve toprakların sürdürülebilir yönetimi için bilgi sağlamak amacıyla geliştirilmiştir. WRB'de 32 referans toprak grubu bulunmaktadır.

2.4.5. Arazi Örtüsü ve Arazi Kullanımı Deseninin Belirlenmesi

Kemalpaşa Havzası'nın arazi örtüsü/arazi kullanımı dağılımını belirlemek için en uygun vejetasyon dönemine sahip ve aynı zamanda yapılan çalışmayı en iyi şekilde temsil edecek verilerin elde edildiği Mayıs 2023 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Kontrollü sınıflandırma yöntemi, ENVI 5.0v görüntü analiz programı kullanılarak uygulanmıştır (ENVI, 2013). Kontrollü sınıflandırma yönteminde, kullanıcı

tarafından belirlenen örnek alanların (eğitim alanları) spektral özellikleri, uydu görüntüsü üzerindeki diğer piksellerin sınıflandırılması için kullanılır. Sınıflandırma doğruluğunu değerlendirmek için hata matrisi ve kappa katsayısı hesaplanmıştır. Ayrıca, Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) hesaplanarak yoğun vejetasyon alanları belirlenmiştir (Lillesand ve ark., 2008).

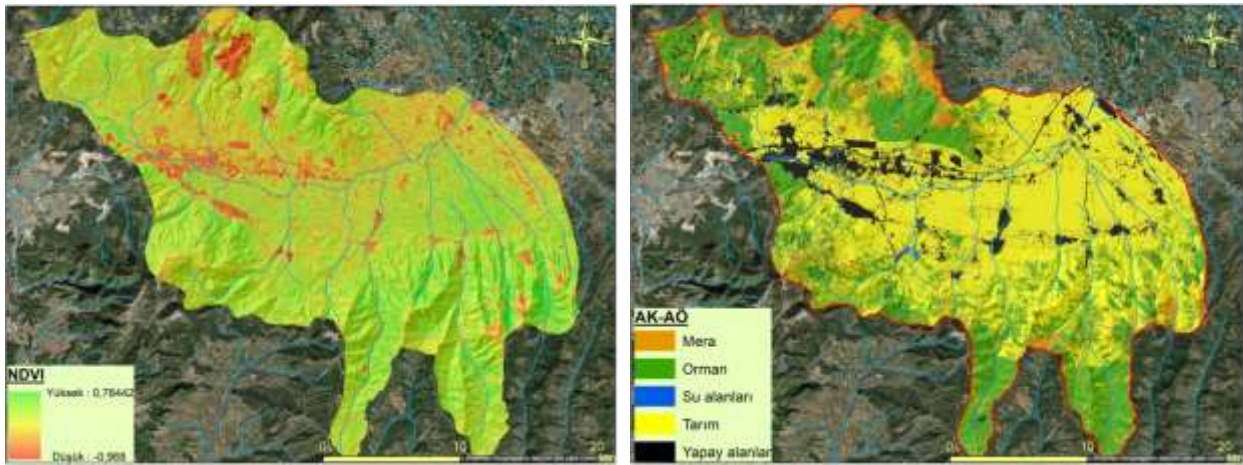
Bulgular ve Tartışma

Bitki Örtüsü Yoğunluğu ve Arazi Kullanım Arazi Örtüsü Dağılımı

Bu çalışma da görüntü zenginleştirme algoritmalarından olan bitki örtüsü indekslerinden en yaygın kullanıma sahip Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI) kullanılmıştır. Bitki örtüsü indeksi, bitki örtüsünün yakın kızılötesi ve görünür kırmızı bantlarda oldukça farklı yansıtımına dayanmaktadır (Baker, 1987). Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi'nin algoritması yakın kızılötesi band ile kırmızı bandın farkının toplamına oranıdır. Bu işlemle elde edilen çalışma alanına ait NDVI haritası Şekil 5 de verilmiştir. Ayrıca, kontrollü sınıflandırma sonucunda, Kemalpaşa Havzası'nda 5 arazi kullanım sınıfı belirlenmiştir (Çizelge 1). Havzanın yaklaşık yarısını (%49.7) tarım alanları oluştururken, bunu orman alanları (%30) ve meralar (%10.4) takip etmektedir. Su yüzeyleri ise havzanın sadece %0.3'ünü kaplamaktadır. Sınıflandırma doğruluğu %91.98 olarak bulunmuştur.

Çizelge 1. Çalışma alanına ait Sentinel uydu görüntüsü ile sınıflandırma

Arazi kullanım sınıfları	Alan (ha)	Oran (%)
Orman alanı	19660,8	30,0
Yapay alanlar	6256,8	9,6
Mera	6837,6	10,4
Tarım	32505,6	49,7
Su yüzeyleri	200,0	0,3
Toplam	65460,8	100,0



Şekil 5. Çalışma alanına ait NDVI ve arazi kullanım haritaları

Uzaktan algılama çalışmalarında farklı birçok doğruluk analizi yöntemleri bulunmaktadır. Yapılan sınıflamaya göre alanda 5 sınıf (Tarım, Orman, Mera, Su Yüzeyleri ve Yapay alanlar) belirlenmiştir. Belirlenen bu beş farklı sınıfta 231 adet kontrol noktasından toprak örneği alınmıştır. Tarım, Orman, Mera, Su Yüzeyleri ve Yapay alanlara yönelik olarak görüntü üzerinde referans noktalar belirlenerek hesaplanan doğruluk analizleri Çizelge 2.'de verilmiştir. Kappa değeri 0.84 olarak belirlenmiştir.

Kappa katsayısı kategorik maddelerin değerlendirilmesinde iki gözlemci arasındaki uyumu ölçen istatistiktir. Kappa değeri +1 olduğunda iki gözlemci arasında mükemmel uyum olduğunu gösterirken, -1 değeri iki gözlemci arasındaki uyumsuzluğun mükemmel olduğunu belirtir. Eğer kappa değeri 0 bulunursa, bu iki gözlemci arasındaki uyumun şansa bağlı olabileceğini gösterir.

Çizelge 2. Hata matrisi

AK Sınıfı	Orman	Yapay alanlar	Mera	Tarım	Su alanlar	Üretici Doğruluğu	Kullanıcı Doğruluğu
Orman	73.25	2	5.12	1.93	0.00	97.2	78.14
Yapay alanlar	0	72.16	4.3	2.42	0.00	95.41	76.95
Mera	4.9	11.16	81	2.95	0.00	87.01	95.21
Tarım	21.85	14.68	9.58	92.7	0.00	88.53	87.83
Su alanları	0	0	0	0	100.00	98.28	99.83
Toplam	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00		

27.05.2023 Sentinel 2A, (%) Genel Doğruluk = % 91.98, Kappa Katsayısı = 0.84

Kemalpaşa Havzası Topraklarının Sınıflandırılması

Kemalpaşa Havzası toprakları, arazi ve laboratuvar çalışmaları sonucu elde edilen veriler kullanılarak Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014) ve Dünya Referans Bazı Toprak Kaynakları (IUSS Working Group WRB, 2022) sınıflandırma sistemlerine göre sınıflandırılmıştır. Toprakların toprak taksonomisi dikkate alınarak yapılan sınıflandırmada, toprakların oluşum süreçleri (pedogenetik) ve özellikleri ile epipedon (üst tanı horizonları) ve bunların altında bulunan endo pedonların (yüzey altı tanı horizonların) varlığı veya yokluğu ile horizonlara ait morfolojik, fiziksel ve kimyasal özelliklerine göre gerçekleştirilmiştir. Sınıflandırma sonucunda, havzada 5 ordo, 6 alt ordo, 8 büyük grup ve 13 alt grup olmak üzere toplam 13 farklı toprak belirlenmiştir. Bu toprakların havzadaki alansal ve oransal dağılımları Çizelge 3'de verilmiştir. Entisoller çalışma alanının büyük bir kısmında dağılım gösterirken (%79.8), Alfisol ordosuna ait alt ordoların dağılımı ise % 11.3'nü oluşturmaktadır. 129 ha alan ile havza içerisinde en az Vertisol ordosuna ait topraklar dağılım göstermektedir. Ayrıca, havzada en yaygın alt grubu topraklar, %41.8 ile Lithic Xerorthent (LXo) olarak belirlenmiştir. Bu topraklar, genellikle yamaç arazilerde bulunan sığ ve taşlı topraklardır. İkinci en yaygın alt grubu topraklar ise %19.5 ile Typic Xerofluvent (TXf) olup, alüvyal düzlüklerde yayılım göstermektedir. FAO/WRB (2022) sistemine göre değerlendirildiğinde ise Regosol, Leptosol, Fluvisol, Cambisol, Vertisol, Kastnozom ve Luvisol ile 7 referans toprak grubu içerisine yerleştirilmiştir. En yaygın olanları %44.5 ile Lithic Leptosol iken alanda en az dağılım gösteren topraklar ise Vertic Cambisol dür.

Çizelge 3. Toprak sınıflarının alansal ve oransal dağılımları

Toprak Taksonomisi (2014)	Sembol	Alan (ha)	Oran (%)	FAO/WRB (2022)	Sembol	Alan (ha)	Oran (%)
Typic Xerorthent	TXo	11747.8	17.2	Fulvic Regosol	FRe	930.0	1.4
Lithic Xerorthent	LXo	28542.6	41.8	Calcaric Regosol	CaRe	2132.3	3.1
Typic Xerofluvent	TXf	13349.5	19.54	Sleletic Regosol	SRe	4456.1	6.5
Vertic Xerofluvent	VXf	876.8	1.28	Clayic Regosol	ClRe	3972.4	5.8
Vertic Haploxerept	VHi	574	0.84	Lithic Leptosol	LLp	30382.9	44.5
Typic Haploxerept	THi	2482.1	3.63	Ochric Fluvisol	OFv	11509.4	16.9
Calcic Haploxerept	CHi	1364.0	2.00	Clayic Fluvisol	CFv	876.8	1.3
Lithic Calcixerept	LCi	428.8	0.63	Vertic Cambisol	VCm	574.0	0.8
Vertic Haploxeralf	VHaf	6689.2	9.79	Eutric Cambisol	ECm	2482.1	3.6
Calcic Haploxeralf	CHaf	1028.8	1.51	Calcaric Cambisol	CaCm	1621.1	2.4
Calcic Haploxeroll	CHxo	170.7	0.25	Chromic Cambisol	ChCm	428.8	0.6
Vertic Haploxeroll	VCxo	933.3	1.37	Vertic Luvisol	VLv	6674.2	9.8
Typic Haploxerept	THv	129.0	0.19	Calcic Luvisol	CLv	1028.8	1.5
				Calcic Kastnozom	CKm	170.7	0.2
				Vertic Kastnozom	VKm	933.3	1.4
				Haplic Vertisol	HVe	129.	0.2

Bazı toprak profilleri (12, 13, 14, 44 ve 49 nolu) akarsuların getirdiği genç alüvyal sediment birikintileri üzerinde oluşmaları ve %0.2'den fazla organik madde içermeleri, bölgenin xeric toprak rutubet rejiminde olmasından dolayı, xerofluvent büyük grubuna dahil edilmişlerdir. 12, 13, 15 ve 44 nolu toprak profilleri büyük grubun tüm özelliklerini taşımaları nedeniyle Typic Xerofluvent alt grubunda sınıflandırılmıştır. 49 nolu toprak profili ise yüzeyde çatlaklık ve oldukça fazla kil içeriği özelliklerini taşıması nedeniyle Vertic Xerofluvent alt grubuna yerleştirilmiştir. Bu topraklar yaklaşık olarak 876.8 ha alanda dağılım göstermektedir (Şekil 5). Ayrıca, FAO-WRB sistemine göre ise 49 nolu toprak profili Clayic Fulvisol olarak diğerleri ise Ochric Fluvisol olarak sınıflandırılmıştır.

Jeolojik ve jeomorfolojik özelliklerin oldukça farklılık sergileyen ayrıca özellikle yerçekimi kuvvetinin etkisinin yanı sıra buldukları arazi dik eğimlere (%30' dan fazla) sahip yamaç arazili olmaları ve yeterince yer yer bitki örtüsünce kaplı olmayan yerlerinde yağmurun ve eriyen kar sularının yamaçlardan aşağı toprak

erozyonuna maruz kalmaları nedeniyle, yeterince pedogenetik sürece sahip olamayan sığ derinliğe sahip topraklar 4, 9, 10, 12, 19, 25, 26, 27, 33, 42, 16, 48, 2, 5, 11, 17, 20, 21, 23, 24, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 34, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 43 ve 47 nolu profiller ile temsil edilmişlerdir. Bu toprakların yüzeyde genellikle bir ochric epipedon ve yüzey altında 50 cm derinlik içerisinde bir lithic kontak dışında herhangi bir tanı horizonu bulunmamaktadır. Topraklar yamaç arazi özellikleri üzerinde yer almaları nedeniyle Orthent alt ordosuna toprak nem rejiminden dolayı Xerorthent büyük grubunda sınıflandırılmıştır. Fakat 9, 10, 12, 19, 25, 26, 27, 33, 42, 16 ve 48 nolu toprak profilleri büyük grubun özelliklerini yansıtılmaları nedeniyle Typic Orthent alt grubunda, diğerleri ise 50 cm toprak derinliğindeki özelliklerine bağlı olarak Lithic Xerorthent alt ordosunda sınıflandırılmışlardır. Bu sınıf topraklar çalışma alanında yaklaşık olarak 28542.6 ha'lık kısmı kaplamaktadırlar. FAO-WRB sistemine göre ise tümü genç topraklar olmalarına karşın bu topraklar arasında özellikle 9 ve 12 nolu toprak profilleri Fluvisol Regosol, 10 ve 19 Calcaric Regosol, 25, 26 ve 33 nolu profiller Skeletic Regosol, 42, 46 ve 48 nolu toprak profilleri ise Clayic Regosol olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 5). İçerdikleri tanı horizonu ile (Cambic), Entisollerden daha ileri bir toprak oluşumu süreci göstermeleri nedeniyle 1, 3, 15, 18, 35, ve 50 nolu toprak profilleri Inceptisol ordosuna ve toprak nem rejiminin Xeric olması sonucu topraklar Xerept alt ordolarına ve 1, 15, 35, 18 ve 50 nolu toprak profilleri Haploxerept, 3 nolu toprak profili ise Calcixerept büyük grup içerisine yerleştirilmişlerdir. 15 ve 35 nolu toprak profilleri büyük grubun tüm özelliklerini yansıtılmaları nedeniyle Typic Haploxerept, 3 nolu toprak profili 50 cm derinlik içerisinde lithic kontak içermesi nedeniyle Lithic Calcixerept olarak sınıflandırılmıştır. Buna karşılık, 1 nolu toprak profili yüzeyde vertic özellikler göstermeleri nedeniyle Vertic Haploxerept ve 18 ve 50 nolu toprak profilleri ise kalsifikasyon sonucu meydana gelen kalsik horizon nedeniyle Calcic Haploxerept olarak sınıflandırmıştır. Bu sınıf topraklar alanda yaklaşık olarak 1364.0 ha'lık kısmı kaplamaktadırlar. FAO-WRB sistemde ise, fazla kil içermeleri yüzeyde ve profil içerisinde çatlakların oluşması ve vertikal özellikler göstermesi nedeniyle 1 nolu toprak profili Vertic Cambisol sınıfında iken 15 ve 35 nolu toprak profilleri eutric (pH değeri nötr veya üzeri) özelliğinden dolayı Eutric Cambisol olarak sınıflandırılmıştır. Vertic Cambisol olarak sınıflandırılmıştır. 18 ve 50 nolu toprak profilleri ise 50 cm toprak derinliğinde kalısik horizon içermeleri nedeniyle Calcaric Cambisol sınıfında değerlendirilmiştir. Ayrıca 3 nolu toprak profili ise Chromic Cambisol olarak sınıflandırılmıştır. Argillik horizon oluşturacak kadar ileri düzeyde profil gelişimi gösteren ve baz doyumlarının yüksek seviyelerde (%35 den fazla) olması nedeniyle 22 ve 45 nolu toprak profilleri Alfisol ordosuna, toprak nem rejiminden dolayı Xeralf alt ordosuna ve diğer büyük gruplara girmedikleri için Haploxeralf büyük grubuna dahil edilmişlerdir. Alt grupta ise 45 nolu toprak profili bir Calcic horizonun olması ve 22 nolu toprak profili ise vertic özellik içermeleri nedeniyle sırasıyla Calcic Haploxeralf ve Vertic Haploxeralf alt gruplarına dahil edilmişlerdir. FAO-WRB sınıflama sistemde ise, her iki profilde baz doyumluğu yüksek ve argillik horizon içermeleri nedeniyle Livisol büyük toprak grubuna ayrıca 22 nolu toprak profili Vertic Livisol ile 45 nolu toprak profili Calcic Luvisol sınıfına dahil edilmişlerdir.

Value değeri düşük (3'den az) koyu renkli, organik maddece zengin, baz saturasyonları bakımından zengin ve yumuşak bir strüktüre-yapıya sahip olan mollic epipedon içermeleri nedeniyle 6 ve 8 nolu toprak profilleri Mollisol'ler ordosuna ve toprak nem rejiminden dolayı Xeroll alt ordosuna dahil edilmişlerdir. 8 nolu toprak profili kalsiyum karbonatın yıkanıp birikmesinden ve bu birikimin ana materyalden %5 daha fazla olmasından dolayı Calcixeroll ve 6 nolu toprak profili ise Haploxeroll büyük grubuna yerleştirilmişlerdir. 6 nolu toprak profili Calcic Haploxeroll alt grubuna ve 8 nolu toprak profili ise vertic özellik Veric Haploxeroll alt grubuna yerleştirilmiştir. FAO-WRB sınıflama sisteme göre ise, mollic epipedon içermeleri nedeniyle Kastonozem referans toprak grubunda ve 6 ile 8 nolu toprak profilleri sırasıyla Calcic Kastonozem ve Vertic Kastonozem olarak sınıflandırılmışlardır. Profil boyunca %35 den fazla kil içermesi ve şişme büzülme aktivasyonu nedeniyle strüktürel yapıların birbirleri üzerinde yapmış oldukları basınç kutanları veya kayma yüzeylerinin oluşmasının yanı sıra gerek yüzeyde gerekse de profil boyunca derin çatlakların görülmesi sonucu 7 nolu toprak profili Vertisol ordosunda ve toprak nem rejiminden dolayı Xerert alt ordosunda sınıflandırılmıştır. Profil gelişim süreçlerinin zayıflığı olması nedeniyle Haploxerept büyük grubunda ve büyük grubun tüm özelliklerini içermeleri nedeniyle de Typic Haploxerept alt grubunda değerlendirilmiştir FAO-WRB sistemde ise, Haplic Vertisol olarak sınıflandırılmıştır.

Havzada Dağılım Gösteren Alt Gurup Düzeyindeki Toprakların Fiziko-Kimyasal ve Morfolojik Özellikleri

Çalışma alanında açılan farklı arazi kullanım-arazi örtüsü, fizyografya ve ana materyal üzerinde 50 profilin gerek Toprak Taksonomisinde alt gurup düzeyinde gerekse de FAO-WRB sınıflamasını temsil edecek toprakların bazı morfolojik özellikleri ile fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4 ve Çizelge 5'de dağılım haritaları ise Şekil 6a ve Şekil 6b'de verilmiştir.

Çizelge 4. Alt gurup düzeyde sınıflandırılmış toprakları temsil eden toprakların morfolojik tanımlamalar

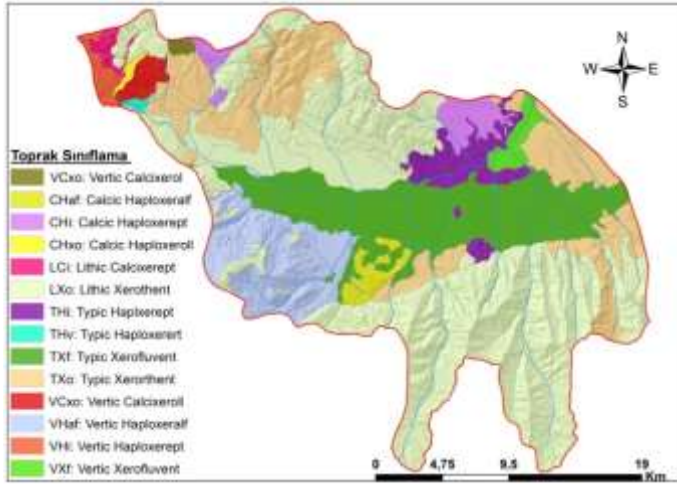
Horizon	Derinlik-cm	Renk Kuru/ Nemli	Strüktür	Sınır	Kıvam	Özel Görünümler
Typic Xerorthent - Regosol						
Ap	0-10	10 YR 5/3	10 YR 4/3	2.or.gr	az	hs-yp-pa -
A2	10-20	10 YR 6/4	10 YR 4/3	1.kü.gr	cw	hs-yd-pd -
C1	20-52	10 YR 6/4	10 YR 3/4	tk	gw	dg-yd-pd -
C2	52+	10 YR 5/4	10 YR 4/4	tk	-	dg-yd-pd -
Lithic Xerorthent - Leptosol						
A	0-11	10 YR 4/3	10 YR 2/2	2.ka.gr	az	as-çy-çp Köpürme yok
AC	11-28	10 YR 3/3	10 YR 2/2	2.ka.gr ve ms	cw	as-çy-çp Köpürme yok
Typic Xerofluvent - Fluvisol						
A	0-18	7,5 YR 5/4	7,5 YR 3/4	1.kü.gr	az	ym-az-pd Ochric layer
C1	18-33	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/3	tk	gw	dg-yd-pd Bol, küçük çakıllar
C2	33-65	7,5 YR 5/4	7,5 YR 4/3	tk	gw	dg-yd-pd Bol, küçük çakıllar
C3	65 +	7,5 YR 4/3	7,5 YR 3/2	tk	-	dg-yd-pd Bol, küçük çakıllar
Vertic Xerofluvent - Fluvisol						
A1	0-16	5 YR 4/2	5 YR 3/1	2.or.gr	aw	st-yp-pa Çatlaklar
AC	16-32	5 YR 4/2	5 YR 3/2	2.or.gr ve ms	cw	st-yp-pa -
Vertic Haploxerept - Cambisol						
A	0-15	5 YR 3/2	5 YR 2.5/1	3.ka.gr	aw	st-yp-pa Çatlaklar
Bw1	15-47	5 YR 3/2	5 YR 2.5/1	3.or.ykb	cw	as-çy-çp Strüktürel gelişim
Bw2	47-75	5 YR 4/3	5 YR 3/2	3.ka.ykb	cw	as-çy-çp Strüktürel gelişim
Ck	75+	-	-	-	-	- Yer yer kireç mislleri
Typic Haploxerept - Cambisol						
Ap	0-18	10 YR 5/4	10 YR 3/4	2.ka.gr	az	st-yp-pa -
A2	18-29	10 YR 4/6	10 YR 4/6	2.ka.gr	cw	st-yp-pa -
Bw	29-67	10 YR 4/6	10 YR 3/4	2.or.ykb	cw	st-yp-pa Strüktürel gelişim
C	67+	10 YR 6/6	10 YR 4/6	tk	-	dg-yd-pd -
Calcic Haploxerept - Cambisol						
A	0-18	10 YR 4/3	10 YR 3/2	3.ka.gr	aw	st-yp-çp -
Bw	18-38	10 YR 3/2	10 YR 2/2	3.or.ykb	cw	as-yp-çp Strüktürel gelişim
Ck	38 +	10 YR 4/2	10 YR 3/2	ms	-	as-yp-çp Yer yer kireç mislleri
Lithic Calcixerept - Cambisol						
A	0-23	5 YR 2.5/2	5 YR 2.5/1	2.ka.gr	aw	st-yp-çp -
Bw	23-48	5 YR 3/2	7.5 YR 2.5/1	3.or.ykb	cs	st-yp-çp Bol iri kök
R	48+	-	-	-	-	- Bol kireç taşı
Vertic Haploxeralf - Luvisol						
A	0-30	10 YR 5/2	10 YR 4/2	3.or.gr	cw	st-yp-pa -
Bt	30-60	10 YR 5/3	10 YR 4/3	3.or.ykb	az	as-yp-çp Kutan oluşumu
C1k	60+	10 YR 5/4	10 YR 4/4	ma	-	- Bol kireç paketçikleri
Calcic Haploxeralf - Luvisol						
A1	0-23	10 YR 6/4	10 YR 4/4	2.or.gr	az	hs-yp-pa -
A2	23-40	10 YR 5/4	10 YR 4/3	2.or.gr	cw	hs-yp-pa -
Bt	40-70	10 YR 4/6	10 YR 3/6	3.or.ykb	cw	as-yp-çp Kutan oluşumu
Ck	70+	10 YR 8/4	10 YR 5/3	3.or.ykb	ms	as-yp-çp Bol kireç paketçikleri
Calcic Haploxeroll - Kastonozem						
A	0-24	10 YR 3/3	10 YR 3/2	3.or.gr	cw	hs-yp-pa -
AC	24-47	2.5 Y 6/3	2.5 Y 5/3	2.or.gr ve tk	aw	hs-yp-pa -
Ck	47+	2.5 Y 7/3	2.5 Y 6/3	tk	-	dg-yd-pd Bol kireç paketçikleri
Typic Haploxerept - Vertisol						
Ap	0-21	10 YR 3/2	10 YR 3/2	3.ka.gr	aw	as-çy-çp -
AB	21-41	10 YR 4/3	10 YR 3/2	3.or.gr ve ykb	cw	as-çy-çp -
Bss1	41-70	10 YR 4/2	10 YR 4/2	3.ka.pr	cw	as-çy-çp Kayma yüzeyleri
Bss2	71+	10 YR 3/3	10 YR 3/2	3.ka.pr	-	as-çy-çp Kayma yüzeyleri

Kısaltmalar: **Horizon Sınır:** a=kesin, c= belirgin, g= geçişli, d= yaygın; z= düz, w= dalgalı, s= düzensiz, i= kırıklı. **Strüktür:** 1= zayıf, 2= orta, 3= kuvvetli; tk= teksel, ms= masif, gr= granüler, ykb= yarı köşeli blok, kb= köşeli blok, pr= prizmatik; kü=küçük, or= orta, ka= kaba. **Kıvam:** Kuru: dg=dağılgan, ym=yumuşak, hs= hafif sert, st= sert, as= aşırı sert, Islak: yd= yapışkan değil, ay= az yapışkan, yp= yapışkan, çy= çok yapışkan Plastik: pd= plastik değil, pa= plastik, çp= çok plastik

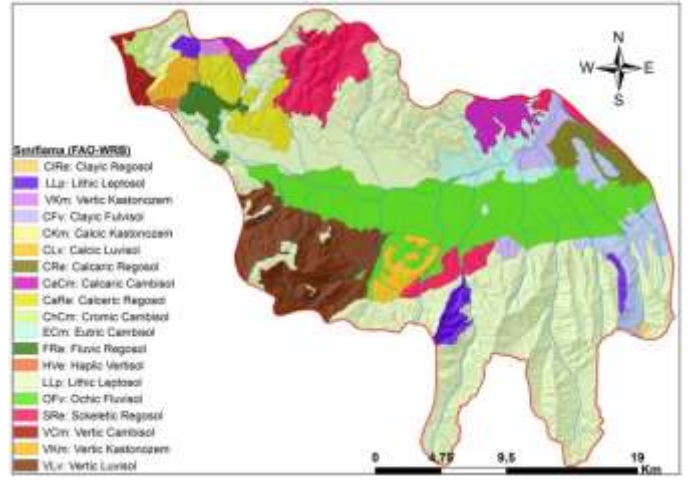
Çizelge 5. Alt gurup düzeyde sınıflandırılmış toprakları temsil eden toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Horizon	Derinlik, cm	pH	EC, dS/m	CaCO ₃ , %	OM, %	Değişebilir Katyonlar, me/100 gr				T.K, %	S.N, %	Y.S, %	HA, gr/cm ³	Bünye Sınıfı
						K	Na	Ca	Mg					
Typic Xerorthent - Regosol														
Ap	0-10	6,57	0,44	1,4	1,27	0,79	0,6	9,96	1,74	28,62	14,6	14,02	1,29	CL
A2	10-20	6,65	0,15	1,8	1,16	0,42	0,17	4,34	1,00	23,47	14,4	9,00	1,37	SL
C1	20-52	6,69	0,12	1,6	0,97	0,25	0,15	4,51	1,11	22,30	12,8	9,42	1,39	SL
C2	52+	6,41	0,05	1,8	0,85	0,22	0,19	4,63	1,24	24,63	15,5	9,09	1,39	SL
Lithic Xerorthent - Leptosol														
A	0-11	6,74	0,89	2,2	5,11	0,88	0,71	29,57	5,99	35,92	23,03	12,89	6,82	C
AC	11-28	6,81	1,35	2,2	2,14	0,59	1,13	39,03	10,13	38,11	26,91	11,20	5,76	C
Typic Xerofluvent - Fluvisol														
A	0-18	7,49	0,35	4,0	1,84	0,67	0,32	12,4	1,39	21,37	12,18	9,19	9,54	SL
C1	18-33	7,89	0,41	2,4	1,02	1,02	0,7	11,99	1,6	22,71	12,93	9,78	9,76	SL
C2	33-65	8,10	0,25	5,0	0,49	0,82	0,42	16,61	1,56	24,37	15,19	9,18	9,51	SL
C3	65 +	8,20	0,26	3,400	0,45	0,41	0,26	13,85	1,65	23,47	14,47	9,00	9,37	SL
Vertic Xerofluvent - Fluvisol														
A1	0-16	8,12	0,64	13,0	0,89	1,97	1,33	23,49	2,94	27,49	18,13	9,36	1,29	CL
AC	16-32	7,94	0,87	13,4	0,71	1,78	1,59	25,25	3,23	28,62	19,61	9,01	1,29	CL
Vertic Haploxerept - Cambisol														
A	0-15	6,80	1,01	1,43	2,15	0,57	0,79	27,88	7,35	35,92	23,03	12,89	3,33	C
Bw1	15-47	6,93	1,17	0,95	1,42	0,41	0,68	25,71	10,24	41,16	30,75	10,41	1,96	C
Bw2	47-75	6,50	1,15	0,95	1,05	0,34	0,63	20,15	10,04	38,64	25,74	12,90	1,12	C
Ck	75+	8,07	0,38	7,78	0,13	0,29	0,11	34,81	10,95	32,83	22,23	10,60	7,87	CL
Typic Haploxerept - Cambisol														
Ap	0-18	7,55	0,54	17,0	1,53	0,41	0,63	20,91	0,95	28,53	19,48	9,05	1,29	CL
A2	18-29	7,77	0,39	9,85	0,47	0,32	0,37	19,73	0,97	28,38	18,24	10,14	1,49	CL
Bw	29-67	7,83	0,42	11,2	0,33	0,37	0,28	21,0	0,96	27,49	18,13	9,36	1,31	CL
C	67+	7,91	0,32	32,2	0,29	0,2	0,27	19,33	0,93	28,62	19,61	9,01	1,35	CL
Calcic Haploxerept - Cambisol														
A	0-18	7,54	0,72	60,0	4,31	1,81	1,29	29,81	2,66	34,61	22,62	11,99	1,19	C
Bw	18-38	7,77	0,61	44,0	1,61	1,12	0,87	32,75	1,89	34,38	22,61	11,77	1,29	C
Ck	38 +	7,92	0,46	63,2	1,21	0,71	0,56	38,37	1,74	34,02	21,84	12,18	1,27	C
Lithic Calcixerept - Cambisol														
A	0-23	7,28	0,93	13,2	5,50	2,54	1,76	69,08	6,56	37,96	26,71	11,25	5,97	C
Bw	23-48	7,71	0,89	24,0	5,45	0,98	1,12	58,47	9,44	37,48	26,82	10,66	6,03	C
R	48+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vertic Haploxeralf - Luvisol														
A	0-30	7,88	0,53	16,2	1,87	0,53	0,37	21,04	3,97	33,12	18,79	14,33	1,28	CL
Bt	30-60	8,01	0,46	14,2	0,89	0,37	0,19	19,28	6,66	30,74	17,51	13,23	1,28	C
C1k	60+	8,21	0,36	27,4	0,69	0,34	0,15	18,12	3,93	32,83	17,13	15,70	1,27	CL
Calcic Haploxeralf - Luvisol														
A1	0-23	7,67	0,60	21,2	0,67	0,71	0,83	21,27	6,39	33,09	22,16	10,93	1,29	CL
A2	23-40	7,93	0,49	25,2	0,57	0,25	0,34	22,52	4,59	32,27	22,86	9,41	1,28	CL
Bt	40-70	8,08	0,38	16,2	0,55	0,52	0,41	22,29	6,73	38,46	26,24	12,22	1,21	C
Ck	70+	8,20	0,33	31,8	0,45	0,36	0,28	21,87	6,39	34,56	23,81	10,75	1,25	C
Calcic Haploxeroll - Kastonozem														
A	0-24	7,07	1,27	3,2	5,27	1,95	2,29	44,0	3,08	38,64	25,74	12,90	1,25	C
AC	24-47	7,16	1,10	4,0	1,96	2,98	2,66	42,21	1,99	34,61	22,62	11,99	1,29	C
Ck	47+	7,63	0,62	28,0	0,66	1,87	0,58	38,73	1,21	21,92	11,98	9,94	1,32	L
Typic Haploxerept - Vertisol														
Ap	0-21	7,65	0,83	32,0	3,07	1,08	1,61	43,45	3,73	34,10	22,69	11,41	1,29	C
AB	21-41	7,82	0,68	32,8	1,25	0,65	0,43	40,87	4,35	34,38	22,16	12,22	1,29	C
Bss1	41-70	7,94	0,72	27,0	1,09	0,68	0,59	39,37	5,98	34,56	24,24	10,32	1,29	C
Bss2	71+	7,99	0,66	27,8	0,71	0,74	0,51	36,57	8,14	34,96	24,24	10,72	1,28	C

EC: Elektriksel iletkenli, OM: Organik madde, TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, YA: Yarıyışlı su, HA: Hacim ağılığı



Şekil 6a. Kemalpaşa Havzası Toprak Taksonomisine göre sınıflandırılmış toprak haritası.



Şekil 6b. Kemalpaşa Havzası FAO-WRB (2022) göre sınıflandırılmış (2014) toprak haritası.

Typic Xerorthent-Regosol Topraklar

Havza içerisinde dağılım gösteren kumtaşı ve çamur taşı ana materyal üzerinde oluşmuş Typic Xerorthent topraklar (Şekil 6a). Bu topraklara ait morfolojik ve fiziko-kimyasal analiz sonuçları Çizelge 4 ve Çizelge 5 de verilmiştir. Buldukları topoğrafik konum ve pedolojik süreç çerçevesinde fiziko-kimyasal olarak farklı karakterler taşımalarına karşın genellikle A/C/R dizilimi horizonlara sahiptirler (Çizelge 4). Özellikle genç topraklar oluşum süreçlerinde halen ana materyal etkisi altında bulunmakta olup, ana materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taşıdıkları görülmektedir. Özellikle toprakların kireç içerikleri ve bünyeleri üzerine ana materyalin yansımaları oldukça fazladır. Gerek ana materyalin az karbonat içermesi gerekse de karbonatın profilden yıkanması sonrasında topraklar hafif asitleme (pH 6.57-6.41) sürecinde oldukları belirlenmiştir. Toprakların kil ve organik maddedeki değişim, strüktürel gelişimi etkileyerek yüzeyde orta irilikte granüler (2.or.gr) yapı oluştururken, yüzey altı horizonlarda küçük granüler buna karşın ana materyalde ise teksel yapı belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlıkları 1.29 gr/cm³ ile 1.39 gr/cm³ arasında dağılım göstermektedir. Toprakların profil içerisindeki derinlik artışına bağlı olarak organik madde strüktürde oranı azalmakta ve %0.85 ile %1.27 arasında değişmektedir. Fakat bu oran diğer Typic Xerorthent sınıfı içerisinde yer alan profillerde daha fazla değişkenlik gösterebilmektedir. Organik maddenin bu kadar fazla değişkenlik göstermesinin en önemli nedeni, toprakları üzerinde bulunan bitki örtüsünün çeşidi, yoğunluğu ve ayrıca toprakların erozyona maruz kalma durumlarıdır. Kalsiyum iyonu topraklarda farklı konsantrasyonlarda olmasına karşın dominant değişebilir katyondur. Toprakların su tutma kapasiteleri organik madde ve bünyeleri doğru orantılı olup, killi tın bir bünyede %14.02 iken, kumlu tında %9.00' a inebilmektedir (Çizelge 5).

Lithic Xerorthent-Leptosol Topraklar

Çalışma alanının çoğunlukla kuzey batı ve güney doğu yönünde, yamaç araziler üzerinde dağılım gösteren Lithic Xerorthent topraklar, çalışma alanı içerisinde 28542.6 ha dağılım alanına sahip olup, alanın %41.8'ini kaplamaktadırlar (Çizelge 3) (Şekil 6a). Lithic Xerorthent topraklar horizon dağılımları A/R, Ap/A2/R veya A/Cr şeklinde olup, volkanit (bazalt-aglomera) ana materyal üzerinde oluşmuş, yamaç eğimlerde yer alan çok sığ topraklardır (Çizelge 4). Bu topraklar düşük kil ve organik madde içeriği nedeniyle zayıf, küçük, granüler strüktüre (2.ka.gr) sahiptirler (Çizelge 4). Yüzey toprakları genellikle seyrek bitkilerle kaplı olmasının yanı sıra, ayrıca eğim birçok yerlerde dik (%30 dolaylarında) olması nedeniyle taşınmalarına neden olmaktadır. Bu durum da toprakların gelişimini olumsuz yönde etkileyerek pedolojik sürecin engellenmesine yol açmaktadır. Yüzey toprakları killi ve orta bünyeli olup, tın ile kil tın arasında değişmektedir. Toprakların kireç içerikleri %2.2 olarak belirlenmiştir. (Çizelge 5). Normalde karbonat üretmeyen bazalt, andezit, aglomera gibi volkanitler üzerindeki toprakların karbonat içermeleri gerek yağışlarla bazik katyonların yıkanması gerekse de volkanitler içerisinde yer alan minerallerin kalsiyum elementini içermeleri ve ayrışma sonucunda açığa çıkmaları sonucu ortamdaki su ve karbondioksit ile reaksiyona girerek karbonatlaşmanın olması neticesinde birikebilmektedir. Bu nedenle topraklarda kalsiyum başat iyondur. Toprakların yüzeylerinde fazla organik madde (%5.11) içerirken, derinlere doğru bu oran azalmaktadır. Hacim ağırlıkları 6.82 ile 5.76 gr/cm³ arasında değişmektedir. Toprakların tuzluluk problemleri bulunmamaktadır (Çizelge 5).

Typic Xerofluvent ve Vertic Xerofluvent- Fluvisol Topraklar

Aluviyal arazilerde ve akarsuların getirmiş olduğu sedimentler üzerinde dağılım gösteren Typic ve Vertic Xerofluvent topraklar, havza alınının çoğunlukla orta kesiminde yer almakta olup, çalışma alanının %20.82'in de (14226.3 ha) yayılım göstermektedir (Çizelge 3) (Şekil 6a). Düz düze yakın eğimli genellikle derin topraklardır. Toprakların bünyeleri kumlu tın ve kil tın arasında değişmektedir. pH değerleri ise gerek yüzey gerekse de derinlik içerisinde 7.49 ile 8.20 arasında değişmekte ve hafif alkalin reaksiyon özelliği göstermektedir. Organik madde değerleri yüzey topraklarında oldukça düşük olup %0.89 ile %1.84 arasında değişmekte profil içerisinde ise, fulventik toprakların temel özelliklerinden birisi olan organik maddenin derinlik artışıyla beraber düzensiz azalışı bu toprakta da görmek mümkündür (Çizelge 5).

Vertic Haploxerept-Cambisol Topraklar

Havzanın bastında ve alanın %0.84 kaplayan Vertic Haploxerept Orman örtüsü altında yer alan Vertic Haploxerept topraklar, yüzey de hafif asitlik özelliğine sahip iken özellikle 75 cm'den sonra ana materyalde karbonat birikimi belirlenmiştir. Bu nedenle, yüzey ve yüzey altı topraklarda kireç 0.95 ile 1.43 arasında değişim gösterirken birikim katında %7.78'lere çıkmaktadır (Çizelge 5). Profil içerisinde yapısal değişkenlikleri (strüktür oluşumu) ve kalsifikasyon yapan toprak oluşumları sonucunda daha ileri düzeyde toprak gelişimine sahip A/Bw1/Bw2/Ck horizon dizilimine sahiptirler (Çizelge 4). Genetik horizonları killi bir bünyeye sahip olmaları strüktürel olarak daha iri, ve dayanıklı yüzeyde granüler (3.ka.gr) yüzey altında yarı köşeli blok yapılar (3.ka.ykb) oluşmasına neden olmaktadır (Çizelge 4). Yüzey topraklarında orta düzeyde organik madde içerirken, profil içerisinde bu oran azalmaktadır. Ayrıca toprakların tuzluluk problemleri bulunmamaktadır (Çizelge 5).

Typic Haploxerept - Cambisol Topraklar

Yamaç arazilerden yerçekimi etkisiyle dik eğimli arazilerden gelen farklı malzemelerin etek arazilerde birikmesi sonucu üzerinde oluşmakta olan Typic Haploxerept topraklar havzanın yaygın olarak kuzey doğusunda ve 2482.1 ha alan kaplamaktadır (Çizelge 3) (Şekil 6a). Özellikle 29-67 cm derinlikler içerisinde yapısal değişkenlikler sonucu meydana gelen strüktürel gelişmeler nedeniyle kambik horizon oluşumu belirlenmiştir. Tarım arazileri olarak kullanılan bu topraklarda profil boyunca bünye orta olup, kil tın'dır. Fakat hacim ağırlıklarında yüzey sürüm katı olması ve pulluk basıncı nedeniyle bünye değişmemesine karşılık yüzey altındaki topraklarda hacim ağırlığı 1.29 gr/cm³ den 1.49 gr/cm³'e artmaktadır. Bu durum taban taşı ve sıkışmanın olduğunu göstermektedir (Çizelge 5). Ayrıca bu sıkışma toprakların geçirgenliklerini de olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Profilde kireç %9.85 ile %17.0 arasında değişmesine karşın bu oran ana materyalde %32.2'lere yükselmektedir (Çizelge 5). Bu nedenle renk yüzeyde 10 YR 5/4 iken derinlerde açılmakta ve 10 YR 6/6 olmaktadır (Çizelge 4).

Calcic Haploxerept - Cambisol Topraklar

Kumtaşı, çamur taşı ve kireç taşı ana materyal üzerinde oluşmuş Calcic Haploxerept topraklar, havzanın genellikle kuzey doğu kesiminde yer almakta olup, 1364,0 ha ile alanın %2.0 sini kaplamaktadır (Çizelge 3) (Şekil 6a). A/Bw/Ck horizon dizilimine sahip bu toprakların bünyeleri killidir. Özellikle kireç taşları üzerinde oluşmaları nedeniyle kireç içerikleri oldukça yüksektir. Bu nedenle profildeki kireç miktarı diğer topraklarla karşılaştırıldığında kireç içeriği en yüksek bu topraklarda olduğu görülmektedir. Kireç içeriklerinin oldukça yüksek oluşları özellikle kalsiyum iyonunun diğer topraklara karşın oldukça yüksek olduğu görülmektedir. Organik madde içerikleri yüksek ve pH 7.54 ile 7.92 arasında değişmekte olup, hafif alkali reaksiyonludur. Özellikle çamur taşının hızlı ayrışması ve kil üretmesi nedeniyle tüm profil killi bünyeye sahip olup, özellikle profil içerisinde geçirgenlikleri düşüktür. Yüzeyde organik madde ve kil içeriği nedeniyle hacim ağırlığı 1.19 gr/cm³ iken bu oran derinlere doğru artmaktadır (Çizelge 5).

Lithic Calcixerept - Cambisol Topraklar

Havzanın kuzey batısında dağılım gösteren ve 428.8 ha (%0.63) alan kaplayan Lithic Calcixerept topraklar, kristalize kireç taşları üzerinde oluşmuşlardır (Çizelge 3) (Şekil 6a). Kırmızımsı kahverengi 5 YR 2.5/2 (Kuru), Siyah 5 YR 2.5/1 (Nemli) renk özelliği ile kırmızı akdeniz toprak özelliği taşımaktadır. Ayrıca, strüktürel bir gelişime sahip olan bu topraklar, diğer kireç taşı üzerinde oluşmuş olan profillerden (genç topraklardan) önemli bir ayırım göstermektedir (Çizelge 4). Orman örtüsü altında bulunan bu topraklar organik maddece zengin killi topraklardır. Orta derinliğe sahip olan toprakların pH'sı 7.28-7.71 arasında değişmektedir (Çizelge 5).

Vertic ve Calcic Haploxeralf -Luvisol Topraklar

Toplam havza alanını %11.3'nü oluşturan Vertic ve Calcic Haploxeralf topraklar, havzanın güney batısında dağılım göstermektedirler (Çizelge 3) (Şekil 6a). Orman örtüsü altında ve çamur taşı üzerinde oluşmuş olan Haploxeralfler önemli bir toprak oluşum süreci olan kilin yıkanıp birikmesi sonucu meydana gelen argillik horizon belirlenmiştir. Üst horizonlarda kil %33 ile 36 arasında değişirken, 30 ile 70 cm derinlikler içerisinde %40 ile 48'lere ulaşabilmektedir. Bu nedenle bünye üst topraklarda kil tın iken argillik horizonunda killi bünye dönüşmektedir. Ayrıca, ana materyal üzerinde sekonder kireç oluşumu sonucu olan karbonat birikim belirlenmiş ve yüzeyde kireç %16 ile %21 iken ana materyalde bu oran yaklaşık %27 ile 32'lere ulaşmaktadır (Çizelge 5). Bu durum horizonların renk değişiminde de yansiyarak yüzeyde 10YR 5/2 kırmızımsı kahverenginde iken value değeri yükselerek daha açık renk olan 10YR 8/4 olmaktadır (Çizelge 4). Tüm profil hafif alkali özellikte olup, pH 7.67 ile 8.20 arasında değişmektedir. Bu toprağın organik maddesi oluşukça düşük olup %2' den azdır (Çizelge 5).

Vertic ve Calcic Haploxeroll -Kastnozom Topraklar

Havza içerisinde 1104 ha (%1.62) alanda ve havzanın batısında yer alan Vertic ve Calcic Haploxeroll topraklar, A/C, A/C/R veya A/R dizilimli horizonlara sahiptirler (Çizelge 3) (Şekil 6a). Özellikle genç topraklar oluşum süreçlerinde halen ana materyal etkisi altında bulunmakta olup, ana materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerini taşıdıkları görülmektedir. Örneğin kireçli kum taşı üzerinde oluşmuş Calcic Haploxeroll kireç oranı %28'e kadar çıkabilmekte iken çamur taşı üzerinde oluşmuş Vertic Haploxeroll topraklarda kil içeriği %28'lere kadar ulaşabilmektedir. Organik madde içerikleri diğer topraklara göre oldukça yüksek olup %5.27 ile yüksek düzeydedir (Çizelge 5). Organik maddenin yüksek olması özellikle toprakları üst horizonlarının oldukça koyu renkli (10 YR 3/3) ve yüksek kil içeriklerine rağmen kıvamlarının hafif sert (hs-yp-pa) olmasına neden olmaktadır (Çizelge 4).

Typic Haploxerept -Vertisol Topraklar

Typic Haploxerept topraklar, havza içerisinde %0.19 ile en az alan kaplaya, derin topraklardır (Çizelge 3) (Şekil 6a). Profil boyunca ince bir bünyeye sahip olmaları sonucu özellikle 21 cm den sonra oluşan strüktürlerin şişme büzülme aktivasyonu nedeniyle meydana gelen kayma yüzeylerinin meydana gelmiş olmasıdır. Profilde kil %42.43 ile %46.22 arasında değişmekte olup killi bir bünyeye sahiptir (Çizelge 4). Ayrıca toprakların kireç içerikleri çok yüksek olup, kireçli topraklardır. Organik madde yüzeyde %3.07 iken derinlerde %0.71 e kadar düşmektedir (Çizelge 5). Tüm profil killi olması nedeniyle hacim ağırlıklarında, geçirgenliklerinde ve su tutma içeriklerinde çok fazla bir değişim bulunmamaktadır.

Sonuç

Bu çalışma, Kemalpaşa Havzası topraklarının genel özelliklerini, dağılımlarını belirlemek ve sınıflandırmak amacıyla yapılmıştır. Ülkemiz, çok farklı jeolojik ve jeomorfolojik özellikler göstermesinin yanı sıra arid'den perhumide kadar değişen çok farklı ekolojiye sahip olması nedeniyle çok çeşitli toprak oluşum veya farklı pedolojik gelişim süreçlerin meydana gelmesi nedeniyle zengin toprak tiplerinin meydana geldiği bir ülke konumundadır. Bu farklı toprakların oluştuğu havzalarımızdan birisi de Akdeniz iklim kuşağı altındaki çoğunlukla kireç taşı ana materyale sahip, farklı topografya ve bitki örtüsü ne sahip Gediz havzasının bir alt havzası olan Kemalpaşa havzasıdır.

Newhall simülasyon modeli kullanılarak uzun yıllar yıllık ortalama iklim verileri havza içerisinde dağılım gösteren arazilere ait toprakların xeric nem rejiminde (Akdeniz İklim Rejimi) olduğu belirlenmiştir. Alanın toprak gelişimini etkileyebilecek ana materyal, arazi kullanımı ve fizyografik ünitelerin incelenmesi sonrası saha, laboratuvar ve büro çalışmaları sonrası alanın 1:25.000 ölçekli detaylı sayısal toprak haritası üretilmiştir. Elde edilen bu veri doğrultusunda toprakların [Toprak Taksonomisi \(2022\)](#) ve [WRB \(2014\)](#) sınıflandırma sistemindeki yerleri, fiziksel ve kimyasal özellikleri ve bunlara ait dağılım haritaları oluşturulmuştur. Toprak Taksonomisine göre havzada 13 alt grup, WRB sistemine göre ise 7 referans toprak grubu belirlenmiştir. Haritalama çalışmaları sonucunda, havzanın %79.3'ünde Entisol'ler, %11.3'ünde Alfisol'ler iken toplam alanın yaklaşık %0.2'si ile de en az alan ise Vertisol'ler olduğu tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, 1:25.000 ölçekli yapılan bu çalışma sonraları daha detaylı analiz ve ölçeklerde (1:5.000) ve araştırmalar ile havzanın toprak kaynakları hakkında daha kapsamlı bilgiler elde edilebilir. CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanımı ile toprak özelliklerinin ve dağılımlarının daha detaylı ve hassas bir şekilde belirlenmesinde önemli katkı sağladığı görülmektedir. Böylece, Kemalpaşa Havzası'nın toprak kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve gelecek nesiller için korunması açısından büyük önem taşımaktadır.

Kaynaklar

- Baker JR, 1987. The vegetation index and the study of vegetation dynamics. *International Journal of Remote Sensing*, 8(11), 1603-1614.
- Blake GR, Hartge KH, 1986. Bulk density. In *Methods of soil analysis: Part 1—physical and mineralogical methods* (2nd ed., pp. 363-375). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43(9): 434-438.
- Brevik, EC., Calzolari C, Miller BA, Pereira P, Kabala C, Baumgarten A, Jordan A, 2016. Soil mapping, classification, and pedologic modelling: History and future directions. *Geoderma*, 264: 256-274.
- 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.
- Daily GC, 1997. *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems*. Island Press.
- Dent D, Young A, 1981. *Soil survey and land evaluation*. Allen & Unwin.
- ENVI. 2013. ENVI 5.0v. Exelis Visual Information Solutions.
- ESRI. 2011. ArcGIS Desktop: Release 10.2.2. Environmental Systems Research Institute.
- IUSS Working Group WRB. (2022). World Reference Base for Soil Resources 2022. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. World Soil Resources Reports No. 106. FAO, Rome.
- Kılıç, S, 2015. Kappa testi. *Journal of mood disorders*, 5(3), 142-144
- Jackson ML, 1958. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall.
- Lal R, 2015. Restoring soil quality to mitigate soil degradation. *Sustainability*, 7(5): 5875-5895.
- Lillesand T, Kiefer RW, Chipman J, 2008. *Remote sensing and image interpretation*. John Wiley & Sons.
- Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü (MTA). (2024).
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (2024). İllere Ait Mevsim Normalleri (1991-2020). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=IZMIR>
- Montgomery DR, 2007. Soil erosion and agricultural sustainability. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104(33): 13268-13272.
- Oosterbaan RJ, 1994. *Agricultural Drainage: Principles and Applications*. International Institute for Land Reclamation and Improvement (ILRI).
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and improvement of saline and alkali soils*. U.S. Department of Agriculture.
- Rhoades JD, 1982. Cation exchange capacity. In *Methods of soil analysis: Part 2—Chemical and microbiological properties* (2nd ed., pp. 149-157). American Society of Agronomy, Soil Science Society of America.
- Soil Survey Laboratory Staff. (1992). *Soil survey laboratory methods manual*. Soil Survey Investigations Report No. 42. USDA-Natural Resources Conservation Service.
- Taxonomy, S (2014). *Keys to soil taxonomy*. USDA-Natural Resources Conservation Service.
- WCED, S. W. S. (1987). World commission on environment and development. *Our common future*, 17(1), 1-91.
- Van Wambeke, A. R. (2000). *The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture and temperature regimes*. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Polimer ve organik atık uygulamalarının toprakta stabilite ölçütleri üzerine etkileri

Nutullah ÖZDEMİR*, **Ömrüm Tebessüm KOP DURMUŞ**

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

Öz

Bu çalışmada; buğday samanı ve fındık zürufu atığı ile poliakrilamid ve hümik asit uygulamalarının kumlu tın (SL) ve Killi tın (CL) tekstürlü yüzey (0-20 cm) topraklarında stabilite ölçütlerinin gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Kumlu tın (SL) tekstürlü toprak örneği Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra Uygulama ve Araştırma İstasyonu arazisinden alınmış olup hafif alkali, tuzsuz, organik madde içeriği düşük, çok kireçli, toplam azot içeriği düşük sınıfında yer almaktadır. Killi tın (CL) tekstürlü toprak örneği ise Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinden alınmış olup hafif alkali reaksiyonlu, tuzsuz, orta düzeyde organik madde içeren, orta düzeyde kireçli, toplam azot içeriği ise fazla sınıfında yer almaktadır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanan çalışmada 28 farklı uygulama ve 3 tekrür dahil olmak üzere (2x28x3) toplam 168 saksı kullanılmıştır. Beş aylık inkübasyon döneminden sonra saksılarda buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Buğday bitkisinin hasadından sonra saksılardan alınan toprak örnekleri üzerinde yapılan analiz sonuçlarına göre; uygulamaların toprağın stabilite kriterleri üzerindeki etkilerinin düzenleyici türü ve uygulama dozu ile kombinasyonuna bağlı olarak değişim gösterdiği saptanmıştır. Uygulamaların dispersiyon oranı değeri üzerinde killi tın tekstürlü toprakta, agregat stabilitesi üzerinde ise kumlu tın tekstürlü toprakta daha etkili oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak özellikleri, poliakrilamid, hümik asit, agregat stabilitesi, dispersiyon oranı.

Effects of polymer and organic waste applications on stability parameters in soil

Abstract

In this study; the effects of wheat straw and hazelnut husk waste and polyacrylamide and humic acid applications on the development of stability criteria in sandy loam (SL) and clay loam (CL) textured surface (0-20 cm) soils were examined. The soil sample with sandy loam (SL) texture was taken from the land of Ondokuz Mayıs University Faculty of Agriculture Bafra Application and Research Station and is in the slightly alkaline, salt-free, low organic matter content, very calcareous, low total nitrogen content class. The soil sample with clay loam (CL) texture was taken from the land of the Black Sea Agricultural Research Institute and is in the class of slightly alkaline reaction, salt-free, containing moderate organic matter, moderately calcareous, and its total nitrogen content is high. A total of 168 pots, including 28 different treatments and 3 replications, were used in the study, which was planned according to the randomized plot trial design. After a five-month incubation period, wheat plants were grown in pots. According to the analysis results made on the soil samples taken from the pots after the harvest of the wheat plant; It has been determined that the effects of the applications on the stability criteria of the soil vary depending on the combination of the regulator type and application dose. It was determined that the applications were more effective on the dispersion rate value in clay loam textured soil and on aggregate stability in sandy loam textured soil.

Keywords: Soil properties, polyacrylamide, humic acid, aggregate stability, dispersion ratio.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprakta bozucu süreçlerin etkisinin azaltılması ve verimliliğinin devam ettirilmesinde karbon önemli bir yere sahiptir. Organik ya da inorganik formda bulunabilen karbonun büyük bir kısmı organik yapıda yer

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312 1919

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 12 Haziran 2024

Kabul Tarihi : 25 Ekim 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1500246

almaktadır. Bu yapıdaki karbonun (organik maddenin) kaynağını ölü bitki ve hayvan dokuları, bunların parçalanma ve ayrışma ürünleri ile toprak içerisinde yaşayan mikrobiyal kütleler oluşturmaktadır (Aşkın ve ark., 2014, Jangir ve ark., 2019). Organik kaynaklı karbon bileşikleri toprak mikroorganizmalarının besin kaynağı olup toprağın fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri ile verimliliğini önemli derecede etkilemektedir. Organik madde aynı zamanda strüktürel yapının gelişmesini sağlayarak toprağın havalanma kapasitesini artırmakta, erozyona karşı duyarlılığı azaltmakta, toprak sıcaklığını olumlu yönde etkilemekte ve verime katkı sağlamaktadır (Andiç, 1993, Voltr ve ark., 2021). Toprak fiziksel ve kimyasal koşullarının iyileştirilmesi; arazilerin sürdürülebilir kullanımını, gıda tedarikinin yeterliliğini, hava ve su kaynaklarının kalitesini ve insanlığın hayatta kalmasını belirlemektedir (Blanco-Canqui ve Lal, 2008; Kassim, 2021).

Günümüz koşullarındaki tarım sistemlerinin ortaya çıkardığı etkiler nedeniyle topraklar üretim güçlerini önemli ölçüde kaybederek bozulmaya maruz kalmaktadır. Dünya üzerinde bulunan tarım alanlarının yaklaşık % 80'i orta ile şiddetli derecede erozyondan etkilenmektedir (Lal, 2003; Öztürk, 2013). Türkiye'de ise arazilerin % 78'lik kısmı değişik seviyelerdeki erozyondan etkilenmiş durumdadır. Kültür bitkisi tarımı yapılan alanlarımızın ise % 68'inde erozyonla ilgili sorunlar bulunmaktadır. Ayrıca 57.1 milyon ha alan kıyı erozyonu ve 466.000 ha alan ise rüzgar erozyonu etkisi altındadır (Akça ve ark., 2007; Özdemir, 2013). Söz konusu olumsuzluğun önlenmesi için yeni sürdürülebilir tarım uygulamalarının kullanılması, toprak koşullarının ve özelliklerinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bu doğrultuda, toprak strüktürünün korunması, geliştirilmesi, çevre kalitesinin kabul edilebilir normlarda ve tarımsal üretkenliğin ihtiyaçları etkin olarak karşılayacak şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Laz, 2011).

Erozyondan etkilenen alanlarda toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve verimin artırılmasında inorganik veya organik kökenli düzenleyicilerden yararlanılabilir. Ancak erozyondan fazla miktarda zarar görmüş topraklarda büyük miktardaki ticari düzenleyici kullanımına bağlı olarak toprak kalite parametreleri ve verimde meydana gelen artışın erozyondan etkilenmemiş alanlara göre oldukça düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir (İç ve Gülser, 2008; Mbagwu ve ark., 1984; Özdemir, ve ark., 2015; Gholami, ve ark., 2016). Yakupoğlu ve Özdemir (2006) yapmış oldukları bir çalışmada şiddetli, orta ve hafif derecede erozyona uğramış topraklarda, organik atık ilavesinin çeşit ve uygulama dozlarına bağlı olarak agregat stabilitesi (AS), akışkanlık limiti (LL) ve plastiklik limiti (PL) değerlerini artırdığını, toprak aşınım faktörü (K), doğrusal uzama katsayısı (COLE-çubuk) ve hacimsel büzülme (SV) değerlerini ise azalttığını belirlemişlerdir. Yapılan organik materyal ilave etkinliğinin, toprakların erozyona uğramışlık derecelerine göre değişim gösterdiği, şiddetli derecede erozyon uğramış topraklarda söz konusu uygulamaların erozyonun etkisini telafi etmede yetersiz kaldığı ifade edilmiştir.

Yüce ve Yakupoğlu (2017), farklı tekstürlerdeki topraklara organik düzenleyici olarak kullanılan gidmayı tek başına ve PAM ile kombine edilerek uyguladıkları çalışmada, toprakların atterberg limitleri, doğrusal uzama katsayıları ve hidrolik iletkenlik özellikleri üzerine etkileri araştırmışlardır. Araştırmacılar sonuçta en yüksek likit limit ve plastik limit değerlerinin gıda ile PAM'in beraber uygulanmasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Göçük ve Demir (2021) ise PAM ve biyokömür uygulanmış topraklarda donma çözünme döngülerinin agregat stabilitesi üzerine etkisini araştırmışlardır. Dört farklı doz uygulamasının esas alındığı çalışma sonucunda PAM uygulamasının toprakların agregat stabilitesi üzerine etkisinin önemli olduğu bildirmiştir.

Bu çalışmada; buğday samanı ve fındık zurufu atığı ile poliakrilamid ve hümik asit uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmaların toprakta stabilize ölçütlerinin gelişimi üzerine etkileri irdelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma sera koşullarında yürütülmüştür. Kullanılan topraklar Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bafra Uygulama ve Araştırma Arazisi (SL) (41°55'-35°86') ile Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Deneme İstasyonundan (CL) (41° 61'- 35° 90') alınmıştır. Örneklerin alındığı Bafra Ovası; yarı humid nem rejiminde (Ustik) yer almakta olup, yıllık sıcaklık ortalaması 14.5°C, yıllık yağış ortalaması ise 716.6 mm'dir (Saygın ve ark., 2012). Çalışmada kullanılan bitkisel atıklar ile PAM ve hümik asit farklı kurumlardan temin edilmiştir.

Çalışmada kullanılan toprakların, buğday samanı ve fındık zurufunun analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. Bu bulguların irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere kumlu tın bünyeli (SL), hafif alkalın karakterli, tuzsuz, organik madde içeriği az, çok kireçli, toplam azot içeriği az, alınabilir fosfor kapsamı çok yüksek, kalsiyum ve magnezyum içeriği ise yeterli düzeydedir. Tarımsal Araştırma Enstitüsü Bafra Uygulama İstasyonu arazisinden alanından alınan toprak örneği ise; killi tın bünyeli (CL), hafif alkalın

karakterli, tuzsuz, orta düzeyde organik madde, orta düzeyde kireç, fazla toplam azot, orta alınabilir fosfor, orta kalsiyum ve yüksek düzeyde magnezyum içeriğine sahiptir. Toprakların pH değerleri 8.5'in altında olup topraklarda alkalilik problemi bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 1993). Kullanılan buğday samanı 82.25 ve fındık zurufu ise 25.28 C/N oranı değerlerine sahiptirler. Çalışmada kullanılan PAM anyonik karaktere [-CH₂CHCONH₂-]_n ve 1.189 g/cm³ yoğunluk değeri ile yaklaşık 10000 Mg.mol⁻¹ molekül ağırlığına sahiptir. Denemede piyasada ticari olarak satılan, içerisinde %13.5 hümik asit, %1.5 fulvik asit ve %1.5 K₂O içeren sıvı materyal kullanılmıştır.

Çizelge 1. Topraklar ve organik atıkların analiz sonuçları

Topraklar	Kum, %	Silt, %	Kil, %	pH (1:2.5)	EC (1:1) (dS m ⁻¹)	OM (%) _o	CaCO ₃ (%)	N (%)	P (Ppm)	Ca+Mg (me 100 g ⁻¹)
SL	64.12	27.91	7.97	8.11	0.68	1.12	17.82	0.05	48.07	21.84
CL	27.19	41.51	31.30	7.88	0.47	2.85	7.57	0.20	25.45	36.25
Bitkisel atıklar	pH (1:2.5)	EC (1:1) (µmhos cm ⁻¹)		OC (%)	Toplam N (%)	C/N	Kül, (%)		P (ppm)	
Buğday sam.	5,69	2848,50		53,46	0,65	82,25	7,84		2055,00	
Fındık zurufu	6,16	2058,00		46,93	1,86	25,28	19,09		6291,52	

Tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülen çalışmada 28 farklı uygulama ve 3 tekrür dahil olmak üzere (2x28x3) toplam 168 saksı kullanılmıştır. Bitki materyali olarak buğday (*Triticum aestivum*, pandas çeşidi) kullanılmıştır. Topraklar 4 mm'lik elekten geçirilerek 5 kg'lık saksılara aktarılmış, polimerler ve organik atıklar 3 farklı dozda (BS % 0, 2, 4; FZ % 0, 2, 4; HA 0, 200, 1000 ppm; PAM 0, 30, 60 ppm) ve PAM+düzenleyici kombinasyonları olarak ilave edilmiştir. Deneme süresince (inkübasyon ve bitki yetiştiriciliği) topraktaki elverişli nemin 50'si tükenince tekrar sulama yapılmıştır. Beş aylık 5 aylık inkübasyon süresinin ardından saksılarda buğday bitkisi (ekim 04.02.2019, hasat 22.06.2019) yetiştirilmiştir. Bitki hasadından sonra saksılardan alınan toprak örneklerinde ilgili analiz ve değerlendirmeler yapılmıştır.

Topraklarda dane büyüklük dağılımı; Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993), agregat stabilitesi; ıslak eleme yöntemi (Kemper 1965), dispersiyon oranı; mekanik analiz sonuçları ile süspansiyonda ölçülen (silt+kil, %) miktarları kullanılarak (Özdemir, 2013); organik madde içeriği (OM); Modifiye Walkley-Black yöntemi (Kacar, 1994), kireç (CaCO₃) içeriği; Scheibler kalsimetre yöntemi (Sağlam, 1978), değişebilir kalsiyum ve magnezyum; amonyum asetat ekstraksiyonu metodu (Kacar, 1994), toplam azot; Kjeldahl yöntemi (Bremner, 1965), alınabilir fosfor; pH'ya göre Olsen (Sims, 2000), pH ve elektriksel iletkenlik (EC) değerleri; saturasyon çamurunda pH metre (Hendershot ve ark., 1993) ve EC metre (Rhoades ve Oster, 1986) kullanılarak belirlenmiştir.

Bitkisel materyallerin pH değerleri; 1:10 (w/v) bitki materyali-saf su karışımında pH-metre (Kacar ve İnal, 2008), toplam N; Kjeldahl yöntemi (Kacar ve İnal, 2008), Kül; kuru yakma yöntemi (Kacar, 1994), Toplam P; kuru yakma ile elde edilen ekstraktta spektrofotometrik olarak (Kacar ve İnal, 2008), organik karbon; kuru yakma yöntemi (Kacar ve İnal, 2008), C/N oranı; organik madde ve N analiz sonuçlarından yararlanılarak bulunmuştur (Kacar ve İnal, 2008).

Verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS 22 paket programı (Tek yönlü) ile Duncan çoklu karşılaştırma testlerinden yararlanılmıştır

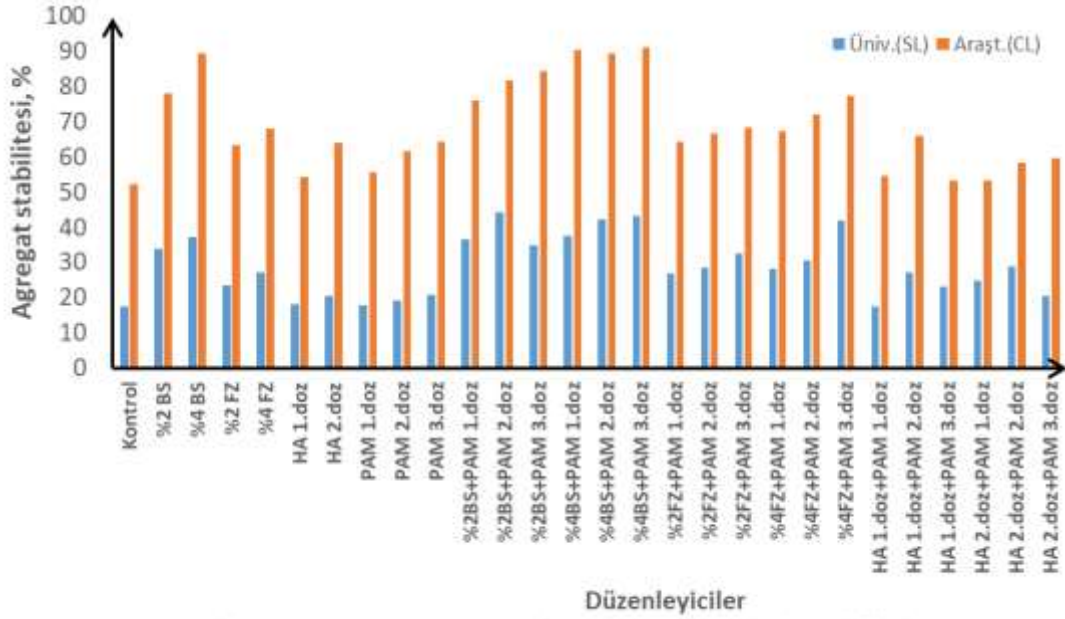
Bulgular ve Tartışma

Buğday samanı, fındık zurufu atığı, poliakrilamid ve hümik asitin ayrı ayrı ve birlikte uygulanarak gerçekleştirilen çalışmada; uygulamaların hasat sonrasında toprağın satabilité ölçütlerinde oluşturduğu etkilerin değerlendirilmesinde agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı parametreleri esas alınmıştır.

Agregat stabilitesi

Sera koşullarında yapılan çalışmada; kumlu tın ve killi tın tekstürüne sahip olan topraklara poliakrilamid (PAM), hümik asit (HA), buğday samanı (BS) ve fındık zurufunun (FZ) ayrı ayrı ve PAM ile birlikte uygulanarak buğday bitkisi yetiştirilmesi sonrasında saksılarda belirlenen agregat stabilitesi (AS) değerleri (ortalama) Şekil 1'de ve bu değerlere ilişkin Varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 2 ve 3'de verilmiştir. Bu verilerin incelenmesinden de görüleceği üzere her iki toprak gurubunda da ayrı ayrı ve birlikte uygulanan düzenleyiciler toprakların agregat stabilitesi değerlerinde belirgin artışlar sağlamışlardır. Agregat stabilitesi değerleri tarımsal uygulamaların ve işlemlerin toprak yapısı üzerindeki

etkilerinin irdelenmesinde ve erozyona karşı duyarlılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup stabilite değeri yükseldikçe toprakların erozyona karşı dirençleri artmakta, su iletim özellikleri iyileşmekte, havalanma kapasiteleri artmakta tarımsal üretim olumlu yönde etkilenmektedir (Le Bissonnais, 2023; Özdemir, 2013).



Şekil 1. Deneme sonrası toprakların agregat stabilitesi değerleri

Araştırma bulguları bu yönde incelendiğinde kumlu tın tekstürlü denet örnekte 17.31 olan agregat stabilitesi değerleri düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak % 44.14'e kadar yükselmiştir. Söz konusu etki açısından kullanılan düzenleyicilerin ayrı ayrı uygulanma etkinlikleri irdelendiğinde düzenleyicilerin BS>FZ>PAM>HA şeklinde sıralandıkları ve doz artıkça etkinliğinde arttığı görülmüştür. Diğer taraftan kullanılan düzenleyicilerin birlikte uygulanması ile agregat stabilitesi değerinde meydana getirdikleri etki açısından BS+PAM>FZ+PAM>HA+PAM şeklinde sıralandıkları ve maksimum artışın yüksek doz uygulamalarında elde edildiği saptanmıştır (Şekil 1).

Killi tın tekstürlü toprakta % 52.36 olan agregat stabilitesi değerleri düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak %91.02'ye kadar yükselmiştir. Söz konusu etki açısından kullanılan düzenleyicilerin ayrı ayrı uygulanma etkinlikleri irdelendiğinde düzenleyicilerin BS>FZ>PAM>HA şeklinde sıralandıkları ve doz artıkça etkinliğinde arttığı görülmüştür. Diğer taraftan kullanılan düzenleyicilerin birlikte uygulanması ile agregat stabilitesi değerinde meydana getirdikleri etki açısından BS+PAM>FZ+PAM>HA+PAM şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir (Şekil 1).

Her iki toprak grubunda da düzenleyici ve doz uygulamalarının agregat stabilitesi değeri üzerindeki etkilerine ilişkin Varyans analiz sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 2) düzenleyici ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ($p<0.01$) olduğu görülmüştür. Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise uygulama ortalamalarının genel olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 3). Killi tın tekstürlü toprakta buğday samanının 2. dozunun (%4BS) yalnız uygulandığı ve yine buğday samanının 2. dozunun poliakrilamidin 1., 2. ve 3. dozlarıyla (%4BS+30ppmPAM, %4BS+60ppmPAM, %4BS+90ppmPAM) birlikte uygulandığı saksılar benzer sonuçlar vermiştir.

Canbolat ve Demiralay (1995), toprağa organik materyal ilavesinin agregat stabilitesi üzerine etkisini ortaya koymak üzere planladıkları çalışmada, beş farklı düzeyde çiftlik gübresi ve buğday samanı ilavesinin altı haftalık inkübasyon periyodunun sonunda stabilite değerlerini önemli derecede artırdığını bildirmişlerdir. Yüksel (2012) ise yaptığı bir çalışmada şehir katı atıklarından elde ettiği çöp kompostunun Xerofluent toprakların fiziksel özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Araştırmacı yürüttüğü 2 yıllık tarla denemesi sonucunda, bu organik atığın toprakların söz konusu özelliklerinde olumlu etkiler meydana getirdiğini belirlemiştir. Topraklara artan dozlarda uygulanan çöp kompostunun hem birinci hem de ikinci yılda agregat stabilitesi değerlerini artırdığını ifade etmiştir. Araştırmacı çalışmasının sonucunda, çöp kompostunun yüksek organik madde içeriği nedeni ile tarım topraklarında organik madde kaynağı olarak

kullanılabilecek bir materyal olduğunu vurgulamıştır. [Annabibi ve ark., \(2004\)](#) belediye katı atık kompostu, biyolojik atık kompostu ve çiftlik gübresinin (FYM) tınlı bir toprakta agregat stabilitesi üzerindeki etkisini arazi ve laboratuvar koşullarında irdeledikleri çalışmada kompost uygulamasına bağlı olarak agregat stabilitesi değerlerinin arttığını ve agregat stabilitesi değerlerinin yüksek oranda biyolojik olarak parçalanabilen, daha kalıcı olan organik katkıların eklenmesi ve mikrobiyal aktivitenin uyarılmasıyla ilişkili olduğunu belirlemişlerdir. [Miller ve ark., \(1998\)](#) topraklarda PAM uygulamasının agregat stabilitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, 0, 10 ve 20 kg ha⁻¹ dozlarında PAM uygulaması sonrasında yapay yağış altında bıraktıkları topraklarda agregat stabilitesinin üç kata kadar arttığını belirlemişlerdir.

Çizelge 2 . Agregat stabilitesi verilerine ilişkin varyans analiz testi sonuçları

Varyasyon kaynağı		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Kumlu tın	Düzenleyiciler (A)	566.343	3	188.781	119.519	0.000
	Uygulamalar (B)	4658.611	6	776.435	491.569	0.000
	AxB	603.204	18	33.511	21.216	0.000
	Hata	88.452	56	1.580		
	Toplam	75277.153	84			
Killi tın	Düzenleyiciler (A)	429.780	3	143.260	143.588	0.000
	Uygulamalar (B)	11266.344	6	1877.724	1882.026	0.000
	AxB	696.530	18	38.696	38.785	0.000
	Hata	55.872	56	0.998		
	Toplam	409468.777	84			

Çizelge 3. Agregat stabilitesi değerlerine ait Duncan testi sonuçları

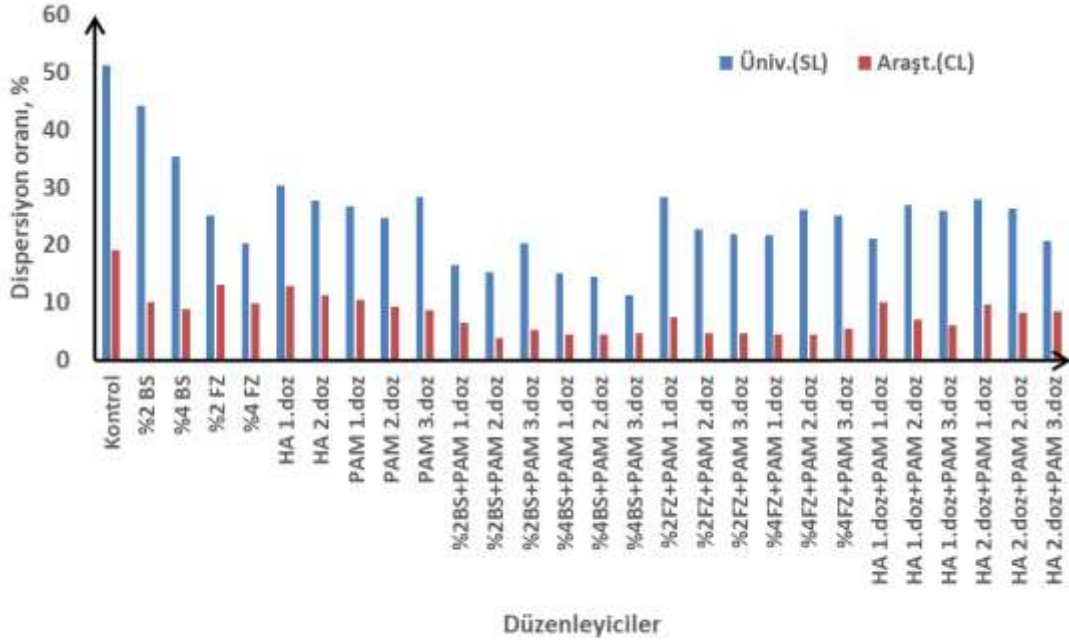
Uygulamalar	Ortalama ± standart sapma	
	Kumlu tın	Killi tın
Kontrol	17,32 ± 1,05 j	52,36 ± 0,77 n
%2 BS	33,88 ± 1,92 e	78,18 ± 1,16 d
%4 BS	37,30 ± 2,86 c	89,44 ± 1,01 a
%2 FZ	23,44 ± 0,10 h	63,18 ± 0,57 jk
%4 FZ	27,19 ± 2,15 g	67,88 ± 1,70 g
HA 1.doz	18,22 ± 0,30 j	54,38 ± 1,29 lm
HA 2.doz	20,60 ± 2,43 ı	63,98 ± 1,18 j
PAM 1.doz	17,62 ± 0,07 j	55,71 ± 0,82 l
PAM 2.doz	19,18 ± 0,08 ij	61,77 ± 1,44 k
PAM 3.doz	20,92 ± 1,02 ı	64,19 ± 1,10 ij
%2BS+PAM 1.doz	36,43 ± 0,86 cd	75,96 ± 0,93 e
%2BS+PAM 2.doz	44,14 ± 1,65 a	81,59 ± 1,82 c
%2BS+PAM 3.doz	34,73 ± 1,44 de	84,46 ± 0,31 b
%4BS+PAM 1.doz	37,59 ± 1,20 c	90,57 ± 0,22 a
%4BS+PAM 2.doz	42,10 ± 0,57 ab	89,32 ± 0,55 a
%4BS+PAM 3.doz	43,12 ± 0,14 ab	91,03 ± 1,10 a
%2FZ+PAM 1.doz	26,93 ± 1,45 g	64,45 ± 1,45 ij
%2FZ+PAM 2.doz	28,56 ± 1,05 fg	66,71 ± 0,75 gh
%2FZ+PAM 3.doz	32,65 ± 1,68 e	68,31 ± 0,69 g
%4FZ+PAM 1.doz	28,21 ± 0,68 g	67,32 ± 0,89 gh
%4FZ+PAM 2.doz	30,50 ± 0,66 f	71,88 ± 0,55 f
%4FZ+PAM 3.doz	41,72 ± 1,17 b	77,27 ± 0,19 de
HA 1.doz+PAM 1.doz	17,35 ± 0,49 j	54,68 ± 1,52 lm
HA 1.doz+PAM 2.doz	27,28 ± 0,15 g	65,85 ± 0,73 hı
HA 1.doz+PAM 3.doz	23,01 ± 1,22 h	53,22 ± 0,35 mn
HA 2.doz+PAM 1.doz	24,81 ± 0,41 h	53,22 ± 0,65 mn
HA 2.doz+PAM 2.doz	28,96 ± 1,37 fg	58,43 ± 0,21 kl
HA 2.doz+PAM 3.doz	20,40 ± 0,49 ı	59,63 ± 1,11 kl

Toprakların kontrol agregat stabilitesi değerleri ve uygulamaların meydana getirdiği oransal değişimler irdelendiğinde düzenleyicilerin SL bünyeye sahip üniversite arazisinden alınan toprakta CL bünyeye sahip olan ve Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinden alınan toprağa göre daha etkili oldukları belirlenmiştir. Bu durum muhtemelen tekstürel farklılık ve organik madde içeriğindeki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. Bu doğrultuda yapılan araştırmalarda PAM+düzenleyici uygulama etkinliklerinin toprak özelliklerinden ve

düzenleyicilerin tabiatından önemli ölçüde etkilendiği belirlenmiştir (Yüce ve Yakupoğlu 2017; Göçük ve Demir, 2021). Uygulamalar arasında en etkili doz ise üniversite toprağında BS2+PAM2 (%4BS+ 60ppmPAM) olurken araştırma enstitüsü arazinse ait toprakta BS2+PAM3 (%4BS+90ppmPAM) olmuştur.

Dispersiyon oranı

Sera koşullarında, kumlu tın ve killi tın tekstürüne sahip olan topraklara poliakrilamid (PAM), hümik asit (HA) ile buğday samanı (BS) ve fındık zurufunun (FZ) ayrı ayrı ve birlikte uygulanarak buğday bitkisi yetiştirilmesi ve bitkinin hasat edilmesi sonrasında topraklarda belirlenen dispersiyon oranı (DO) değerleri (ortalama) Şekil 2’de ve bu değerlere ilişkin Varyans analizi ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4 ve 5’de verilmiştir. Şekil 2’in incelenmesinden de görüleceği üzere her iki toprak gurubunda da ayrı ayrı ve birlikte uygulanan organik ve kimyasal kökenli düzenleyiciler toprakların dispersiyon oranı değerlerinde belirgin düşüşler sağlamışlardır. Kumu tın tekstürlü kontrol örnekte %51.26 olan dispersiyon oranı değeri düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak %11.34’e kadar düşmüştür. Bu toprak grubunda en belirgin düşüş buğday samanının 2. dozu (%4BS) ile PAM’in 3. dozunun (PAM) birlikte uygulanmasından elde edilmiştir. DO değeri toprakların erozyona karşı duyarlılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri 15’ den küçük olan topraklar erozyona karşı dayanıklı, büyük olanlar ise erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilmektedirler (Özdemir, 2013). Söz konusu etki açısından kullanılan düzenleyicilerin ayrı ayrı uygulanma etkinlikleri irdelendiğinde düzenleyicilerin FZ>PAM>HA>BS şeklinde sıralandıkları ve 2. doz uygulamalarının en etkili dozlar olduğu görülmüştür. Diğer taraftan kullanılan düzenleyicilerin birlikte uygulanmasının etkileri irdelendiğinde dispersiyon oranı değerinde meydana getirdikleri düşüş etkisi açısından düzenleyicilerin BS+PAM>FZ+PAM>HA+PAM şeklinde sıralandıkları ve maksimum düşüşün organik düzenleyicilerin yüksek doz uygulamalarında elde edildiği saptanmıştır (Şekil 2).



Şekil 2. Deneme sonrası toprakların dispersiyon oranı değerleri

Killi tın tekstüre sahip kontrol örnekte % 19.09 olan dispersiyon oranı değeri düzenleyici uygulamalarına bağlı olarak % 3.86’ya kadar düşmüştür. Tarımsal araştırma arazisi toprağında minimum dispersiyon oranı değeri buğday samanı %2 dozu ile PAM düzenleyicisinin 2. Dozunun (60 ppm) birlikte uygulanmasından elde edilmiştir. Söz konusu etki açısından kullanılan düzenleyicilerin ayrı ayrı uygulanma etkinlikleri irdelendiğinde düzenleyicilerin PAM>BS>FZ>HA şeklinde sıralandıkları ve doz artıkça etkinliğinde arttığı görülmüştür. Diğer taraftan kullanılan düzenleyicilerin birlikte uygulanması ile dispersiyon oranı değerinde meydana getirdikleri etki açısından BS+PAM>FZ+PAM>HA+PAM şeklinde sıralandıkları en fazla düşüşün son dozlarda ve BS+PAM uygulamasında meydana geldiği tespit edilmiştir (Şekil 2).

Her iki toprak grubunda da düzenleyici ve doz uygulamalarının dispersiyon oranı üzerindeki etkilerine ilişkin Varyans analiz sonuçları değerlendirildiğine (Çizelge 4) düzenleyici ve uygulama düzeylerine ait kareler ortalamasının önemli ($p<0.01$) olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Önemli bulunan varyasyon kaynaklarına ilişkin Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde ise uygulama ortalamalarının genel olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 4. Dispersiyon oranı değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları

Varyasyon kaynağı		Kareler toplamı	Serbestlik derecesi	Kareler ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Kumlu tın	Düzenleyiciler(A)	1969.990	3	656.663	896.132	0.000
	Uygulamalar (B)	1207.046	6	201.174	274.538	0.000
	AxB	2529.083	18	140.505	191.743	0.000
	Hata	41.035	56	0.733		
	Toplam	58611.785	84			
Killi tın	Düzenleyiciler(A)	533.807	3	177.936	705.241	0.000
	Uygulamalar (B)	364.955	6	60.826	241.081	0.000
	AxB	103.751	18	5.764	22.845	0.000
	Hata	14.129	56	0.252		
	Toplam	6382.408	84			

Çizelge 5. Dispersiyon oranı değerlerine ait Duncan testi sonuçları

Uygulamalar	Ortalama ± standart sapma	
	Kumlu tın	Killi tın
Kontrol	51,26± 1,01 p	19,09 ± 0,18 p
%2 BS	44,21± 0,69 o	10,07 ± 0,10 lm
%4 BS	35,32± 2,30 n	8,93± 0,44 ı-k
%2 FZ	25,08± 0,12 gh	13,43 ± 0,60 o
%4 FZ	20,38± 0,42 d	9,84± 0,44 lm
HA 1.doz	30,26± 0,68 m	12,92 ± 0,05 o
HA 2.doz	27,78± 1,38 kl	11,32 ± 0,82 n
PAM 1.doz	26,70± 0,56 ı-k	10,45 ± 0,72 m
PAM 2.doz	24,64± 0,16 g	9,28± 0,48 j-l
PAM 3.doz	28,43± 0,18 l	8,74± 0,60 ı-k
%2BS+PAM 1.doz	16,59± 0,76 c	6,56± 0,15 ef
%2BS+PAM 2.doz	15,24± 0,60 bc	3,86± 0,11 a
%2BS+PAM 3.doz	20,41± 0,34 d	5,24± 0,24 b-d
%4BS+PAM 1.doz	15,17± 0,14 bc	4,40± 0,15 ab
%4BS+PAM 2.doz	14,46± 0,39 b	4,43± 0,10 ab
%4BS+PAM 3.doz	11,35± 0,96 a	4,60± 0,44 a-c
%2FZ+PAM 1.doz	28,38± 0,02 l	7,52± 0,46 gh
%2FZ+PAM 2.doz	22,65± 0,36 f	4,72± 0,61 a-c
%2FZ+PAM 3.doz	22,01± 0,37 ef	4,68± 0,77 a-c
%4FZ+PAM 1.doz	21,76± 0,57 d-f	4,51± 0,81 a-c
%4FZ+PAM 2.doz	26,05± 0,02 g-j	4,41± 0,78 ab
%4FZ+PAM 3.doz	25,23± 1,84 g-ı	5,38± 0,61 cd
HA 1.doz+PAM 1.doz	21,20± 0,09 d-f	9,99± 0,43 lm
HA 1.doz+PAM 2.doz	26,92± 0,26 j-l	7,05± 0,17 fg
HA 1.doz+PAM 3.doz	26,04± 0,65 g-j	5,98± 0,16 de
HA 2.doz+PAM 1.doz	27,86± 0,51 kl	9,63± 0,14 k-m
HA 2.doz+PAM 2.doz	26,31± 1,26 h-k	8,34± 0,99 hı
HA 2.doz+PAM 3.doz	20,74± 1,53 de	8,42± 0,35 ij

[Cihacek \(1999\)](#), erozyonda aşırı derecede etkilenmiş alanlar üzerinde yürüttüğü bir araştırmada yıllık bazda çiftlik gübresi uygulanan toprakların kalitesinde dikkate değer bir iyileştirme oluşturmadığını ancak fiziksel ve kimyasal özelliklerin iyileştirilmesi açısından uygulamaların tekrarlanması gerektiğini ifade etmiştir. [Coşkun ve ark., \(2006\)](#) ise farklı derecede erozyona uğramış alanlara tütün atığı ve PAM uygulamasının erozyon oranı değerini önemli ölçüde azalttığını, bitkilere elverişli azot ve fosfor miktarını ise artırdığı saptanmıştır. Araştırmacılar uygulama etkinliklerinin organik kaynağın çeşidine, uygulama dozuna ve toprak aşınım seviyelerine bağlı olarak değişme gösterdiğini ifade etmişlerdir. [Barzegar ve ark., \(2002\)](#) ise 0, 5, 10 ve 15 ton.ha⁻¹ düzeyinde buğday samanı, kompostlanmış şeker pancarı atığı ve çiftlik gübresi

uygulamalarının toprağın fiziksel özellikleri ve kışlık buğdayın verimi, toprağın infiltrasyon oranını, su tutma kapasitesini artırdığını ve hacim ağırlığı değerlerini azaltarak toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını azalttığını ifade etmişlerdir.

Toprakların kontrol dispersiyon oranı değerleri ve uygulamaların meydana getirdiği değişimler oransal olarak irdelendiğinde düzenleyicilerin CL bünyeye sahip tarımsal araştırma arazisinden alınan toprakta üniversite arazisinden alınan ve SL bünyeye sahip olan toprağa göre daha etkili oldukları belirlenmiştir. Uygulanan düzenleyiciler her iki toprak grubunda da uygulama düzeyleri ve kombinasyona bağlı olarak dispersiyon oranı değerlerini düşürerek toprakların erozyona karşı dirençlerini artırmışlardır. Erozyona karşı dayanıklılık açısından verilen sınır değerlerin altına düşürmede tüm düzenleyiciler CL bünyeye sahip toprakta etkili olurken SL bünyeye sahip toprakta etkili olamamışlardır.

Sonuç

Sera koşullarında kumlu tın ve killi tın bünyeye sahip topraklara organik karakterli poliakrilamid (PAM) hümitik asit, buğday samanı ve fındık zürüfunun ayrı ayrı ve PAM ile birlikte uygulanarak buğday bitkisi yetiştirilmesi sonrasında toprakta stabilite ölçütlerinin gelişimi üzerine etkileri belirlemek üzere yapılan değerlendirmeler sonucunda; agregat stabilitesi değerlerinde uygulamalara bağlı olarak artışlar meydana geldiği belirlenmiştir. Meydana gelen artışlar toprak özellikleri, düzenleyici türü ve PAM kombinasyonu ile uygulama dozuna bağlı olarak değişim göstermiştir. Kumlu tın tekstürlü toprakta en fazla artış buğday samanının 1. dozu ile poliakrilamidin 2. dozunun (%2BS+60ppmPAM) birlikte uygulandığı saksılardan elde edilmiştir. Kontrol toprağında %17.31 olan agregat stabilitesi söz konusu uygulama ile %44.14'e yükselmiştir. Killi tın tekstürlü toprakta en fazla artış buğday samanının 2. dozu ile poliakrilamidin 3. dozunun (%4BS+90ppmPAM) birlikte uygulandığı saksılardan elde edilmiştir. Kontrol toprağında %52.36 olan agregat stabilitesi değeri söz konusu uygulama ile %91.02'ye yükselmiştir. Toprakların dispersiyon oranı değerlerinde ise uygulamalara bağlı olarak düşüşler meydana gelmiştir. Dispersiyon oranı değerinde oluşan azalma toprak ve uygulamalara bağlı olarak değişim göstermiştir. Üniversite toprağında en iyi sonuç buğday samanının 2. dozu ile poliakrilamidin 3. dozunun (%4BS+90ppmPAM) birlikte uygulandığı saksılardan elde edilmiştir. Kontrol örneğinde %51.20 olan DO söz konusu uygulama ile %11.34'e kadar düşmüştür. Araştırma toprağında ise en iyi sonuç buğday samanının 1. dozu ile poliakrilamidin 2. dozunun (%2BS+60ppmPAM) birlikte uygulandığı saksılardan elde edilmiştir. Sonuçlar erozyona karşı direnç açısından irdelendiğinde (dispersiyon oranı < %15 dirençli) kontrol örneğinde %19.08 olan dispersiyon oranı değeri söz konusu uygulama ile %3.85'e düşmüştür. Bu nedenle organik materyallerin poliakrilamid ile uygulanmasının erozyona karşı daha dayanıklı bir yapının oluşturulması açısından yararlı olacağı belirlenmiştir.

Toprak stabilite ölçütlerini iyileştirilerek erozyona karşı dirençli bir toprak yapısını oluşturmak ve sürdürülebilir bitkisel üretim sağlamak üzere yapılacak uygulamalarda; toprak özellikleri, düzenleyici özellikleri, uygulanacak dozlar ve alternatifler uygulamaların dikkate alınması önem arz etmektedir. Söz konusu etkiler açısından bitkisel kökenli atık uygulamalarının sentetik organik düzenleyiciler ile desteklenmesinin yararlı olacağı belirlenmiştir. Burada elde edilen bulgular sınırlı sera şartlarında elde edilmiş olup çalışmanın arazi uygulamaları şeklinde genişletilmesinde de yarar vardır.

Kaynaklar

- Akça E, Din U, Serdem, M, Şenol S., Eswaran, H, Kapur S, 2007. Soils of Turkey: Status, problems and solutions. (Eds: P. Zdruli and G.T. Liuzzi), Mediterranean Conference, Status of Mediterranean Soil Resources: Actions Needed to Support Their Sustainable Use, Tunis, Tunisia, p: 315-339.
- Andiç C, 1993. Tarımsal Ekoloji. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Ders Notları No:16.
- Annabi M, Houot S, Poitrenaud M, Rampon, J.N, Gaillard H, Le Bissonnais Y, 2004. Organik değişikliklerin toprak agrega stabilitesi üzerindeki etkisi. Çevre koruma ve gıda güvenliği için sürdürülebilir organik atık yönetimi. Ramiran ; 51-54.
- Aşkın T, Kızılkaya R, Olekhov V, Mudrykh N, Samafalova İ, Türkmen F, 2014. Toprak organik karbonu: jeostatistiksel bir yaklaşım . Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi , 2 (1) , 13-18.
- Barzegar A, Yousefi A, Daryashenas A, 2002. The effect of addition of different amounts and types of organic materials on soil physical properties and yield of wheat. Plant and Soil 247, 295-301.
- Blanco-Canqui H, Lal R. 2008. Principles of soil conservation and management. Springer Science Business Media B.V. USA. s. 617.

- Bremner J M, 1965. Total nitrogen. Methods of soil analysis: part 2 chemical and microbiological properties, 9, 1149-1178.
- Canpolat M, Demiralay İ. 1995. Organik Materyal İlave Edilmiş Toprakların Agregat Stabilitesi, Briket Hacim Ağırlığı ve Kırılma Değeri Arasındaki İlişkiler. Türkiye Toprak İlimi Derneği Toprak ve Çevre Sempozyumu. Cilt II. Yayın No: 7, ss: A-116 A-124, Ankara.
- Coşkun Z, Özdemir N, Öztürk E. 2006. Aşınmış Toprakta Tütün Atığı Ve Pam Uygulamasının Erozyona Karşı Duyarlılık İle Azot Ve Fosfor Yarıyışlılığına Etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 21(2), 218-224.
- Cihacek LJ, 1999. Restoring productivity of eroded soils with manure applications, NDSU Dickinson Research and Extension Center Annual Report.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analizleri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum
- Gholami L, Sadeghi S H R, Homae M, 2016. Different effects of sheep manure conditioner on runoff and soil loss components in eroded soil. Catena, 139, 99-104.
- Göçük M, Demir Y, 2021. Biyokömür ve poliakrilamid'in donma ve çözünme döngüsünde toprakların agregat stabilitesi ve su tutma kapasitesi özellikleri üzerine etkisi. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi, 17(2), 286-301. Can. Soc. SoilSci. CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- Hendershot WH, Lalonde H, Duquette M, 1993. Soil Reaction and Exchangeable Acidity
- İç S, Gülser C, 2008. Tütün atığının farklı bünyeli toprakların bazı kimyasal ve fiziksel özelliklerine etkisi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 23(2), 104-109.
- Jangir C K, Kumar S, Meena, R S, 2019. Significance of soil organic matter to soil quality and evaluation of sustainability. Sustainable agriculture. Scientific Publisher, Jodhpur, 357-381.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı yayınları, No:3, 1-705.
- Kacar, B., İnal, A. 2008. Bitki analizleri. Nobel Yayın No:1241. 892, Ankara.
- Kassım H, 2021. Polimer ve hümitik asit uygulamalarının toprağın strüktürel gelişimi üzerine etkileri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Kemper W D, 1965. Agregat Stability. İn C.A. Black (ed). Methods of soil analysis. Amer. Soc. Of Argon. Inc., Part 1. Agronomy 9.
- Lal R, 2003. Soil Erosion and the Global Carbon Budget. Environmental International, 29, 437-450.
- Laz O, 2011. Toprak Düzenleyici Polimer (PVA, PAM & HJ) ve Hümitik Asit (HA) Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ile Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, 79, Erzurum.
- Le Bissonais Y, 2023. Soil characteristics and aggregate stability. In Soil erosion, conservation, and rehabilitation (pp. 41-60). CRC Press.
- Miller WP, Willis R.L, Levy GJ, 1998. Aggregate stabilization in kaolinitic soils by low rates of anionic polyacrylamide. Soil Use and Management, 14: 101-105.
- Mbagwu JSC, Lal R, Scott TW. 1984. Effects of desurfacing of Alfisols and Ultisols in Southern Nigeria: I.crop performance, Soil Science Society of America Journal, 48, 828-833.
- Özdemir N, 2013. Toprak ve su koruma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, 3. Baskı, Samsun.
- Özdemir N, Öztürk, E, Ekberli İ. 2015. Effects of organic and inorganic amendmets on soil erodibility. Eurasian Journal of Soil Science, 4(4), 266-271.
- Öztürk E, 2013. Organik düzenleyicilerin toprak kaybı ve toprak kalitesi üzerindeki etkilerinin laboratuvar koşullarında belirlenmesi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi.
- Rhoades JD, Oster JD. 1986. Solute content. Methods of Soil Analysis: Part 1 Physical and Mineralogical Methods, 5, pp.985-1006.
- Sağlam MT. 1978. Toprak kimyası tatbikat notları. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Erzurum.
- Saygın F, Durmuş M, Sarıoğlu FE, Dengiz O, Kızılkaya R. 2012. Some physicochemical properties and catalase enzyme activity level of soils formed on two different parent material. Materials of International Scientific – Practical Conference “Rational use of Soil Resources and the Environment”. November 15-16, Book of Proceedings (ISBN 978-601-80286-0-1), 256-260, Almaty-Kazakhstan.
- Sims JT. 2000. Soil test phosphorus: Olsen P. Methods of phosphorus analysis for soils, sediments, residuals, and waters, 20.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manuel. USDA Handbook No:18, Washington, USA

- Voltr V, Menšík L, Hlisnikovský L, Hruška M, Pokorný E, Pospíšilová L. 2021. The soil organic matter in connection with soil properties and soil inputs. *Agronomy*, 11(4), 779.
- Yakupoğlu T, Özdemir N. 2006. Erozyona Uğramış Topraklarda Organik Atık Uygulamalarının Bazı Mekaniksel Özelliklere Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 21 (2) , 173-178.
- Yüce G, Yakupoğlu T. 2017. Gıda ve Poliakrilamid Uygulamalarının Farklı Tekstürdeki Toprakların Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri. *Toprak Su Dergisi, Özel Sayı: (55-65)*
- Yüksel O, 2012. Çöp kompostunun xerofluvent topraklarda fiziksel özelliklere etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), pp.92-97.



Yemekhane atıklarından hazırlanmış farklı kompostların marulun gelişimi ve mineral beslenmesi üzerine kısa dönem etkisi

✉ Cennet YAYLACI, ✉ Şevkiye Armağan TÜRKAN, ✉ Süleyman KILDIR,
✉ Ramazan UÇAR, ✉ İbrahim ERDAL*,

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

Öz

Bu çalışma, yemekhane atıklarından hazırlanan farklı kompostların marulun gelişimi, mineral beslenmesi ve besin elementi alımı üzerine etkisini incelemek amacıyla sera koşullarında yürütülmüştür. Denemede %50 yemekhane atığı + %25 budama atığı + %25 çim karışımı (K1), %30 yemekhane atığı + %70 budama atığı karışımı (K2), %50 yemekhane atığı + %10 sığır gübresi + %25 budama atığı + %5 çim + %10 yaprak (K3), %50 yemekhane atığı + %50 budama atığı (K4) atığından oluşan 4 farklı kompost kullanılmıştır. Her komposttan dekara 0 (kontrol), 250 ve 500 kg da⁻¹ olmak üzere üç doz uygulanmıştır. Sonuçlara göre en yüksek bitki kuru ağırlık değeri (3.63 g bitki⁻¹) ile K1'in 500 kg da⁻¹ dozunda elde edilmiştir. Ortalamalara göre, K1, K2 ve K4'ün bitki kuru ağırlığı üzerine benzer etki gösterdiği ve K3'e göre daha etkili olduğu görülmüştür. Doz ortalamalarına bakıldığında 250 kg da⁻¹ dozunun en etkili, 0 kg da⁻¹ dozunun ise en etkisiz doz olduğu gözlenmiştir. En yüksek N içerikleri, kontrol grubunda en yüksek P içeriği K3'ün 500 kg da⁻¹ dozunda, en yüksek K içeriği ise K1'in 250 kg da⁻¹ dozunda yetişen bitkilerden elde edilmiştir. En yüksek Mn ve Cu içerikleri K2 uygulamasının 500 kg da⁻¹ ve 250 kg da⁻¹ dozlarından elde edilmiştir. Ortalama değerlere bakıldığında, artan kompost dozlarının bitkinin K ve Mn içerikleri üzerine olumlu etkileri olurken, N, P, Ca ve Cu üzerine etkileri benzer ya da olumsuz olmuştur. Toprakta en fazla N, kontrol grubu bitkiler, en fazla P ve K ise 500 kg da⁻¹ kompost uygulanan bitkilerle alınmıştır. Toprakta kaldırılan besin elementi miktarları genel olarak kontrole kıyasla uygulama dozlarıyla artmış, fakat dozlar arasında anlamlı farklıklar belirlenmemiştir. Diğer yandan, artan kompost dozlarının topraktan kaldırılan N'ye etkisinin olumsuz olduğu belirlenmiştir. Kompost uygulamaları marul verimini artırmış ancak bitkinin mineral beslenmesi üzerinde genellikle anlamlı bir etkisi görülmemiştir. Elde edilen kuru ağırlık değerlerine bakıldığında, K1, K2 ve K4 kompostlarından 250 kg da⁻¹ dozunun uygun olduğu söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: Kompost, marul, organik madde, verim.

Short-term effect of different composts prepared from cafeteria waste on the growth and mineral nutrition of lettuce

Abstract

This study was conducted under greenhouse conditions to examine the effects of different composts on the growth, mineral nutrition and nutrient uptake of lettuce. In the experiment, 4 different composts were used. These are: 50% kitchen waste + 25% branch pruning waste + 25% grass mixture (K1), 30% kitchen waste + 70% branch pruning waste mixture (K2), 50% kitchen waste + 10% cattle manure + 25% branch pruning waste + 5% grass + 10% leaves (K3), 50% kitchen waste + 50% branch pruning waste (K4). Three doses of each composts as 0 (control), 250 and 500 kg da⁻¹ were used. According to the results, the highest dry weight (3.63 g plant⁻¹) was obtained at 500 kg da⁻¹ dosage of K1. A similar effect was observed in the averages of K1, K2 and K4 compared to K3. Dosages means indicated that the most effective dosage was 250 kg da⁻¹, however 0 kg da⁻¹ was the most in effective. In terms of N concentrations, the control dosages of all composts gave the highest results, the highest results in P values was seen in plants grown at 500 kg da⁻¹ dose of K3, and the highest result in K values was seen in plants grown at 250 kg da⁻¹ dose of K1. The highest Mn and Cu concentrations were obtained from 500 kg da⁻¹ and 250 kg da⁻¹ doses of K2 application. If a comparison is made according to doses, the effects of increasing doses on N, P, Ca, Mg and Cu were similar or negative, and

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (505) 926 8841

E-posta : ibrahimerdal@isparta.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 30 Temmuz 2024

Kabul Tarihi : 11 Eylül 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1524891

positive on K and Mn. There were not significant differences among the most composts in terms of nutrient concentrations. The highest N was taken by the control group plants, and the most P and K by the plants applied with 500 kg da⁻¹ compost. The amount of removed nutrients from the soil generally increased with the application doses compared to the control, but no significant differences were determined between the doses. Compost applications increased lettuce yield, but generally no significant effect was observed on the mineral nutrition of the plant. When the dry weight values obtained were examined, it could be said that 250 kg da⁻¹ dose of K1, K2 and K4 composts was appropriate.

Keywords: Compost, lettuce, organic matter, yield.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Bitkisel üretimden sürekli olarak yüksek ve kaliteli verim elde edilmesinin en önemli koşullarından birisi, toprak verimliliğinin korunmasıdır. Artan tarımsal ürün ihtiyacının karşılanabilmesi adına bilinçsiz bir şekilde kullanılan kimyasal gübreler, çevresel sorunların yanında topraklarda kirlenme problemine ve verim kaybına yol açtığı bilinen bir gerçektir. Bu nedenle, çevre kirliliğini azaltma, toprakların sürdürülebilir kullanımını sağlama ve üreticinin yüksek kimyasal maliyetleri ile oluşan ekonomik yükün azaltılmasına katkı sağlamak için, organik gübre kullanımının artırılması gereklidir. Tarımsal üretimde hasat sonrası kullanılmayan bitkisel artıklar, ahır gübreleri, çiftlik atıkları, sanayi atıkları, mutfak atıkları gibi çeşitli organik materyaller doğrudan veya farklı yöntemler kullanılarak dönüştürüldükten sonra toprağa uygulanabilir. Bu materyaller toprakta organik madde kapsamını artırmak, toprak özelliklerini iyileştirmek ve bitkilere besin maddesi sağlamak suretiyle bitkisel üretimde verim ve kalite artışına çeşitli katkılar sağlamaktadır. Toprak organik maddesinin en bilinen özellikleri arasında; su tutma ve havalanma kapasitesini düzenlemek, strüktür oluşumuna katkı sağlamak, yüzeyde kabuk tabakasının oluşumunu azaltmak toprak fiziksel özelliklerini iyileştirmekte ve bitki gelişimine iyi bir ortam hazırlamak gelmektedir. Bunların yanında mikroorganizmalara enerji kaynağı olmak, tarım ilaçları ve ağır metaller gibi kirleticinin oluşturacağı olumsuz etkileri azaltmak, pH ve tuzluluk değişimlerine karşı tamponlama görevi görmek ve içeriğindeki besin elementlerinin mineralizasyonu ile bitkilere doğrudan besin elementi temin etmek gibi faydaları bulunmaktadır (Taban ve ark., 2013; Guo ve ark., 2019; Yaylacı ve Erdal, 2021). Topraktaki organik maddeler çeşitli yollarla hızla azalır. Özellikle tarımın yoğun olarak yapıldığı ve dış organik madde yokluğunda toprak verimliliğinin hızla azaldığı bölgelerde bu azalma çok daha hızlı olmaktadır. Bu durumu önlemenin en etkili yolu toprağa organik madde kazandırmaktır. Toprak verimliliğini korumak ve arttırmak amacıyla kompost uygulamaları son yıllarda yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeşitli organik malzemelerden yapılan kompost, toprağın çeşitli özelliklerine olumlu katkılarından dolayı önemli bir tarımsal girdidir (Üçok ve ark., 2019; Zandvakili ve ark., 2019; Yavuzkılıç ve Gülser, 2024). Kompost içerisindeki besin maddeleri, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddesi miktarını karşılamaya yeterli olmasa da organik madde içeriği gibi diğer özellikler bitkilerin mineral beslenmesini, verimini ve kalitesini arttırabilmektedir (Atiyeh ve ark., 2000; Gutierrez- Miceli ve ark., 2007; Joshian ve Vig, 2010). Organik maddenin ayrışması sırasında ortaya çıkan çeşitli ayrışma ürünleri, bir yandan çözünebilir besin maddelerinin toprakta yavaş salınımının çözümlülüğünü artırırken, diğer yandan besin maddelerini olumsuz toprak faktörlerine karşı korur. Hormon benzeri materyaller, vitaminler, enzimler ve humik materyaller köklerin ve toprak üstü bitkisel biyokütlelenin büyümesini arttırır (Erdal ve Ekinci, 2020). Kompostlama bitkisel ve hayvansal kökenli organik atıkların çeşitli yöntemlerle aerobik (oksijenli) koşullar altında mikrobiyolojik oksidasyonu ile elde edilen gübre değeri olan organik bir ürün elde edilme sürecidir (Zhang ve ark., 2014; Sönmez ve ark., 2016; Çerçioğlu, 2019). Kompost ilavesi, toprakta topraklanmayı ve stabiliteyi arttırarak toprak yapısını iyileştirmekte ve toprak organik maddesini arttırmaktadır. Toprakta yüzey sızdırmasını önleyerek su tutma kapasitesini arttırmakta; böylece yüzey akışı oluşumunu ve toprak erozyonunu azaltmaktadır. Diğer yandan biyolojik aktiviteyi ve bitkiler için besin bulunabilirliğini arttırmaktadır. Ayrıca kompost kullanımı toprak ve bitki hastalıklarını baskılamakta, toprağın verimliliğini arttırmaktadır. Bu da kimyasal gübrelerin ve hastalık kontrol maddelerinin kullanımının azaltılmasına olanak tanımaktadır. (Martínez-Blanco ve ark., 2013; Noble, 2011; Sharma ve ark., 2017; Ameen ve Al-Homaidan, 2021).

Bütün bunlar düşünüldüğünde çeşitli organik atıklardan elde edilen kompost materyallerinin tarımda kullanılması birçok açıdan avantaj sağlayacaktır. Bu çalışmada da yemekhane atıkları ile farklı organik materyallerin karışımından oluşturulmuş çeşitli kompostların marul bitkisinin gelişimi ve mineral beslenmesine etkisini incelemek amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2023 yılında Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait cam serada yürütülmüştür. Deneme, tesadüf parselleri deneme deseni şeklinde dört farklı materyal, üç farklı doz ve üç tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür. Farklı karışımlardan elde edilen dört farklı kompostun içerikleri aşağıda belirtildiği gibidir;

- 1: K1 (%50 yemekhane atığı + %25 budama atığı + %25 çim)
- 2: K2 (%30 yemekhane atığı + %70 budama atığı)
- 3: K3 (%50 yemekhane atığı + %10 sığır gübresi + %25 budama atığı + %5 çim + %10 yaprak)
- 4: K4 (%50 yemekhane atığı + %50 budama atığı)

Kompostların üretiminde kullanılan materyallerden yemekhane atığı, üniversitenin öğrenci yemekhanesinden temin edilen meyve ve sebze kalıntılarında oluşmaktadır. Budama atığı ve biçilmiş çim peyzaj bölümünden temin edilmiş olup çam ve sedir ağaçlarının budama atıklarından oluşmaktadır. Sığır gübresi ise üniversitenin araştırma ve uygulama çiftliğinden temin edilmiştir. Denemede kullanılan kompostlar, *Ziraat Fakültesi Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği* Bölümü tarafından döner tamburlu kompostlama ünitesi kullanılarak hazırlanmıştır.

Kompost materyallerinin her birinden 2 kg toprağa, dekara 0, 250 ve 500 kg olacak şekilde karıştırılmış, aynı zamanda tüm saksılara üre, triple süper fosfat ve potasyum sülfat gübreleri kullanılarak 200 mg kg⁻¹ N, 100 mg kg⁻¹ P, 100 mg kg⁻¹ K olacak şekilde temel gübreleme yapılmıştır.

Denemede kullanılan toprak hafif alkali reaksiyonlu (1/2.5 toprak/su, pH: 7.8) siltli-tın bünyeli ([Bouyoucos, 1951](#)) kireç içeriği yüksek (% 27 CaCO₃, [Çağlar, 1949](#)) organik madde içeriği ise orta seviyededir (% 1.4, [Walkley ve Black 1934](#)). Yarayışlı P seviyesi (NaHCO₃, [Olsen 1954](#)) düşük (7 ppm) olan toprağın K, Ca ve Mg içerikleri yüksektir (680 ppm K, 5600 ppm Ca, 900 ppm Mg, [Jackson 1962](#)). Deneme toprağının Mn içeriği (3 ppm) yetersiz, Cu içeriği (4 ppm) ise fazladır ([Lindsay ve Norvell 1978](#)). Denemede bitki materyali olarak kıvrıkcık marul (*Lactuca Sativa*) kullanılmış ve iki ay boyunca gelişmeye bırakılmıştır. Süre sonunda bitkiler toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiş, çeşme suyu ve saf sudan geçirildikten sonra yaş ağırlıkları alınarak 65°C de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş, kuru ağırlıkları alınmış ve öğütülmüştür. Öğütülen toprak üstü aksamda gerekli bitki besin elementi analizleri yapılmıştır. Bitkilerin toplam azot içerikleri Kjeldahl yöntemiyle belirlenmiştir ([Bremner, 1965](#)). Diğer element analizleri için ise 0.5 g bitki örneği kül fırınında kuru yakılmış, saf su ile 50 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen süzükte toplam P vanadomolibdofosforik sarı renk yöntemiyle spektrofotometrede, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Cu ve Zn içerikleri AAS de okunarak belirlenmiştir ([Jones ve ark., 1991](#)). Bitkinin topraktan aldıkları (kaldırdıkları) besin elementi miktarları ise kuru ağırlık değerleriyle besin elementi içeriklerinin çarpılmasıyla hesaplanmıştır. Elde edilen verilerin istatistiksel analizleri, MINITAB paket programında TUKEY çoklu karşılaştırma testi ile yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bitki kuru ağırlıkları

Hasat sonrası ölçülen kuru ağırlık sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir. En yüksek kuru ağırlık değeri 3.63 g bitki⁻¹ ile dekara 500 kg K1 kompostu uygulanmış saksılardan elde edilmiş olup, bu uygulamayla kontrol konularına göre yaklaşık % 56 lık bir artış gözlenmiştir. Ortalama değerlere göre bir değerlendirme yapılacak olursa, en düşük kuru ağırlık değeri 2.33 g ile kontrol dozunda, en yüksek ortalama ağırlık değeri ise 3.32 g ile 250 kg da⁻¹ dozundan elde edilmiştir. Doz ortalamalarına göre bir değerlendirme yapılırsa, artan dozlarla bitkinin kuru ağırlığını kontrole göre artırdığı, ancak dozların bu artış üzerine olan etkilerinin benzer olduğu görülmüştür. Kompost ortalamalarında en yüksek kuru ağırlık değeri K1 (3.16 g bitki⁻¹) ve K4 (3.09 g bitki⁻¹) kompostu uygulanan bitkilerde, en düşük sonuç ise K3 (2.70 g bitki⁻¹) kompostu uygulanan bitkilerde görülmektedir.

Çizelge 1. Bitki kuru ağırlıkları

Kompostlar	Uygulama dozları (kg da ⁻¹)			Ortalama
	0	250	500	
	Kuru ağırlık (g bitki ⁻¹)			
K1	2.33 C*	3.52 AB	3.63 A	3.16 a***
K2	2.33 C	3.27 AB	3.34 AB	2.98 ab
K3	2.33 C	2.90 BC	2.87 BC	2.70 b
K4	2.33 C	3.59 AB	3.34 AB	3.09 a
Ortalama	2.33 b**	3.32 a	3.29 a	

K1 (%50 yemekhane atığı + %25 budama atığı + %25 çim), K2 (%30 yemekhane atığı + %70 budama atığı), K3 (%50 yemekhane atığı + %10 sığır gübresi + %25 budama atığı + %5 çim + %10 yaprak), K4 (%50 yemekhane atığı + %50 budama atığı). * interaksiyon, ** doz, ***kompost: Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P>0.01$)

Toprak üstü aksam besin elementi içerikleri

Marul bitkisine ait bazı besin elementi sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Uygulamaların karşılıklı etkilerine (interaksiyon) bakıldığında her kompost için kontrol grubu bitkilerin en yüksek N içeriğine sahip olduğu ve uygulama dozları arttıkça bitkinin N içeriğinin genellikle azaldığı belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre, dozların bitkilerde N içeriğine olan etkisine bakılacak olursa, en yüksek N değerinin uygulama yapılmayan kontrol grubunda olduğu görülmektedir. Kontrol grubu bitkilerde % 4.21 olarak belirlenen ortalama N içerikleri dekara 250 ve 500 kg kompost dozlarında sırasıyla, % 2.76 ve % 2.72 olarak ölçülmüştür. Kompost materyallerine ait ortalamalara göre bir değerlendirme yapıldığında ise, bitki N içeriğinin %3.12 ile % 3.35 arasında değiştiği, ancak bu değişim üzerinde kompost farklılığının anlamlı bir etkisinin olmadığı görülmektedir.

Bitkilerin P içeriği, kompost türü ve dozuna bağlı olarak düzensiz bir dağılım göstermiştir. En yüksek P içeriğine (%0.35) K3’ün 500 kg da⁻¹ dozunda ulaşılırken, en düşük P içeriği, K1’in 250 kg da⁻¹ dozundan elde edilmiştir. Diğer interaksiyonlar arasında ise anlamlı bir değişim gözlenmemiştir. Artan kompost dozlarının bitkinin P beslenmesi üzerine olumlu bir katkısı gözlenmemiş olup, K2 ve K3 kompostlarının diğerlerine göre daha etkili oldukları görülmüştür.

Bitkinin K beslenmesi üzerine doz x kompost interaksiyonu anlamlı etki göstermiş ve marulun K içeriği %1.98 (kontrol grupları) ile % 3.19 (K3, 500 kg da da⁻¹) arasında değişmiştir. Marulun K içeriği artan dozlarla artmış ancak 250 ve 500 kg da⁻¹ arasında anlamlı farklılık görülmemiştir. Bitkinin K içeriği üzerine K1, K2 ve K3 benzer etki derecesinde etki yaparak K4’e göre daha üstün oldukları görülmüştür.

Bitkinin Ca ve Mg içeriğine sadece uygulama dozlarının istatistiksel olarak etkili olduğu görülürken, bunların içinden de 0 (kontrol) ve 250 kg da⁻¹ dozları arasındaki fark anlamlı bulunmuştur. Kontrol grubu bitkilerin ortalama Ca ve Mg içeriği sırasıyla % 1.75 ve % 0.24 iken, 250 kg da⁻¹ dozunda % 1.49 ve % 0.22 olarak ölçülmüştür.

Uygulamaların bireysel ve karşılıklı etkileri bitkinin Mn ve Cu içerikleri üzerine anlamlı bulunmuştur. Bitki Cu içeriklerine bakıldığında, en yüksek Cu değeri, 250 kg da⁻¹ K2 kompostu uygulanan bitkilerde, (5.3 mg kg⁻¹), en düşük Cu içeriği (3.0 mg kg⁻¹) ise 500 kg da⁻¹ K1 kompostu uygulanan bitkilerde belirlenmiştir. En yüksek Mn içeriği ise (48.0 mg kg⁻¹) 500 kg da⁻¹ K2 kompostu uygulanan bitkilerde belirlenirken, en düşük değer (32.3 mg kg⁻¹) kontrol grubuna ait bitkilerde belirlenmiştir. Dozların ortalamalarına bakıldığında uygulama dozlarının bitki Cu içeriğine etkisinin olmadığı, buna karşılık, artan dozlara bağlı olarak bitki Mn içeriklerinin 32.3 mg kg⁻¹ dan 39.3 ve 43.3 mg kg⁻¹ değerlerine yükseldiği belirlenmiştir. Yine ortalamalara bakıldığında, kompost farklılığı bitki Mn içeriğini etkilememiş, buna karşılık K2 ve K4 kompostlarının bitki Cu içeriği üzerine daha etkili oldukları görülmüştür.

Belirlenen besin elementi içerikleri tüm toprak üstü aksama aittir. Toprak üstü aksamın besin elementi içeriklerine göre bir değerlendirme ölçütü olmaması nedeniyle, bitkinin mineral beslenmesine ait net bir yorum yapma olanağı olmamıştır. Ancak marulun yaprak besin elementi içeriklerine göre yapılan değerlendirmeye göre bir yaklaşımda bulunulduğunda, bitkide belirlenen besin elementlerinin çoğunlukla yeter seviyenin altında olduğu söylenebilir (Jones ve ark., 1991).

Çizelge 2. Toprak üstü aksam N, P, K, Ca, Mg, Cu ve Mn içerikleri

Kompostlar	Uygulama dozları (kg da ⁻¹)			Ortalama
	0	250	500	
N (%)				
K1	4.21 A*	2.71 B	2.55 B	3.15
K2	4.21 A	3.04 B	2.81 B	3.35
K 3	4.21 A	2.86 B	2.80 B	3.29
K4	4.21 A	2.43 B	2.71 B	3.12
Ortalama	4.21 a**	2.76 b	2.72 b	
P (%)				
K1	0.24 B	0.15 B	0.20 B	0.20 b***
K2	0.24 B	0.24 B	0.22 B	0.23 ab
K 3	0.24 B	0.18 B	0.35 A	0.26 a
K4	0.24 B	0.16 B	0.23 B	0.21 b
Ortalama	0.24 a	0.18 b	0.25 a	
K (%)				
K1	1.98 C	2.88 AB	2.64 ABC	2.50 a
K2	1.98 C	2.89 AB	2.90 AB	2.58 a
K 3	1.98 C	2.25 BC	3.19 A	2.47 a
K4	1.98 C	1.97 C	2.20 BC	2.05 b
Ortalama	1.98 b	2.49 a	2.73 a	
Ca (%)				
K1	1.75	1.70	1.35	1.60
K2	1.75	1.63	1.60	1.66
K 3	1.75	1.35	1.93	1.68
K4	1.75	1.30	1.38	1.48
Ortalama	1.75 a	1.49 b	1.56 ab	
Mg (%)				
K1	0.24	0.22	0.25	0.24
K2	0.24	0.23	0.24	0.24
K 3	0.24	0.21	0.26	0.24
K4	0.24	0.21	0.22	0.23
Ortalama	0.24 a	0.22 b	0.24 a	
Mn (mg kg ⁻¹)				
K1	32.3 B	34.8 AB	46.5 AB	37.8
K2	32.3 B	42.8 AB	48.0 A	41.0
K 3	32.3 B	41.0 AB	44.0 AB	39.1
K4	32.3 B	38.8 AB	34.8 AB	35.3
Ortalama	32.3 b	39.3 a	43.3 a	
Cu (mg kg ⁻¹)				
K1	4.0 BCD	4.3 ABC	3.0 D	3.8 b
K2	4.0 BCD	5.3 A	4.0 BCD	4.4 a
K 3	4.0 BCD	3.5 CD	4.0 BCD	3.8 b
K4	4.0 BCD	3.5 CD	5.0 AB	4.2 ab
Ortalama	4.0	4.1	4.0	

K1 (%50 yemekhane atığı + %25 budama atığı + %25 çim), K2 (%30 yemekhane atığı + %70 budama atığı), K3 (%50 yemekhane atığı + %10 sığır gübresi + %25 budama atığı + %5 çim + %10 yaprak), K4 (%50 yemekhane atığı + %50 budama atığı). * interaksiyon, ** doz, ***kompost: Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P>0.01$)

Toprak üstü aksam tarafından besin elementi alımı

Çizelge 3'te bitkilerin topraktan aldıkları besin elementi miktarları verilmiştir. İnteraksiyona bağlı olarak bitkilerin topraktan saksı başına 80.3 mg ile 99.8 mg N kaldırdığı, fakat bu değişim istatistiksel olarak anlamlı olmamakla birlikte genellikle uygulama dozu ile birlikte azaldığı tespit edilmiştir. Dozların

ortalamalarında en fazla N kaldıran grup, 97.5 mg ile kontrol grubu bitkiler olurken, materyallerin ortalamalarında en fazla azot kaldıran grup (97.0 mg saksı⁻¹) K2 kompostu uygulanan bitkiler olmuştur.

Uygulamalara bağlı olarak bitkiler saksı başına 5.41 mg ile 10.1 mg arasında istatistiksel olarak anlamlı olacak şekilde değişen miktarlarda P almışlardır. Bitkilerin P alımları, farklı kompostların artan dozlarına göre düzensiz bir dağılım göstermekle birlikte, ortalama değerlere göre arttığı tespit edilmiştir. En az P alımı, dekara 250 kg K1 uygulaması yapılan saksılarda gerçekleşirken, en fazla P alımının, dekara 500 kg K3 uygulaması yapılan saksılardan gerçekleştiği belirlenmiştir. Kompostlar arası farklılık bitkinin P alımı üzerine anlamlı etki yapmazken, uygulama dozlarına bağlı olarak kaldırılan P miktarları 5.60 mg saksı⁻¹'den (kontrol) sırasıyla 6.07 mg saksı⁻¹ (250 kg da⁻¹) ve 7.98 mg saksı⁻¹ ya (500 kg da⁻¹) yükselmiştir.

K ve Ca yönünden incelendiğinde, en fazla alımın 250 kg da⁻¹ K1 kompostu uygulanan bitkilerle gerçekleşmiş ve sırasıyla topraklardan 101.0 ve 59.5 mg saksı⁻¹ Ca ve Mg alımı gerçekleşmiştir. Materyal ortalamalarına göre bir değerlendirme yapıldığında, bitkinin K alımı üzerine K1 ve K2 kompostları en yüksek etkiyi göstermiş, K3 ve K4 kompostlarının etkileri ise daha düşük bulunmuştur. Kompostlar arası fark bitkinin kaldırdığı Ca miktarını anlamlı derecede etkilememiştir. Artan dozlara bağlı olarak kaldırılan K ve Ca miktarları 0 kg da⁻¹ dozuna göre artmış ancak 250 ve 500 kg da⁻¹ dozları arasındaki fark anlamlı bulunmamıştır. Kontrol koşullarında her saksıdan sırasıyla 45.8 ve 40.5 mg K ve Ca alınırken, 250 ve 500 kg da⁻¹ dozlarında yine sırasıyla 83.0 ve 89.6 mg K, 49.6 ve 51.1 mg Ca alınmıştır. Toprakta alınan K ve Ca üzerine 250 ve 500 kg dozları benzer etkiyi göstermiştir. Bitkinin Mg alımı üzerine tüm faktörler anlamlı etki yapmıştır. En fazla Mg kaldırılan kombinasyon ise 500 kg da⁻¹ K1 kompostu uygulanan bitkiler olmuştur.

Bitkilerin topraktan sömürdüğü Mn ve Cu miktarlarına bakıldığında, sömürülen miktarların uygulamalara göre önemli farklılıklar gösterdiği görülmektedir. Sömürülen mikro element miktarları Mn için 74.4 (kontrol) - 168 µg saksı⁻¹ (K1, 500 kg da⁻¹), Cu için ise 9.33 (kontrol) - 16.9 µg saksı⁻¹ (K4, 500 kg da⁻¹) arasında değişim göstermiştir. Ortalamalara bakıldığında ise, artan kompost dozlarının bitkinin topraktan kaldırdığı mikro element miktarlarını artırdığı görülmüş ancak 250 ve 500 kg da⁻¹ arasında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Sömürülen Mn ve Cu miktarı üzerine kompostların ekisi genelde benzer bulunurken, K3 kompostunun bitkinin Cu alımı üzerine diğerlerine göre daha düşük etkiye sahip olduğu gözlenmiştir.

Bitki kuru ağırlıkları kompost uygulanan bitkilerde, kompost uygulanmayan bitkilerden daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bu durum kompost uygulamalarının marul bitkisinde verimi artırdığını göstermektedir. Yapılan çeşitli çalışmalarda da farklı karışımlardan hazırlanan kompost uygulamalarının bitki gelişimi üzerine olumlu etkileri olduğu ortaya konmuştur (Sönmez ve ark., 2016; Aynacı ve Erdal, 2016; Liu ve ark., 2021; Duran ve ark., 2023). Bilindiği üzere toprak organik maddesi, toprak verimliliği üzerine en etkili toprak bileşenlerinden birisidir. Organik maddenin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olan iyileştirici etkisi, o toprakta yetiştirilen bitkilerin daha fazla ve daha kaliteli ürün vermesine yardımcı olmaktadır (Johnston ve ark., 2009; Cotrufo ve Lal, 2022). Ayrıca, organik maddenin toprakta parçalanması (mineralize olması) sonucu açığa çıkan bitki besin elementlerinin o ortamda yetişen bitkilerin mineral beslenmesine katkı yapması, yani o bitkilerin daha fazla besin elementi içermesi beklenmektedir. Elde ettiğimiz sonuçlar ise, kompost dozlarının bitkinin besin elementi içeriğine K ve Mn hariç olumlu bir etkisinin olmadığını göstermektedir. Bu durumu kısmen bitkinin büyümesine bağlı olarak besin elementlerinin seyrelmesiyle ilişkilendirmek mümkündür (Kacar ve Katkat, 2007; Kaya ve ark., 2009; Tüzel ve ark., 2020). Ancak, özellikle bitkinin N içeriğinin artmaması ve bitkilerin topraktan kaldırdığı miktarının da kontrolden düşük olması, toprağa ilave bir N girişinin olmadığını işaret etmektedir. Bu durum bize, uygulanan kompostların deneme süresi içerisinde tam olarak mineralize olmamış olabileceğini göstermektedir. Bunun sonucu olarak bitkiler, henüz mineralize olmayan kompostlardaki başta N olmak üzere, diğer mineral elementlerden yeterince yararlanamamış olabilir. Bütün bunlara rağmen, kompost uygulamalarının bitki verimi üzerine olan olumlu etkisinin nedenleri ise, organik maddenin toprak verimliliği üzerine olan dolaylı etkilerine bağlanabilir (Alagöz ve ark., 2006; Yıldız ve ark., 2009). Bilindiği üzere toprak organik maddesi, mineralizasyon durumuna ve oranına bağlı olarak toprakların fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerini etkilemek suretiyle toprak verimliliğini doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Özenç ve ark., 2019; Tarakçıoğlu ve Öztürk, 2022). Buradaki olumlu etkinin de, daha çok uygulanan kompostların toprağın bazı fiziksel özelliklerini düzenlemek suretiyle daha uygun bir yetiştirme ortamı oluşturmasından kaynaklanabilir.

Genel olarak topraktan kaldırılan besin elementi miktarları kontrole oranla artmıştır. Bu durum, kompost dozlarının bitki gelişimini artırmasıyla ilişkilidir (Erdal ve Ekinci 2017; Erdal ve Ekinci 2020). Kompostlar

arası farklılıkların bitki besin elementi içeriğine etkileri karşılaştırıldığında, birkaç besin elementi dışında istatistiksel olarak aralarında anlamlı farklılıkların olmadığı görülmektedir. Yine bu durum, uygulanan kompostların henüz tam olarak mineralize olmadığı, bu nedenle bitkiye besin elementi sağlamaları bakımından aralarındaki farklılığın tam olarak ortaya çıkmadığı sonucunu göstermektedir. Uygulanan kompost dozlarının verim ve diğer parametreler üzerine etkilerinde istatistiksel olarak önemli bir fark görülmemiştir. Bu durum, dekara 250 ve 500 kg kompost dozlarının bitki gelişimine olan dolaylı etkilerinin benzer olabileceğini göstermiştir.

Çizelge 3. Toprak üstü aksam tarafından alınan N, P, K, Ca, Mg, Cu ve Mn miktarları

Kompostlar	Uygulama dozları (kg da ⁻¹)			Ortalama
	0	250	500	
N (mg saksı ⁻¹)				
K1	97.5	95.2	92.1	94.9 ab***
K2	97.5	99.8	93.8	97.0 a
K3	97.5	82.1	80.3	86.6 b
K4	97.5	87.0	90.0	91.5 ab
Ortalama	97.5 a	91.0 ab	89.0 b	
P (mg saksı ⁻¹)				
K1	5.60 B*	5.41 B	7.06 B	6.02
K2	5.60 B	7.75 AB	7.24 B	6.86
K3	5.60 B	5.28 B	10.1 A	6.99
K4	5.60 B	5.86 B	7.54 AB	6.33
Ortalama	5.60 b**	6.07 b	7.98 a	
K (mg saksı ⁻¹)				
K1	45.8 C	101.0 A	96.5 AB	81.2 a
K2	45.8 C	93.9 AB	96.7 AB	78.8 a
K3	45.8 C	65.5 BC	91.5 AB	67.6 ab
K4	45.8 C	71.3 ABC	73.6 ABC	63.6 b
Ortalama	45.8 b	83.0 a	89.6 a	
Ca (mg saksı ⁻¹)				
K1	40.5 AB	59.5 A	49.4 AB	49.8
K2	40.5 AB	53.2 AB	53.4 AB	49.0
K3	40.5 AB	38.9 B	55.3 AB	44.9
K4	40.5 AB	46.8 AB	46.2 AB	44.5
Ortalama	40.5 b	49.6 a	51.1 a	
Mg (mg saksı ⁻¹)				
K1	5.63 B	7.66 AB	9.26 A	7.51 a
K2	5.63 B	7.68 AB	7.90 AB	7.07 ab
K3	5.63 B	5.91 B	7.45 AB	6.33 b
K4	5.63 B	7.56 AB	7.45 AB	6.88 ab
Ortalama	5.63 b	7.20 a	8.01 a	
Mn (µg saksı ⁻¹)				
K1	74.4 C	122 AB	168 A	122
K2	74.4 C	140 AB	160 AB	125
K3	74.4 C	120 BC	126 AB	107
K4	74.4 C	139 AB	116 BC	110
Ortalama	74.4 b	130 a	143 a	
Cu (µg saksı ⁻¹)				
K1	9.33 C	14.8 AB	10.9 BC	11.7 ab
K2	9.33 C	17.2 A	13.4 ABC	13.3 a
K3	9.33 C	10.2 BC	11.5 BC	10.3 b
K4	9.33 C	12.6 ABC	16.9 A	12.9 a
Ortalama	9.33 b	13.7 a	13.2 a	

K1 (%50 yemekhane atığı + %25 budama atığı + %25 çim), K2 (%30 yemekhane atığı + %70 budama atığı), K3 (%50 yemekhane atığı + %10 sığır gübresi + %25 budama atığı + %5 çim + %10 yaprak), K4 (%50 yemekhane atığı + %50 budama atığı). * interaksiyon, ** doz, ***kompost: Aynı harfi paylaşan ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak anlamlı değildir ($P>0.01$)

Sonuç

Elde edilen sonuçlar kompost çeşitleri ve dozlarının etkilerinin iki farklı açıdan incelenmesi gerektiğini sonucunu doğurmuştur. Bunlardan ilki, uygulamaların, bitkinin gelişimi yani kuru ağırlığı üzerine olan etkisi açıdan değerlendirilmesidir. Bu açıdan bir değerlendirme yapıldığında, kompost dozlarının bitkinin kuru ağırlığını kontrole göre net olarak artırdığını söylemek mümkündür. Buna göre K1, K2 ve K4 kompostlarından 250 kg da⁻¹ dozunun kuru ağırlık bakımından en uygun olduğu söylenebilir. Doz ortalamaları açısından 250 ve 500 kg da⁻¹ arasında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı için, düşük 250 kg da⁻¹ doz uygulamasının daha ekonomik olması nedeniyle tercih edilmesi önerilir. Bitki kuru ağırlığının en fazla olduğu K1 ve K4 kompostları ise diğerlerine göre daha uygun kaynaklar olarak değerlendirilmiştir. Diğer bir değerlendirme ise bitkinin mineral beslenmesi açısından yapılabilir. Buna göre genellikle kompost dozlarının bitkinin mineral beslenmesine olumlu katkısı olmamış, kompost çeşitlerinin ise bitkinin besin elementi içeriğine etkileri genelde benzer bulunmuştur.

Sonuç olarak, kompostların, iki aylık bir süre içerisinde tam olarak mineralize olmadığını ve bu nedenle marul bitkisine besin elementi sağlayamadığını göstermiştir. Ancak kompost materyallerinin toprak verimliliğine olan dolaylı etkileri sayesinde, bitki gelişimi artmıştır. Bu nedenle, burada kullanılan materyallerden hazırlanan kompostların bitki gelişimine besin elementi sağlayarak da etkili olması için, bitki yetiştirilmeden belirli bir süre önce toprağa karıştırılması ve mineralize olmasının beklenmesi gereklidir. Bu sürenin belirlenmesi, araştırılması gereken konulardandır.

Kaynaklar

- Alagöz Z, Yılmaz E, Öktüren F, 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(2): 245-254
- Ameen F, Al-Homaidan A A, 2021. Compost inoculated with fungi from a mangrove habitat improved the growth and disease defense of vegetable plants. Sustainability, 13(1): 124.
- Atiyeh R M Subler, S, Edwards C A, Bachman G, Metzger J D, Shuster W, 2000. Effects of vermicomposts and composts on plant growth in horticultural container media and soil. Pedobiologia, 44(5): 579-590.
- Aynacı D, Erdal İ, 2016. Eysel atıklardan elde edilen kompostun mısır ve biberin gelişimi ve besin elementi içeriğine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 20(1): 123-128.
- Bouyoucos G D, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. Agron. J., 43: 434-438.
- Bremner J M, 1965. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black, Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series No 9, Madison, Wisconsin, USA.
- Cotrufo M F, Lavalley J M, 2022. Soil organic matter formation, persistence, and functioning: A synthesis of current understanding to inform its conservation and regeneration. Advances in agronomy, 172: 1-66.
- Çağlar K Ö, 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No:10. Ankara.
- Çerçioğlu M, 2019. Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1): 167-178.
- Duran H, Peksen A, Eren E, 2023. Vermicompost, rose oil processing waste compost, and spent coconut fiber as casing material in button mushroom cultivation. Biomass Conversion and Biorefinery, 13(5): 4317-4329.
- Erdal İ, Ekinci K, 2017. Effects of vermicomposts obtained from rose oil processing wastes, dairy manure, municipal open market wastes and straw on plant growth, mineral nutrition, and nutrient uptake of corn. Journal of Plant Nutrition, 40(15): 2200-2208.
- Erdal İ, Ekinci K, 2020. Effects of composts and vermicomposts obtained from forced aerated and mechanically turned composting method on growth, mineral nutrition and nutrient uptake of wheat. Journal of Plant Nutrition, 43(9): 1343-1355.
- Guo X X, Liu H T, Wu S B, 2019. Humic substances developed during organic waste composting: Formation mechanisms, structural properties, and agronomic functions. Science of the total environment, 662: 501-510.
- Gutiérrez-Miceli F A, Santiago-Borraz J, Molina J A M, Nafate C C, Abud-Archila M, Llaven M A O, Dendooven L, 2007. Vermicompost as a soil supplement to improve growth, yield and fruit quality of tomato (*Lycopersicon esculentum*). Bioresource Technology, 98(15): 2781-2786.
- Jackson M L, 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice-Hall. Inc.Eng. Cliff, USA.

- Johnston A E, Poulton P R, Coleman K, 2009. Soil organic matter: its importance in sustainable agriculture and carbon dioxide fluxes. *Advances in agronomy*, 101: 1-57.
- Jones Jr, J B, Wolf B, Mills H A, 1991. *Plant analysis handbook. A practical sampling, preparation, analysis, and interpretation guide.* Micro-Macro Publishing, Inc.
- Joshiand R, Vig A P, 2010. Effect of vermicompost on growth, yield and quality of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.). *African Journal of Basic & Applied Sciences*, 2(3-4): 117-123.
- Kacar B, Katkat V, 2007. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği.* Nobel Yayın Dağıtım.
- Kaya M, Küçükyumuk Z, Erdal I, 2009. Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. *African Journal of Biotechnology*, 8(18): 4508-4513.
- Lindsay W L, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil for zinc, iron, manganese and copper. *SoilScience Society of America Journal* 42 (3):421-8.
- Liu D, Ding Z, Ali E F, Khei A M, Eissa M A, Ibrahim O H, 2021. Biochar and compost enhance soil quality and growth of roselle (*Hibiscus sabdariffa* L.) under saline conditions. *Scientific Reports*, 11(1): 8739.
- Martínez-Blanco J, Lazcano C, Christensen T H, Muñoz P, Rieradevall J, Møller J, Boldrin A, 2013. Compost benefits for agriculture evaluated by life cycle assessment. A review. *Agronomy for sustainable development*, 33: 721-732
- Noble R, 2011. Risks and benefits of soil amendment with composts in relation to plant pathogens. *Australasian plant pathology*, 40: 157-167.
- Olsen S R, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Özenç D B, Yılmaz F I, Tarakçıoğlu C, Aygün S, 2019. Fındıktan üretilen atıkların toprağın fiziko-kimyasal ve biyolojik özelliklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32: 7-13.
- Sharma A, Saha T N, Arora A, Shah R, Nain L, 2017. Efficient microorganism compost benefits plant growth and improves soil health in *Calendula* and *Marigold*. *Horticultural Plant Journal*, 3(2): 67-72.
- Sönmez İ, Kalkan H, Demir H, Külcü R Kaplan M, Yıldız O, 2016. Sera bitki atıkları, kullanılmış kokopit ve atık mantar kompostundan elde edilen kompostların toprakların besin içerikleri üzerine etkileri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 31(3): 21-28.
- Taban S, Turan M A, Katkat A V, 2013. Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10 (1): 9-13.
- Tarakçıoğlu C, Öztürk Y, 2022. Fındık Zuruf Kompostunun Aşılı Domates Bitkisinin Gelişimi ile Bazı Besin Maddesi İçerikleri Üzerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4): 968-975.
- Tüzel Y, Ekinci K, Öztekin G B, Erdal I, Varol N, Merken Ö, 2020. Utilization of olive oil processing waste composts in organic tomato seedling production. *Agronomy*, 10(6): 797.
- Üçok Z, Demir H, Sönmez İ, Polat E, 2019. Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıcık salatada (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32: 63-68.
- Walkley A, Black I A, 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.
- Yavuzkılıç Y, Gülser C, 2024. Fındık atık kompostunun fındıkta verim ve yaprak makro besin elementi içeriğine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 12(1): 59-66.
- Yaylacı C, Erdal İ, 2021. Kimyasal gübrelerle birlikte uygulanan vermikompost kaynaklı hümik maddelerin biberin kısa dönem gelişimi ve mineral beslenmesine etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (31): 809-814
- Yıldız Ş, Ölmez E, Kiriş A, 2009. *Kompost teknolojileri ve İstanbul'daki uygulamaları. Kompostlaştırma Sistemleri ve Kompostun Kullanım Alanları Çalıştayı*, İstanbul.
- Zandvakili O R, Barker A V, Hashemi M Etemadi F, 2019. Biomass and nutrient concentration of lettuce grown with organic fertilizers. *Journal of Plant Nutrition*. 42 (5): 444-57.
- Zhang X, Zhong Y, Yang S, Zhang W, Xu M, Ma A, Liu W, 2014. Diversity and dynamics of the microbial community on decomposing wheat straw during mushroom compost production. *Bioresource technology*, 170: 183-195.



Topraksız kültürde besin çözeltisindeki N:S oranlarının domates bitkisinin gelişimi, fotosentetik pigmentleri ve makro besin içeriği üzerine etkileri

 Güney AKINOĞLU*

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

Öz

Bu çalışmada, topraksız yetiştiricilikte besin çözeltisindeki Azot (N) : Kükürt (S) oranındaki değişimin domates bitkisinde gelişme, makro besin kapsamı ve fotosentetik pigmentler üzerine etkisi incelenmiştir. Denemede 2:1 torf: perlit (v/v) karışımından her saksı için 1500 gram alınıp 3 litrelik saksılara konulmuştur. Her saksıya bir domates fidesi (Kardelen F1 çeşidi) dikilmiştir. Bitkilere farklı N ve S konsantrasyonlarına (mM) sahip besin çözeltisi uygulamaları [I] 12.5:0.125 (N_{12.5}:S_{0.125}), [II] 11.5:0.625 (N_{11.5}:S_{0.625}), [III] 10.5:1.125 (N_{10.5}:S_{1.125}), [IV] 9.5:1.625 (N_{9.5}:S_{1.625})] yapılmıştır. Deneme tamamen tesadüfi deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Besin çözeltisindeki N:S dengesindeki değişimin, bitkinin gövde ve yaprak kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunurken; bitkinin kök kuru ağırlığı, boyu, bitki gövde çapı, bitki yaprak sayısı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Azotun azaltılırken kükürtün artırıldığı besin çözeltisi uygulaması yaprakta klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamalarını azaltmıştır. En yüksek klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriği N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasında; en düşük ise N_{9.5}:S_{1.625} uygulamasında elde edilmiştir. Besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişimin, yaprakta N, K, Ca, Mg ve S kapsamına etkisi önemli iken; P kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Domates, topraksız kültür, N/S oranı, gelişme, fotosentetik pigmentler.

The effects of N:S ratios in nutrient solution on the growth, photosynthetic pigments and macronutrient content of tomato plants in soilless culture

Abstract

In this study, the effects of changes in the N (Nitrogen) : S (Sulphur) ratio of the nutrient solution in soilless cultivation on the growth, macronutrient content, and photosynthetic pigments of tomato plants were investigated. One thousand five hundred grams (1500 g) of the substrate (2:1 peat: perlite (v/v) mixture) was added to each 3-litre pot. A tomato seedling (Kardelen F1 variety) was planted in each pot. Plants were fed with nutrient solution treatments [I] 12.5:0.125 (N_{12.5}:S_{0.125}), [II] 11.5:0.625 (N_{11.5}:S_{0.625}), [III] 10.5:1.125 (N_{10.5}:S_{1.125}), [IV] 9.5:1.625 (N_{9.5}:S_{1.625})] with different N and S concentrations (mM). The study was conducted with three replicates according to a completely randomized experimental design. The effect of the changes in N:S balance in the nutrient solution on the stem and leaf dry weight of the plant was significant, while its effect on the root dry weight, plant height, stem diameter, and leaf number of the plant was not significant. The increase in S concentration and the simultaneous decrease in N concentration in the nutrient solution reduced the content of chlorophyll-a, chlorophyll-b, and total chlorophyll in the leaf. The highest levels of chlorophyll-a, chlorophyll-b, and total chlorophyll were obtained in treatment N_{12.5}:S_{0.125} and the lowest in treatment N_{9.5}:S_{1.625}. The effect of the change in N:S ratios in the nutrient solution on the N, K, Ca, Mg, and S content in the leaves was found to be significant, while the effect on the P content was not significant.

Keywords: Tomato, soilless culture, N/S ratio, growth, photosynthetic pigments.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (542) 693 8570

E-posta : guneay.akinoglu@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 8 Temmuz 2024

Kabul Tarihi : 1 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1512518

Giriş

Dünya genelinde 2022 yılı itibarıyla domates, 4.91×10^6 ha ekili alanı ve 1.86×10^8 kg tahmini üretimi ile en önemli bahçe mahsullerinden biridir (Jiang ve ark., 2024). Domates, yüksek tüketim oranı ve içeriğindeki sağlık açısından faydalı bileşikler nedeniyle, modern diyetin vazgeçilmez bir bileşeni olarak kabul edilmektedir (Dorais ve ark., 2010).

Son yıllarda seralarda topraksız domates yetiştiriciliği hızla artış göstermektedir (Anzalone ve ark., 2022). Birçok topraksız yetiştirme sistemi, "yetiştirme ortamı" veya "substrat" olarak adlandırılan katı köklendirme ortamlarına dayanmaktadır (Gruda ve ark., 2010). Topraksız yetiştiricilikte besin çözeltisinin bileşimi daha verimli bir şekilde kontrol edilebilmekte ve bitki ihtiyaçlarına daha uygun besin oranları sağlanabilmektedir (Nascimento ve ark., 2020).

Azot (N), bitki büyümesi ve gelişimi için en önemli besin elementlerinden biri olup, özellikle domates üretiminde en sınırlayıcı besin maddesi olarak kabul edilmektedir (Elia ve Conversa, 2012). Azot, proteinlerin, enzimlerin ve nükleik asitlerin kritik bir bileşeni olarak birçok fizyolojik ve metabolik süreçte rol oynar ve domates bitkilerinin yapısal bileşiminin temelini oluşturur (Albornoz, 2016).

Kükürt (S), bitkiler de dâhil olmak üzere tüm canlı organizmaların temel elementlerinden biridir (Narayan ve ark., 2023). Bu element, metiyonin ve sistein gibi proteinli amino asitlerin, glutatyon, vitaminler (biyotin ve tiamin), fitoşelatinler, klorofil, koenzim A ve S-adenosil metiyonin gibi bileşiklerin önemli bir bileşenidir (Li ve ark., 2020; Nakai ve Maruyama-Nakashita, 2020). Kükürt, bitkilerin büyüme ve gelişimini, beslenme kalitesini, hastalık toleransını ve direncini önemli ölçüde etkiler (Abdalla ve ark., 2020; Meschede ve ark., 2020; Kopriva ve ark., 2019).

Yetiştirme ortamında bulunan N ve S besinleri, bitki dokularındaki besin alımını ve her iki besin maddesinin konsantrasyonunu etkileyebilmektedir (Sutradhar ve ark., 2017; Carciochi ve ark., 2019). Kükürt ve nitrojen, bitkilerde protein sentezi için hayati öneme sahiptir ve bu elementlerin bulunabilirliği birbirine yakından bağlıdır (Jamal ve ark., 2010). Ayrıca, bitkinin S durumu N metabolizması üzerinde güçlü bir etkiye sahiptir ve S gereksinimi N beslenmesi ile yakından ilişkilidir (Zenda ve ark., 2021).

Genel olarak, bitki performansı yalnızca yeterli S mevcutsa, N uygulanmasıyla maksimuma çıkarılabilir ve benzer şekilde, S uygulamasına maksimum yanıt yalnızca yeterli N mevcutsa ortaya çıkabilir. Dolayısıyla, S eksikliği N kullanımının etkinliğini azaltabilir ve ters yönde de benzer bir reaksiyon beklenir, yani N eksikliği S kullanımının etkinliğini etkiler (Pagani ve ark., 2009; Ghafoor ve ark., 2021). Bitkilerde N, protein formunda bulunur ve S, iki temel amino asit olan sistein ve metioninin bir bileşenidir. Bu elementlerin yokluğunda bu amino asitlerin üretimi azalır ve bunları içeren proteinler oluşmaz. Bu nedenle, gübreleme sırasında S ile birlikte N formuna bağlı olarak bitkinin metabolizması değişebilir (Marschner, 2012). Ayrıca, hem N hem de S sinerjik etkilere sahip olabilir ve meyve üretimini, olgunlaşmasını ve kalitesini bir dereceye kadar etkileyebilir (Marschner, 2012). Silva ve ark. (2014), N ve S arasındaki dengenin önemli olduğunu, çünkü besin maddelerinden birinin daha yüksek oranlarda kullanılmasının diğerinin bitkiler için daha az kullanılabilir olmasına neden olabileceğini ve bunun da ürünün büyüme, verim ve hasat sonrası kalite özelliklerini etkileyebileceğini bildirmiştir.

Bu çalışmada, topraksız yetiştiricilikte katı ortam kültürüne uygulanan besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişimin domates bitkisinde gelişme, makro besin kapsamı ve fotosentetik pigmentler üzerine etkisi incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışma, 2022 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama alanındaki polikarbon örtülü, ısıtmasız serada yürütülmüştür. Yan yüzeylerden havalandırması olan seranın alanı yaklaşık 96 m^2 'dir. Denemenin yürütüldüğü araştırma alanı, $41^\circ 21'$ kuzey enlemi, $36^\circ 11'$ doğu boylamındadır. Ayrıca, denemenin yürütüldüğü ayların ortalama gündüz sıcaklığı ve nispi nem değerleri sırasıyla $29 \pm 4^\circ\text{C}$ ve $55 \pm 5\%$ olarak kaydedilmiştir. Denemede sırik domates çeşiti (*Lycopersicon esculentum* L. cv. Kardelen F1) fideleri her saksıya bir bitki gelecek şekilde 7 Temmuz 2022 tarihinde dikilmiştir. Domates fideleri Antalya'da fide üretimi yapan firma tarafından tedarik edilmiştir. Deneyde, yetiştirme ortamı için turba ve perlit 2:1 (v/v) oranında karıştırılmıştır. Turba yosunu (Klasmann), turba yosunu (Sphagnum) cinsine ait, su tutma kapasitesi yüksek, pH değeri 5.5 ile 6.0 arasında olan bir yosundur. Genleşmiş mineral perlit, nötr pH'ya ve yüksek havalandırma kapasitesine sahip, inert, tuz içermeyen bir

substrattır. 3 L kapasiteli, 16.5 cm çapında ve 19.0 cm derinliğindeki her bir saksıya bin beş yüz gram (1500 g) substrat konulmuştur. Drenaj için saksıların dibine delikler açılmıştır.

Substrat kültürüne eklenen besin çözeltisindeki azotun azaltılması veya kükürt içeriğinin arttırılması ve makro elementlerin konsantrasyonu ile ilgili konular Çizelge 1’de verilmiştir. Domates bitkisine (Kardelen F1 çeşidi) [Alpaslan ve ark. \(1998\)](#) tarafından önerilen besin çözeltisi formülü uygulanmıştır. Farklı azot ve kükürt konsantrasyonlarına sahip tüm besin çözeltilerinde toplam kasyonlar (NH_4^+) + K^+ + Ca^{+2} + Mg^{+2} = 13.5 me L⁻¹) ve toplam anyonlar (NO_3^- + H_2PO_4^- + SO_4^{-2} = 13.5 me L⁻¹) dengededir. Bitki besin çözeltilerinin pH değeri 1.0 M KOH veya H₂SO₄ çözeltisi ile 5.5’e ayarlanmıştır. Besin çözeltisi hazırlığında kullanılan reaktiflerin tümü analitik saflıktadır.

Çizelge 1. Uygulamalara bağlı olarak besin çözeltisindeki makro elementlerin konsantrasyonu

N ve S konsantrasyonları mM	Makro-besin solüsyonu kompozisyonları	NO ₃ ⁻	H ₂ PO ₄ ⁻	SO ₄ ⁻²	NH ₄ ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²
		mM						
N_{12.5} : S_{0.125}	12.5 mM N	12.00	1.25	0.125	0.5	5.25	2.75	1.125
	1.25 mM KH ₂ PO ₄		1.25			1.25		
	2.75 mM Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	5.50					2.75	
	0.50 mM NH ₄ NO ₃	0.50			0.50			
	4.00 mM KNO ₃	4.00				4.00		
	0.125 mM MgSO ₄ ·7H ₂ O				0.125			0.125
	1.00 mM Mg(NO ₃) ₂	2.00						1.00
N_{11.5} : S_{0.625}	11.5 mM N	11.00	1.25	0.625	0.5	5.25	2.75	1.125
	1.25 mM KH ₂ PO ₄		1.25			1.25		
	2.75 mM Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	5.50					2.75	
	0.50 mM NH ₄ NO ₃	0.50			0.50			
	4.00 mM KNO ₃	4.00				4.00		
	0.625 mM MgSO ₄ ·7H ₂ O				0.625			0.625
	0.50 mM Mg(NO ₃) ₂	1.00						0.50
N_{10.5} : S_{1.125}	10.5 mM N	10.00	1.25	1.125	0.5	5.25	2.75	1.125
	1.25 mM KH ₂ PO ₄		1.25			1.25		
	2.75 mM Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	5.50					2.75	
	0.50 mM NH ₄ NO ₃	0.50			0.50			
	4.00 mM KNO ₃	4.00				4.00		
	1.125 mM MgSO ₄ ·7H ₂ O				1.125			1.125
N_{9.5} : S_{1.625}	9.5 mM N	9.00	1.25	1.625	0.5	5.25	2.75	1.125
	1.25 mM KH ₂ PO ₄		1.25			1.25		
	2.75 mM Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	5.50					2.75	
	0.50 mM NH ₄ NO ₃	0.50			0.50			
	3.00 mM KNO ₃	3.00				3.00		
	0.5 mM K ₂ SO ₄				0.50	1.00		
	1.125 mM MgSO ₄ ·7H ₂ O			1.125				1.125

Denemede kullanılan dört farklı besin çözeltisindeki mikro element konsantrasyonları aynı olup bu konsantrasyonlara ilişkin değerler Çizelge 2’de verilmiştir. Farklı deneme konularını içeren besin çözeltisi uygulamaları dikimle beraber başlatılmış, her saksıya yaklaşık 30 gün her gün 150 mL besin çözeltisi uygulanmıştır. Çiçeklenmeden veya meyve tutumu başlangıcından sonra ise bitki başına her saksıya günde 300 mL besin çözeltisi uygulanmıştır. Deneme süresince saksılardaki drenaj kontrol edilerek saksıların nem içeriği tarla kapasitesi civarında tutulmuştur. Domates bitkileri 7 Ekim 2022 tarihinde hasat edilmiştir.

Çizelge 2. Besin çözeltisindeki mikro elementlerin konsantrasyonu

Mikro besinler (µM)					
Fe	Mn	Cu	Zn	B	Mo
40	5	0.75	4	30	0.5

Domates bitkilerinde yapılan ölçüm, gözlem ve analizler

Yaprak sayısı, bitki boyu (cm) ve gövde çapı (mm)

Hasattan hemen önce, gözlem bitkisinde yaprak sayıları tespit edilmiş, bitki boyu ölçümleri yapılmıştır. Bitkilerde kök boğazı ile büyüme ucu arasındaki mesafe şerit metre ile bitki boyu olarak ölçülmüştür. Substrat yüzeyinin 5 cm yukarisından 0.01 mm'ye duyarlı dijital kumpas ile gövde çapı ölçümleri yapılmıştır.

Kök, gövde ve yaprak vejetatif kuru ağırlıkları (g)

Hasat dönemine ulaşmış domates bitkisi, bıçak ile kök boğazı kısmından kesilerek ayrılmıştır. Domates bitkisinin topraküstü aksamalarına (gövde+yaprak) ek olarak, kökleri de substrat ortamından temizlenerek çıkartılmıştır. Bitkilerin kökleri, musluk suyu altında, kayıp olmayacak şekilde yıkanarak temizlenmiş ve daha sonra bu köklerin kurutma kağıdı ile nemi alınmış ve oda koşullarında 15 dakika süreyle bekletilmiştir. Son olarak kısımlarına ayrılmış domates bitkileri, kese kâğıtlarına koyulmuş ve 65-80°C'ye ayarlı etüvde (Nüve, ES-500, Türkiye) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra 0.001 g'a duyarlı dijital hassas terazide (Precisa, XB-620M, Switzerland) tartılarak, kök, gövde ve yaprak vejetatif kuru ağırlıkları tespit edilmiştir.

Bitkinin taze yaprağında klorofil ve karotenoid konsantrasyonunun belirlenmesi

Klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil ve karotenoid konsantrasyonunu belirlemek amacıyla domates bitkisinin tam gelişmiş, sağlıklı yapraklarından hasattan 1 hafta önce taze yaprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde, Arnon (1949); Witham ve ark., (1971) tarafından bildirildiği şekilde klorofil ve karotenoid analizi yapılmış ve analiz sonuçları bitkide mg g⁻¹ taze madde (TM) olarak ifade edilmiştir.

Kuru yaprakta makro element (N, P, K, Ca, Mg, SO₄²⁻-S) tayinleri

Kurutulmuş ve öğütülmüş domates bitkisinin yaprak numuneleri hacimce (% v/v) 4:1'lik nitrik : perklorik asit karışımı içerisinde ve hot plate üzerinde yaklaşık bir saat 200°C'de yakılma işlemine maruz bırakılmıştır. Yakma işleminin ardından örneklerin son hacmi 100 mL olacak şekilde saf su ile tamamlanmıştır. Böylece elde edilen bitki ekstraktlarındaki toplam potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve kükürt tayinleri, Kacar ve İnal (2008)'e göre belirlenmiştir. Kurutulmuş ve öğütülmüş domates bitkisinin yaprak numunelerinde toplam azot (N) kapsamı ise modifiye Kjeldahl yaş yakma yöntemiyle tayin edilmiştir (Bremner ve Mulvaney, 1982).

İstatistiksel analizler

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre her uygulamada 3 tekerrür ile kurulmuş ve toplamda 12 saksı kullanılmıştır. Verilerin varyans analizi ile incelenmesinde, SPSS 17.0 paket programından yararlanılarak Fisher LSD çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır ve farklılık dereceleri, %5 düzeyinde harflendirme yoluyla gösterilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Morfolojik gelişme üzerine etkisi

Besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişim, bitki gövde kuru ağırlığını p<0.01 seviyesinde etkilerken; bitki yaprak kuru ağırlığını p<0.05 seviyesinde etkilemiştir. Buna karşın, N:S oranındaki değişimin, bitki boyuna, gövde çapına, yaprak sayısına ve kök kuru ağırlığına etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. N:S dengesindeki değişimin domates bitkisinde morfolojik gelişme üzerine etkisi

N:S oranı	Bitki boyu (cm)	Bitki gövde çapı (mm)	Bitkide yaprak sayısı (adet)	Kök kuru ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)	Yaprak kuru ağırlığı (g)
N _{12.5} :S _{0.125}	175.00	15.35	16.00	6.0	33.1 b	39.3 a
N _{11.5} :S _{0.625}	167.33	15.87	14.66	5.5	31.0 b	41.1 a
N _{10.5} :S _{1.125}	185.00	15.31	15.00	5.3	38.4 a	39.0 a
N _{9.5} :S _{1.625}	163.66	14.09	13.66	5.0	32.3 b	34.8 b
LSD _{0.05}	-	-	-	-	2.67	3.48
Önemlilik seviyesi	ns	ns	ns	ns	**	*

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde anlamlı bir fark yoktur; ns: Anlamlı değil; *%5 düzeyinde anlamlı, **%1 düzeyinde anlamlı

Besin çözeltisinde azotun azaltılırken kükürtün 0.125 mmol/L seviyesinden 1.125 mmol/L düzeyine kadar arttırılması bitki gövde kuru ağırlığını arttırmıştır. Buna karşın, N_{12.5}:S_{0.125}, N_{11.5}:S_{0.625}, N_{9.5}:S_{1.625} uygulamalarında bitki gövde kuru ağırlığı benzer bulunmuştur (Çizelge 3).

Besin çözeltisinde azotu azaltırken kükürt kapsamını 0.125 mmol/L düzeyinden 0.625 ve 1.125 mmol/L seviyesine kadar arttırılması halinde bitki yapraklarının kuru ağırlığı benzer kalmış; fakat kükürt 1.625 mmol/L seviyesine yükseltildiğinde yaprak kuru ağırlığı önemli bir şekilde azalma göstermiştir (Çizelge 3). [Nukaya ve Hashimoto \(1998\)](#) tarafından yapılan bir araştırmada, topraksız kültürde domates bitkilerinde S konsantrasyonunun 1.0 mM'den 3.8 mM'ye yükseltilmesinin bitki gelişimi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı gözlemlenmiştir. Öte yandan, çeşitli araştırmalarda N ve S gübrelere uygulanmasıyla birlikte bitkilerin gelişim parametrelerinde iyileşmelerin olduğu tespit edilmiştir. [Javaid ve ark. \(2024\)](#) tarafından yapılan bir çalışmada, ayçiçeği bitkisinin büyüme parametrelerinin en yüksek değerlerine, 60 kg S/ha ve 40 kg N/ha düzeylerinde gübre uygulamalarında ulaşıldığı, en düşük değerlerin ise sülfür (S) veya azot (N) içermeyen (0 kg/ha) saksılarda gözlemlendiği bildirilmiştir.

Fotosentetik pigmentler üzerine etkisi

Besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişimin domates bitkisi yaprağında fotosentetik pigmentler üzerine etkisi $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. N:S dengesindeki değişimin domates bitkisi yapraklarında fotosentetik pigmentler üzerine etkisi

N:S oranı	Klorofil-a (mg/g taze yaprak)	Klorofil-b (mg/g taze yaprak)	Toplam Klorofil (mg/g taze yaprak)	Karotenoid (mg/g taze yaprak)
N _{12.5} :S _{0.125}	1.11 a	0.39 a	1.50 a	0.26 a
N _{11.5} :S _{0.625}	0.85 b	0.32 b	1.17 b	0.21 b
N _{10.5} :S _{1.125}	0.91 b	0.31 b	1.22 b	0.21 b
N _{9.5} :S _{1.625}	0.74 c	0.26 c	1.00 c	0.19 b
LSD _{0.05}	0.09	0.04	0.13	0.03
Önemlilik seviyesi	**	**	**	**

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde anlamlı bir fark yoktur; **%1 düzeyinde anlamlı

Azotun azaltılırken kükürtün arttırıldığı besin çözeltisi uygulaması, yaprakta klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamını azaltmıştır. En yüksek klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriği N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasında; en düşük ise N_{9.5}:S_{1.625} uygulamasında elde edilmiştir. Yaprakta karotenoid kapsamı N_{11.5}:S_{0.625}, N_{10.5}:S_{1.125}, N_{9.5}:S_{1.625} uygulamalarında benzer miktarlarda bulunmuş; fakat bu uygulamalarda N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasına göre yaprakta karotenoid kapsamı azalma göstermiştir. (Çizelge 4). Tüm temel besin maddeleri arasında, azot (N), bitki yetiştiriciliği için en temel elementtir ([Prieto ve ark., 2017](#)). Bu element, klorofilin önemli bir bileşenidir ([Dawar ve ark., 2023](#)). Kükürt ise klorofilin oluşumunda önemli bir rol üstlenir ([Javaid ve ark., 2024](#)). Kara bitkileri ve alglerin fotosentetik sisteminde bulunan en bol pigment olan klorofil, fotosentez sırasında ışık enerjisinin absorbe edilmesi ve elektronların aktarılması için vazgeçilmez bir pigmenttir ([Hu ve ark., 2021](#)). Dolayısıyla, azottaki sınırlanmanın bitkilerde fotosentez sürecini önemli ölçüde etkilediği bilinmektedir ([Tiancai ve ark., 2004](#)). Çalışmamızda, azotun; klorofil-a, klorofil-b ve karotenoidlerin pigment konsantrasyonu üzerindeki etkisi belirgindir. Tüm pigmentlerin konsantrasyonu azotlu gübre uygulama dozu düştükçe azalma göstermiştir. Araştırma bulgularımız, çeşitli literatür bulguları ([Wang ve ark., 2021](#); [Muhammad ve ark., 2022](#)) ile tutarlılık göstermiştir.

Makro besin kapsamı üzerine etkisi

Besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişimin, yaprakta N, K, Ca, Mg ve S kapsamına etkisi $p < 0.01$ seviyesinde önemli iken; P kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur (Çizelge 5). Besin çözeltisindeki azot konsantrasyonu azaldıkça ya da kükürt konsantrasyonu arttıkça yaprakta azot kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. Aynı şekilde azot konsantrasyonu azaldıkça yaprakta Ca kapsamı azalma göstermiş, bu azalmalar N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasındaki Ca kapsamına göre önemli bulunmuştur. Benzer şekilde, N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasındaki Mg kapsamına göre azot konsantrasyonunun azaldığı ya da kükürt konsantrasyonunun arttığı diğer uygulamalarda yaprakta Mg kapsamı önemli derecede azalma göstermiştir. Buna rağmen azotun azaltılması ya da kükürtün arttırılması yaprakta K kapsamını arttırmıştır. Fakat bu artışlar N_{10.5}:S_{1.125} ve N_{9.5}:S_{1.625} uygulamalarında N_{12.5}:S_{0.125} uygulamasına göre önemli bulunmuştur. Besin çözeltisinde azotun azaltılması ya da kükürtün arttırılması yaprakta S kapsamını önemli derecede arttırmıştır (Çizelge 5). Zenda ve ark. (2021), N ve S uygulama dozlarının bitkilerin besin alımını etkilediğini bildirmiştir. Başka bir

çalışmada ise ayçiçeği bitkisine kükürtün ve azotun kombine uygulamasının ($S \times N$ etkileşiminin), K^+ , Ca^{+2} ve Na^+ iyonları alımı üzerinde etkisinin önemli olmadığı bildirilmiştir (Javaid ve ark., 2024). Çalışmamızda ayrıca, domates bitkisinin N, P, K, Ca, Mg ve S beslenmesinin, Hochmuth ve ark. (2012) tarafından bildirilen değerlere göre yeterli ve yüksek olduğu görülmüştür.

Çizelge 5. N:S dengesindeki değişimin domates bitkisi yapraklarında makro element kapsamı üzerine etkisi

N:S oranı	N, %	P, %	K, %	Ca, %	Mg, %	S, %
$N_{12.5}:S_{0.125}$	3.72 a	0.25	2.84 b	2.04 a	0.79 a	0.30 d
$N_{11.5}:S_{0.625}$	3.56 b	0.24	2.90 b	1.98 b	0.65 c	0.36 c
$N_{10.5}:S_{1.125}$	3.43 c	0.26	3.00 a	1.97 b	0.68 c	0.41 b
$N_{9.5}:S_{1.625}$	3.28 d	0.24	3.04 a	1.92 c	0.72 b	0.50 a
LSD _{0.05}	0.05	-	0.06	0.03	0.03	0.03
Önemlilik düzeyi	**	ns	**	**	**	**

Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasında 0.05 düzeyinde anlamlı bir fark yoktur; ns: Anlamlı değil; **%1 düzeyinde anlamlı

Sonuç

Besin çözeltisindeki N:S oranındaki değişimin, bitkinin gövde ve yaprak kuru ağırlığı üzerine etkisi önemli bulunurken; bitkinin kök kuru ağırlığı, boyu, bitki gövde çapı, bitki yaprak sayısı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Azotun azaltılırken kükürtün artırıldığı besin çözeltisi uygulaması yaprakta klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil kapsamalarını azaltmıştır. En yüksek klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil içeriği $N_{12.5}:S_{0.125}$ uygulamasında; en düşük ise $N_{9.5}:S_{1.625}$ uygulamasında elde edilmiştir. Besin çözeltisindeki N:S dengesindeki değişimin, yaprakta N, K, Ca, Mg ve S kapsamına etkisi önemli iken; P kapsamına etkisi önemsiz bulunmuştur. Sonuç olarak, topraksız yetiştiricilikte bitki besin çözeltisindeki N/S dengesinin doğru bir şekilde sağlanması, bitki gelişimini desteklemek, fotosentetik verimliliği artırmak ve makro besin alımını optimize etmek için kritik bir öneme sahiptir.

Teşekkür

Bu çalışma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: PYO.ZRT.1908.22.015). Çalışmanın desteklenmesinden dolayı BAPKOP - BAPSİS birimine teşekkür etmeyi bir borç bilirim.

Kaynaklar

- Abdalla MA, Meschede CAC, Mühlhng KH, 2020. Selenium foliar application alters patterns of glucosinolate hydrolysis products of pak choi *Brassica rapa* L. var. Chinensis. *Scientia Horticulturae*, 273(9): 109614.
- Albornoz F, 2016. Crop responses to nitrogen overfertilization: A review. *Scientia Horticulturae*, 205: 79-83.
- Alpaslan M, Güneş A, Inal A, 1998. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Yayın No: 1501, Ziraat Fakültesi Ders Kitabı: 455, ISBN: 975-482-438-X, p. 437, Ankara.
- Anzalone A, Mosca A, Dimaria G, Nicotra D, Tessitori M, Privitera GF, Pulvirenti A, Leonardi C, Catara V, 2022. Soil and soilless tomato cultivation promote different microbial communities that provide new models for future crop interventions. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(15): 8820.
- Arnon D, 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. *Plant Physiology*, 24(1), 1-12.
- Bremner JM, Mulvaney CS, 1982. Total nitrogen. In: *Methods of Soil Analysis*, (eds. Page AL, Miller RH, Keeny, DR), American Society of Agronomy and Soil Science Society of America, Madison, pp. 1119-1123.
- Carciochi WD, Reussi Calvo NI, Wyngaard N, Divito GA, Eyherabide M, Echeverría HE, 2019. Prognosis and diagnosis of sulfur status in maize by plant analysis. *European Journal of Agronomy*, 108: 1-10.
- Coletto I, de la Peña, M, Rodríguez-Escalante, J, Bejarano I, Glauser G, Aparicio-Tejo PM, González-Moro MB, Marino D, 2017. Leaves play a central role in the adaptation of nitrogen and sulfur metabolism to ammonium nutrition in oilseed rape (*Brassica napus*). *BMC Plant Biology*, 17: 157.
- Dawar K, Khan AA, Jahangir MMR, Mian IA, Khan B, Ahmad B, Fahad S, Moustafa M, Al-Shehri M, Mubashir M, Datta R, Danish S, 2023. Effect of nitrogen in combination with different levels of sulfur on wheat growth and yield. *ACS Omega*, 8(1): 279-288.
- Dorais M, Papadopoulos AP, Gosselin A, 2010. Greenhouse tomato fruit quality. In: *Horticultural Reviews*; Wiley: Hoboken, NJ, USA, pp. 239-319.
- Elia A, Conversa G, 2012. Agronomic and physiological responses of a tomato crop to nitrogen input. *European Journal of Agronomy*, 40: 64-74.

- Ghafoor I, Habib-ur-Rahman M, Ali M, Afzal M, Ahmed W, Gaiser T, Ghaffar A, 2021. Slow-release nitrogen fertilizers enhance growth, yield, NUE in wheat crop and reduce nitrogen losses under an arid environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 28: 43528-43543.
- Gruda N, Qaryouti MM, Leonardi C, 2013. Growing media. In: *Good Agricultural Practices for Greenhouse Vegetable Crops: Principles for Mediterranean Climate Areas*; FAO: Rome, Italy.
- Hochmuth GJ, Maynard D, Vavrina C, Hanlon E, Simonne E, 2012. "Plant tissue analysis and interpretation for vegetable crops in Florida: HS964/EP081 Rev. 10/2012". EDIS, 2012(10). Gainesville, FL.
- Hu X, Gu T, Khan I, Zada A, Jia T, 2021. Research progress in the interconversion, turnover and degradation of chlorophyll. *Cells*, 10(11): 3134.
- Jamal A, Moon YS, Abdin MZ, 2010. Sulphur -a general overview and interaction with nitrogen. *Australian Journal of Crop Science*, 4(7): 523-529.
- Javaid K, Mahmood A, Najeeb Alawadi HF, Saad Ullah M, Seleiman MF, Ameen M, Asghar A, Ali N, (2024). Synergic effect of sulfur and nitrogen on morpho-physiological and biochemical traits of sunflower. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 52(2), 13584.
- Jiang X, Fan M, Wang T, Gong S, Hao W, Ye Y, Zhao Y, Cui N, Zhao H, Zhao L, 2024. Modeling tomato yield and quality responses to water and nitrogen deficits with a modified crop water production function. *Horticulturae*, 10(9): 898.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti. Yayınları, Yayın No: 1241; Fen Bilimleri: 63, (I. Basım) Ankara.
- Kopriva S, Malagoli M, Takahashi H, 2019. Sulfur nutrition: Impacts on plant development, metabolism, and stress responses. *Journal of Experimental Botany*, 70(16): 4069-4073.
- Marschner P, 2012. *Marschner's mineral nutrition of higher plants*. (3rd ed.). Academic Press.
- Meschede CAC, Abdalla MA, Mühling KH, 2020. Sulfur but not nitrogen supply increases the ITC/Nitrile ratio in Pak Choi (*Brassica rapa* subsp. *Chinensis* (L.) Hanelt). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 93: 95-104.
- Muhammad I, Yang L, Ahmad S, Farooq S, Al-Ghamdi AA, Khan A, Zeeshan M, Elshikh MS, Abbasi AM, Zhou X-B, 2022. Nitrogen fertilizer modulates plant growth, chlorophyll pigments and enzymatic activities under different irrigation regimes. *Agronomy*, 12: 845.
- Nakai Y, Maruyama-Nakashita A, 2020. Biosynthesis of sulfur-containing small biomolecules in plants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(10): 3470.
- Narayan OP, Kumar P, Yadav B, Dua M, Johri AK, 2023. Sulfur nutrition and its role in plant growth and development. *Plant Signaling & Behavior*, 18(1): 2030082.
- Nascimento CS, Nascimento CS, Cecílio ABF, 2020. N:K ratio for phenological growth stages of net melon cultivated in NFT hydroponic system. *Revista Caatinga*, 33(1), 108-115.
- Nukaya A, Hashimoto H, 1998. Effects of nitrate, chloride and sulfate ratios and concentration in the nutrient solution on yield, growth and mineral uptake characteristics of tomato plants grown in closed rockwool system. In *Proceedings of the XXV International Horticultural Congress, Part 1: Culture Techniques with Special Emphasis on Environmental Implications-511*; International Society for Horticultural Science: Leuven, Belgium, pp. 165-172.
- Pagani A, Echeverría HE, Sainz Rozas H, 2009. Respuesta a nitrógeno y azufre en el cultivo de maíz en diferentes ambientes de la Provincia de Buenos Aires [Corn response to nitrogen and sulfur under different environments in the province of Buenos Aires]. *Ciencia del Suelo*, 27(1): 21-29.
- Prieto KR, Echaide-Aquino F, Huerta-Robles A, Valério HP, Macedo-Raygoza G, Prado FM Medeiros MHG, Brito HF, da Silva IGN, Felinto MCFC. et al. 2017. Endophytic bacteria and rare earth elements; promising candidates for nutrient use efficiency in plants. In: *Plant Macronutrient Use Efficiency: Molecular and Genomic Perspectives in Crop Plants* (eds. Hossain MA, Kamiya T, Burritt DJ, Tran L-SP, Fujiwara T), Elsevier, pp. 285-306.
- Salvagiotti F, Castellarín JM, Miralles DJ, Pedrol HM, 2009. Sulfur fertilization improves nitrogen use efficiency in wheat by increasing nitrogen uptake. *Field Crops Research*, 113(2): 170-177.
- Silva MLS, Trevizam AR, Piccolo MC, Furlan G, 2014. Tomato production in function of sulfur rates application. *Applied Research & Agrotechnology*, 7(1): 47-54.
- Sutradhar AK, Kaiser DE, Fernández FG, 2017. Does total nitrogen/sulfur ratio predict nitrogen or sulfur requirement for corn? *Soil Science Society of America Journal*, 81(3): 564-577.
- Tiancai G, Wei F, Huijie Z, Guodian X, Huacen W, Yonghua W, Zhanjun Y, 2004. Photosynthetic characteristics of flag leaves and nitrogen effects in two winter wheat cultivars with different spike type. *Zuo Wu Xue Bao*, 30: 115-121.

- Wang N, Fu F, Wang H, Wang P, He S, Shao H, Ni Z, Zhang X, 2021. Effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll content, dry matter and nitrogen accumulation in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Scientific Reports, 11:16651.
- Witham FH, Blaydes DF, Devlin RM, 1971. Experiments in plant physiology. Van Nostrend Reinhold Company, New York.
- Zenda T, Liu S, Dong A, Duan H, 2021. Revisiting sulphur—The once neglected nutrient: It's roles in plant growth, metabolism, stress tolerance and crop production. Agriculture, 11(7): 626.



Açık arazi koşullarında yetiştirilen Nergis çiçeğine (*Narcissus spp.*) farklı sıvı gübre uygulamalarının etkisi**

Hücçet VURAL^{1*}, Remziye CENGİZ²

¹Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Bingöl

²Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl

Öz

Nergis (*Narcissus ssp.*), Amaryllidaceae (Nergisler) familyasına ait soğanlı bir süs bitkisidir. Kesme çiçek olarak kullanılmasının yanında park ve bahçelerde dış mekan bitkisi olarak, balkon ve iç mekânlarda ise saksılı bitki olarak kullanılmaktadır. Araştırmada; iki farklı nergis çeşidine (Sempre Avanti ve Barret Browning) organik kökenli altı farklı sıvı gübrenin (Mineral katkılı organik sıvı gübre-I, Organik sıvı gübre-II, Fındık sirkesi, Tavuk gübresi sirkesi, Ticari sıvı gübre, Humik asit) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, Elazığ ilinde açık arazi (tarla) koşullarında üç tekerrürlü tesadüf parselleri deneme deseni yöntemi ile oluşturulan deneme sonucunda bitkinin gelişimi, tam çiçeklenme süresi, çiçek boyu, çiçek iç genişliği, çiçek çapı, toplam çiçek boyu, yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu parametreleri incelenmiştir. Çalışma sonucunda her iki nergis çeşidinde incelenen parametreler bakımından kullanılan gübreye bağlı olarak kontrol grubuna göre anlamlı farklılıklar görülmüştür ($p < 0.05$). Gübreler içerisinde en iyi sonuç organik sıvı gübre-II uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Sempre Avanti çeşidi için kontrol grubuna göre organik sıvı gübre-II uygulanan bitkilerde tam çiçeklenme süresi 13 gün önce gerçekleşmiş, çiçek boyu %41, çiçek iç genişliği %31, toplam çiçek genişliği %31, toplam çiçek uzunluğu %39, yaprak sayısı %54, yaprak genişliği %48 ve yaprak uzunluğu %39 oranında daha iyi sonuçlar vermiştir. Bu oranlar Barret Browning çeşidi için tam çiçeklenme süresinde 10 gün, çiçek boyunda %24, çiçek iç genişliğinde %27, toplam çiçek genişliğinde %18, toplam çiçek uzunluğunda %44, yaprak sayısında %41, yaprak genişliğinde %36 ve yaprak uzunluğunda %31 daha olumlu gerçekleşmiştir. Uygulama yapılan tüm parsellerde; toprak mikro ve makro faunası için sıvı gübre uygulamalarının, süs bitkilerinin gelişimi üzerine etkili olduğu ancak, dozaj ve uygulama dönemlerine göre bu değerlerin farklılık arz edebileceği düşünülmektedir. Ayrıca insanların insanların süs bitkileri ile dokunarak ve koklayarak yakın teması düşünüldüğünde organik sıvı gübrelerin kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından tavsiye edilmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Narcissus ssp.*, organik gübre, sıvı gübre, çiçek özelliği, yaprak özelliği.

The effect of different liquid fertilizer applications on Narcissi flower (*Narcissus spp.*) grown under field conditions

Abstract

Narcissi (*Narcissus ssp.*) is a bulbous ornamental plant belonging to the Amaryllidaceae (Daffodils) family. In addition to being used as a cut flower, it is also used as an outdoor plant in parks and gardens and indoors. In the research; It was aimed to determine the effects of six types of liquid organic fertilizers (Organic+mineral liquid fertilizer-I, Organic liquid fertilizer-II, Hazelnut vinegar, Chicken vinegar, Commercial liquid fertilizer, Humic acid) on two different daffodil varieties (Sempre Avanti and Barret Browning). For this purpose, the development of the plant was examined using the parameters of full flowering time, flower height, inner flower width, flower diameter, total flower length, number of leaves, leaf width and leaf length as a result of the experiment created by the three-repetitive simple random experiment method under field conditions in Elazığ province. As a result of the study, significant differences were observed in the parameters examined in both daffodil varieties, depending on the fertilizer used ($p < 0.05$). The best results among fertilizers were obtained from plants applied with organic liquid fertilizer-II. For

* Sorumlu yazar:

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

**Bu araştırma Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde Hücçet VURAL danışmanlığında Remziye CENGİZ tarafından hazırlanan ve kabul edilen yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Tel. : 0 (533) 504 3609
E-posta : hvural@bingol.edu.tr

Geliş Tarihi : 24 Temmuz 2024
Kabul Tarihi : 9 Aralık 2024

e-ISSN : 2146-8141
DOI : 10.33409/tbbbd.1521985

Sempre Avanti variety, full flowering time occurred 13 days earlier in plants applied with organic liquid fertilizer-II compared to the control group, flower length was 41%, internal flower width was 31%, total flower width was 31%, total flower length was 39%, leaf number was 54%, leaf width was 48% and leaf length was 39% better. For Barret Browning variety, these rates were better than the control group; 10 days in full flowering time, 24% in flower length, 27% in internal flower width, 18% in total flower width, 44% in total flower length, 41% in leaf number, 36% in leaf width, and 31% in leaf length. In all parcels where application is made; It is thought that liquid fertilizer applications for soil micro and macro fauna are effective on the development of ornamental plants, but these values may vary depending on dosage and application periods. In addition, considering the close contact of people with ornamental plants by touching and smelling them, the use of organic liquid fertilizers is recommended for human and environmental health.

Keywords: *Narcissus* spp., organic fertilizers, liquid fertilizer, flower feature, leaf feature.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Süs bitkileri, doğanın estetik zenginliğini iç ve dış mekânlara taşıyan özel bitkilerdir. Bu bitkilerin öne çıkan özellikleri arasında yaprakların çeşitliliği, rengi, gösterişli çiçekleri ve meyveleri ile sahip oldukları ilginç formları yer almaktadır. Sahip oldukları bu özellikleri ile bitkiler biyolojik birer varlık olmanın ötesinde görsel bir deneyim ve estetik bir katkı da sağlar (Kazaz, 2012). Bu bitkiler, özellikle kentsel alanlarda insanlar ile doğa arasındaki ilişkilerin düzenlenmesi ve fiziksel ihtiyaçların karşılanması için kullanılırlar. Çeşitli türleri ve özellikleriyle çok geniş bir sektörü kapsarlar. Estetik açıdan, süs bitkileri peyzaj tasarımında kullanılarak çevreyi güzelleştirir ve görsel çekicilik sağlarlar. Bahçeler, parklar, caddeler ve yeşil alanlar gibi kentsel bölgelerde bitki düzenlemelerinde bulunmaları ile insanların doğayla daha yakın temas kurmalarını ve doğal güzelliklerin tadını çıkarmalarını desteklerler. Estetik özelliklerinin yanında fiziksel olarak da çok önemli fonksiyonları yerine getirirler. Estetik ve fonksiyonel özellikleri bu bitkileri ekonomik olarak da değerli kılmaktadır.

Süs bitkilerinin ekonomik değeri ticari bir sektörün ortaya çıkmasına katkı sağlamaktadır. Fidanlık işletmeleri, peyzaj hizmetleri, çiçekçilik ve bahçe merkezleri gibi bir dizi işletme, süs bitkileri üretimi ve satışıyla ilgilenir. Ayrıca çeşitli iş olanakları yaratır ve ekonomik büyümeyi teşvik eder. Sonuç olarak, süs bitkileri doğanın güzelliklerini korumak, insanların kentsel alanlarda daha iyi yaşam koşulları bulmalarına yardımcı olmak ve ekonomik fırsatlar sunmada önemli bir rol oynarlar. Bu bitkilerin üretimi ve kullanımı, çevresel sürdürülebilirlik ve insan refahı açısından büyük öneme sahiptir (Akdamar, 2017).

Sosyo-ekonomik yapının değişimi, çevre bilincinin artması, yükselen yaşam standartları ve artan kentleşme gibi nedenler süs bitkilerine olan talebi artırmıştır. Bunun yanında bireysel anlamda kişi başına düşen yüksek gelir de süs bitkilerine olan talebi önemli ölçüde artırmıştır. Park ve bahçeler başta olmak üzere peyzaj alanlarının estetik ve fonksiyonel ihtiyaçlarının karşılanması için süs bitkilerinin kullanımı giderek artan düzeyde talebi artırmıştır. Bütün bu talepler süs bitkileri sektörünün giderek profesyonelleşmesi sonucunu doğurmuştur. Hollanda merkezli bankalar arasında en geniş uluslararası ağa sahip olan Rabobank'ın tahminlerine göre, dünya genelinde süs bitkileri endüstrisinin getirisi 50 milyar doların üzerindedir. Bu rakam, süs bitkileri üretimi ve pazarlaması alanında önemli bir ekonomik potansiyeli ifade etmektedir (De Groot, 1998; Benschop ve ark., 2010). Süs bitkileri üretimi, özellikle uygun iklime ve düşük işgücü maliyetine sahip gelişmekte olan ülkeler açısından önemli bir gelir kaynağını ifade etmektedir. Asya-Pasifik ülkeleri en büyük üretim alanına sahiptir. 2019 yılında üretim alanı bakımından alt sıralarda bulunan Hollanda dünya süs bitkileri ihracatının %48'ini gerçekleştirmektedir. Dünya süs bitkileri ticaretinin önemli bir kısmı Hollanda merkezli oluşmaktadır. Kolombiya süs bitkileri ihracatında ikinci sırada yer alırken, önemli ihraç kapısını ABD oluşturmaktadır (Anonim, 2021).

Türkiye coğrafi konumu, topoğrafik yapısı, iklimi ve sahip olduğu su kaynakları nedeniyle zengin bitki örtüsüne sahiptir. 12.000'den fazla bitki türü bulunmakta ve bu bitkilerden 4.000'inden fazlası endemik özellik taşımaktadır. Türkiye'nin biyolojik çeşitlilik bakımından zenginliği süs bitkileri sektörü için de büyük bir potansiyel oluşturmaktadır (Anonim, 2021; Alp ve ark., 2020). Özellikle son on yılda; süs bitkileri ihracatında yaşanan %60.6'lık artış bu potansiyelin etkili bir şekilde değerlendirildiğini göstermektedir (Anonim, 2021). Türkiye'de süs bitkisi üretimi 1940'lı yıllarda İstanbul'da kesme çiçek üretimi ile başlamış, Yalova'da yaygınlaşarak devam etmiştir. Daha sonra İzmir ve Antalya'ya yeni üretim alanları oluşturularak hem üretim alanları hem de ürün yelpazesi genişlemiştir (Akdamar, 2017; Anonim 2021; Anonim, 2023a). Üretim alanları ile ilgili veriler 2013 yılı itibariyle Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine dâhil edilmiştir. TÜİK verilerine göre 2013 yılında Türkiye genelinde 4.513 ha alanda süs bitkileri üretimi yapılırken 2022 yılında bu rakam 5.687 ha alana yükselmiştir. Sektörün 2023 üretim değeri 30 milyar TL'dir. Bu veriler sektörde ki ilerleme ile ilgili bilgiler vermektedir. Üretim alanlarının %70'inde dış mekân

bitkileri, %26'sında ise kesme çiçek yetiştiriciliği yapılmaktadır (Anonim, 2021; Anonim, 2023; Anonim 2024).

Kesme çiçek üretimi Türkiye'de süs bitkileri sektöründe önemli bir yer tutmaktadır. 2020 yılı verilerine göre, kesme çiçek türleri arasında en fazla üretim alanına sahip çiçekler sırasıyla Karanfil, Gül, Gerbera, Kasımpatı ve Nergis'tir (Anonim, 2021). Bu araştırmaya konu Nergis çiçeği (*Narcissus* spp.), Amaryllidaceae familyasına ait bahar aylarının en değerli süs bitkilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Ferdausi ve ark., 2020; Akram ve ark., 2021). Anavatanı Avrupa olan bu bitki Türkiye'de Ege Bölgesi'nde ve Karaburun yöresinde yetiştirilmektedir. Nergis, bahar aylarında çiçek açar ve beyaz veya sarı renkte hoş kokulu çiçekleri ile tanınır (Anonim, 2012). Nergisler, peyzaj düzenlemelerinde, çiçek aranjmanlarında ve dekoratif amaçlarla sıkça kullanılmaktadır. Birçok özelliği ile diğer süs bitkileri arasında özel bir konuma sahiptir. Öncelikle, nergislerin diğer kesme çiçeklere göre daha az masrafla yetiştirilmesi, çiçek üreticileri için önemli bir avantaj sağlar (Ülker ve ark., 2010; Anonim, 2012; Kaçan ve ark., 2018).

Tarımsal üretimin diğer alanlarında olduğu gibi süs bitkisi yetiştiriciliğinde de bitki besleme önemli hususların başında gelmektedir. Bu konu gerek insan sağlığı ve gerekse de çevre sağlığı açısından uzmanlık gerektiren bir husustur. Özellikle süs bitkilerinde insanların dokunma ve koklama yoluyla bitkilerle yakın temas içerisinde oldukları göz önünde bulundurulduğunda konunun önemi daha çok anlaşılmaktadır. Kimyasal gübrelerin aşırı kullanımından doğan olumsuz sonuçlar çevre dostu organik gübrelerin kullanımını zorunlu kılmaktadır. Özellikle insan sağlığı için kimyasal gübrelerden ziyade organik materyallerin kullanılması üzerine önemli çalışmalar yürütülmektedir. Bu materyallerin birisi de fındık sirkesidir. Fındık sirkesi (Odun sirkesi), biyokütlenin karbonizasyonu sırasında ortaya çıkan ve özellikle tarım alanında önemli bir potansiyele sahip organik bir gübre çeşididir. Odun sirkesinin tarımsal üretimde verimliliği artırabileceği ve zararlı mücadelesinde kullanılacak değerli bir ürün olduğu ve içerisinde 200'den fazla bileşen olduğu araştırmalarla desteklenmektedir (Mun ve Ku, 2010; Birol ve Günel, 2022).

Bu çalışmada; inorganik gübreler için alternatif olabilecek organik menşeli 6 sıvı gübrenin iki farklı nergis çeşidi olan Sempre Avanti ve Barret Browning üzerinde etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Süs bitkisi yetiştiriciliğinde sıvı gübre uygulamalarına yönelik araştırmalar son yıllarda artış göstermesine rağmen, nergis bitkisinde bu uygulamaların etkililiğini ve uygun dozları inceleyen çalışma yok denecek kadar azdır. Yeni nesil sıvı gübrelerinin ve sirke materyallerinin bitki yetiştirme konusunda diğer bitki besleme uygulamalarından farkını ortaya koymak hem etkinlik ve hem de uygulamaların ekonomikliği açısından önem taşımaktadır. Araştırma kapsamında incelenen parametreler; tam çiçeklenme zamanının belirlenmesi, çiçek boyu, çiçek iç genişliği (sarı), toplam çiçek genişliği (sarı+beyaz), toplam çiçek boyu (çiçek sapı+çiçek), yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğudur. Araştırma sonuçlarının, süs bitkileri yetiştiriciliğinde farklı organik menşeli gübre parametrelerinin kullanımında öneri niteliği taşıması beklenmektedir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmanın ana materyalini Amaryllidaceae (Nergisler) familyasına ait soğanlı bir süs bitkisi olan Nergis (*Narcissus* ssp.) çiçeğinin farklı sarı/turuncu renk tonunda ve farklı çıkış zamanlarına sahip Sempre Avanti ve Barret Browning adlı iki çeşidi oluşturmaktadır. Denemede kullanılan *Narcissus* spp. "Sempre Avanti", anavatanı Avrupa olmasına rağmen Akdeniz kıyılarında sıklıkla görülen büyük ve göz alıcı bir nergis çeşididir (Şekil 1). Büyük parlak turuncu bir fincanı andıran merkezi ve çevresinde kremi beyaz yapraklarıyla kesme çiçek olarak kullanılabilir bir bitkidir. Büyük ve büyüleyici çiçekleri ile dikkat çeken bitki, ilkbaharın başından ortasına kadar çiçek açar ve çiçek aranjmanları ile buketler için de ideal bir bitkidir. 35-40 cm yüksekliğe kadar uzanabilen ve her yıl yeniden ortaya çıkabilen dayanıklı bir bitkidir. Toprak koşulları olarak ortalama nemli, iyi drenajlı toprakları tercih eder ve tam güneş veya kısmi gölge gibi farklı ışık koşullarında yetiştirilebilir (Anonim, 2023b).

Diğer deneme bitkisi olan *Narcissus* spp. "Barret Browning", 1945 yılında piyasaya sürüldüğünden bu yana büyük bir popülerlik kazanmış olan göz alıcı bir nergis çeşididir (Şekil 2). Yaklaşık 4 inç (9 cm) çapında büyük çiçeklere sahiptir ve turuncu-kırmızı bir fincanı andıran ortasıyla dikkat çeker. Çiçeğin kenarı hafifçe fırırlıdır ve parlak beyaz yapraklarla çevrelenmiştir. İlkbaharın ortasında her sap başına bir çiçek açan bitki çiçek yataklarında, bordür düzenlemelerinde, ağaç altlarında ve saksı içerisinde teras ve balkon düzenlemelerinde kullanımı uygundur. Ayrıca taze çiçek buketlerinde kesme çiçek olarak da yoğun bir kullanım alanına sahiptir. Orta nemli, iyi drene edilmiş topraklarda tam güneş veya yarı gölge ortamlarda kolayca yetiştirilmektedir. Alerjik ve toksik içerik taşımakta, yutulması durumunda şiddetli rahatsızlıklara ve cilt tahrişlerine sebep olabilmektedir (Anonim, 2023c). Bu nedenle kullanımına özen gösterilmelidir.



Şekil 1. *Narcissus* spp. "Sempre Avanti"



Şekil 2. Denemede kullanılan *Narcissus* spp. "Barret Browning" çeşidi

Araştırmanın diğer ana materyalini altı farklı organik sıvı gübre ve iki çeşit nergis çiçeğine ait soğanlar oluşturmaktadır. Soğanların seçiminde ilaçlanmış olması, soğuklanma sürelerinin karşılanmış olması ve sağlıklı olarak gelişmiş olması gibi kriterlere dikkat edilmiştir. Araştırma için deneme alanı olarak Elazığ ili Merkez Sütlüce Köyü açık arazi (tarla) koşulları seçilmiştir. Geçmişte karasal iklimin hüküm sürdüğü Elazığ, yapılan ve yapılmakta olan barajların etkisi ile ılıman bir iklime geçiş yapmıştır (Anonim, 2022). Deneme arazisinin toprağı kumlu-tınlı, kireçli, potasyum bakımından zengin, organik madde, fosfor ve azot bakımından fakirdir. Çinko hariç diğer mikro elementler kritik sınır eşiğinin üzerindedir. Deneme yerinin toprak özellikleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Araştırmada tesadüf parselleri deneme deseni yöntemi kullanılmıştır. Denemede iki çeşit nergis bitkisi için biri gübre uygulanmayan kontrol grubu olmak üzere 7 farklı gübre uygulaması yapılmıştır. Üç tekerrürlü deneme deseninde her bir çeşit için 21 parsel (7*3) olmak üzere toplam 42 parsel oluşturulmuştur. Her bir parselde altı bitki soğanı dikilmiş ve toplam 252 bitki soğanı kullanılmıştır. Dikimler; 20.11.2021 tarihinde yapılmış, ölçümler ilk çiçeklenme ile başlayarak tam çiçeklenme sonuna kadar (28.04.2022) tamamlanmıştır.

Çizelge 1. Deneme yerinin toprak özellikleri

Kriter	Değeri
pH	8.13 (Orta Alkalin)
Toprak Bünyesi	Kumlu tınlı
Organik Madde İçeriği	%1.2 (Düşük)
Kireç	% 45 kireçli (oldukça yüksek)
EC (Elektriksel İletkenlik)	3S/m (tuzluluk tehlikesi yok)
Fe	7.922 ppm
Zn	0.51 ppm
Mn	19.03 ppm
Cu	2.10 ppm
Potasyum	118 kg/da (Potasyum yüksek)
Fosfor	3 kg/da (Fosfor düşük)
Azot	(Düşük düzeyde)

Araştırmada [Taş ve ark. \(2022\)](#) tarafından geliştirilen birisi mineral destekli olan organik iki sıvı gübrenin (mineral katkılı organik sıvı gübre-I, organik sıvı gübre-II) diğer organik içerikli sıvı gübrelere (ticari sıvı gübre (Evomax), fındık sirkesi, tavuk gübresi sirkesi ve humik asit) ve gübre uygulanmayan gruplara göre performansının belirlenmesi amaçlanmıştır. Mineral katkılı organik sıvı gübre-I ve organik sıvı gübre-II gübreleri tamamen organik içerikli piroliz sıvıları ve bitki özütleri başta olmak üzere birçok maddeyi barındırmaktadır. Bu gübreler [Taş ve ark. \(2022\)](#) tarafından çeşitli işlemler sonrası elde edilmiş ve denemede izinli olarak kullanılmıştır. İki sıvı gübre oluşturulmasında bitkisel özütler oluştururken; toplanan bitki yaprakları öncelikle fiziksel safsızlıklardan arındırılıp saf su ile yıkanarak oda sıcaklığında 2 saat süzölmüştür. Etüv şartlarında 60°C sıcaklıkta 3 saat kurutulup, 100 mesh tanecik boyutu altında öğütölmüştür. Elde edilen bitki özütü, 0,05 M ve 1 L NaOH çözeltisi ilave edilerek 2 saat süre ile mekanik olarak karıştırılmıştır. Kütlece 1 kg çözeltiye 2 kg bitki özütü ilave edilerek inert ortamda düşük sıcaklıkta piroliz işlemi yapılmıştır. PID kontrollü bir ortamda oksijensiz bir reaktör ortamında 350°C sıcaklıkta karışımla 8 saat içinde piroliz sıvısı elde edilmiştir. Bu sistemde piroliz buharının yoğunlaşması için düşük sıcaklıkta su kullanarak distile ürün elde edilmiştir. Piroliz sıvısında oluşan üç fazın özellikle orta fazı ayırma hunisi ile ayrılarak organik sıvının fiziksel ve kimyasal karakterizasyonu yapılmıştır. Karışım olarak kullanılan gübrelere içerikleri Çizelge 2’de verilmiştir ([Taş ve ark., 2022](#)).

Çizelge 2. Karışım olarak hazırlanan organik sıvı gübrelere içerikleri ([Taş ve ark., 2022](#)).

Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	Organik Sıvı Gübre-II
Tavuk gübresi sirkesi: 150 ml	Güvercin sirkesi: 150 ml
Şarap fabrikası atığı: 50 ml	Melas: 100 ml
Leonardid: 50 ml	Leonardid: 100 ml
Melas: 50 ml	Zakkum özütü: 25 ml
Fındık sirkesi: 25 ml	Çiriş otu özütü: 25 ml
Organik etil alkol: 25 ml	Sığırkuyruğu özütü: 25 ml
Çiriş otu özütü: 25 ml	Portakal kabuğu özütü: 25 ml
Sığırkuyruğu özütü: 25 ml	Limon kabuğu özütü: 25 ml
Mineral sodyum (50 mg/L) ve potasyum takviyesi (50 mg/L)	Mısır özütü: 25 ml
	Limonen: 25 ml

Araştırmada kullanılan diğer gübrelere de benzer yöntem izlenmiştir. Yeni nesil piroliz cihazı ile tavuk gübresi sirkesi, tavuk gübresi atıklarının, fındık sirkesi ise fındık ve odun kabukları atıklarının yüksek ısıda piroliz yöntemi ile muamelesi sonucu çıkan değerli sıvı materyalin zararlıya karşı kullanılması esasına dayanmaktadır. Cihaz; oda sıcaklığında 600°C sıcaklığa kadar 10°C/dakika ısıtma hızına kadar çıkabilmektedir. Cihaz PID kontrollü ve 385°C sıcaklıkta sıvı eldesi yapmıştır. Denemede kullanılan humik asit %10,25 organik madde ihtiva etmekte, 70°C sabit sıcaklığa gelinceye kadar 550°C kuru yakma sonucu oluşturulmuştur. Bu gübreler de [Taş ve ark. \(2022\)](#) tarafından hazırlanmış, araştırmada kullanılmak üzere tahsis edilmiştir. Denemede kullanılan ticari sıvı gübre ise Evomax firmasından temin edilmiştir.

Denemede gübrelerin uygulanması için önce parsellere 1 L el ilaçlama aleti (Kalibrasyon) ile ne kadar su ile sıvı materyal verileceği tespit edilmiştir. Daha sonra eşit ve homojen bir dağılım olması için karışımlar 5 litre olacak şekilde saf su ile tamamlanıp karıştırılarak aynı uygulamanın yapıldığı nergis bitkilerinin toprak izdüşümüne eşit bir şekilde sıvı gübrelerinin dağılım göstermesine dikkat edilmiştir. Gübrelerin %5'lik formülasyonu uygulanmıştır. İlk doz ekim öncesi, ikinci doz çıkış sonrası, üçüncü dozda bitki boyu 5 cm olunca uygulanmıştır. Denemede bitkinin, tam çiçeklenme süresi, çiçek boyu, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği, toplam çiçek boyu, yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu parametreleri incelenmiştir. Elde edilen verilerin analizinde $\alpha=0,05$ kullanılmıştır. Öncelikle verilerin normal dağılım gösterip göstermediğine Kolmogorov-Smirnov testiyle bakılmış ve normal dağılım varsayımı sağlanmadığı için parametrik olmayan yöntemlerden Kruskal Wallis-H testi uygulanmıştır. Gübre çeşitleri arasında ikili karşılaştırma yapılmış, örneklem sayısının yeterli olmaması nedeniyle LSD testi kullanılmıştır. LSD testinde %5 hata payı ve %95 güven aralığı baz alınmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma bulguları açık arazi (tarla) koşullarında yetiştirilen Nergis çiçeğinin (*Narcissus* spp.) iki çeşidinden (Sempre Avanti ve Barret Browning) elde edilen verilere dayanmaktadır. Denemeye alınan bitkilere mineral katkılı organik sıvı gübre-I, organik sıvı gübre-II, tavuk gübresi sirkesi, fındık sirkesi, humik asit ve ticari sıvı gübre (Evomax) olmak üzere altı farklı gübre uygulanarak bitkinin çiçek ve yaprak özelliklerindeki değişimleri izlenmiştir. Deneme sonunda hasat edilen bitkilere ait çiçek özellikleri (tam çiçeklenme süresi, çiçek boyu, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği, çiçek toplam uzunluğu) ile yaprak özellikleri (yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu) ayrı ayrı incelenmiştir. Deneme iki ayrı bitkide her hangi bir gübrenin uygulanmadığı kontrol grubu ile birlikte yedi değişkenli olarak yürütülmüştür.

Sempre Avanti Çeşidine Ait Bulgular

Araştırma kapsamında bitkinin çiçek ve yaprak özellikleri incelenmiştir. Çiçek özellikleri olarak bitkinin tam çiçeklenme süresi, çiçek boyu, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği ve Toplam çiçek boyu değerleri deneme sonunda belirlenmiştir. Bu özelliklerden ilk çiçeklenme tüm uygulamalarda Mart ayının son haftası ile Nisan ayının ilk haftasında gerçekleşmiştir. Tam çiçeklenme ise çiçeklerinin %50'sinin açılmış olduğu dönemi ifade etmekte olup tüm uygulamalarda genellikle Nisan ayının ortaları ile sonuna doğru gerçekleşmiştir. Buna göre tam çiçeklenme dönemi için en erken tam çiçeklenmenin Organik sıvı gübre-II'nin uygulandığı parsellerde gözlemlendiği ve bu sürenin soğanların tarlaya dikiminden 135 gün sonra gerçekleştiği görülmüştür. Bu süre tavuk ve fındık sirkeleri uygulanan parsellerde 146 gün, ticari sıvı gübre uygulanmış parsellerde 144 gün ve kontrol grubu parselinde ise 148 gün olarak ölçülmüştür. En geç çiçeklenme ise mineral katkılı organik sıvı gübre-I (167 gün) ve humik asit (170 gün) uygulanan parsellerde görülmüştür.

Deneme bitkisinin çiçek özelliklerinin belirlenmesine yönelik incelenen çiçek boyu, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği ve çiçek toplam uzunluğu değerleri Çizelge 3'de verilmiştir. Buna göre deneme kapsamında uygulanan gübrelerin incelenen bütün çiçek özelliklerine etkisi önemli çıkmıştır ($p<0,05$). Bütün çiçek özelliklerinde kontrol grubu parselleri en düşük değeri, organik sıvı gübre-II uygulanan parseller ise en yüksek değeri ifade etmektedir. [Taş ve ark. \(2022\)](#) tarafından hazırlanan karışımlardan biri olan ve araştırmanın yapılmasına dayanak oluşturan organik içerikli sıvı gübrenin (organik sıvı gübre-II) incelenen bitkinin bütün çiçek özelliklerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Ancak çalışmada incelenen diğer karışım sıvı gübrenin (mineral katkılı organik sıvı gübre-I) çiçek özelliklerinin tamamında etkisinin diğer gübrelerle benzer olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 3'de incelenen bütün çiçek özellikleri üzerine LSD testi kullanılarak yapılan ikili karşılaştırmalarda farklı sonuçlar elde edilmiştir. Organik sıvı gübre-II uygulanan parsellerde üretilen çiçeklerin çiçek boyu, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği ve toplam çiçek boyu değerleri bütün gruplara göre daha yüksek olup bu fark anlamlı bulunmuştur ($p<0,05$). Bu değerler içerisinde yalnızca çiçek boyu değerinde organik sıvı gübre-II ile humik asit uygulanan gruplar aynı etkiyi göstermiş olup aralarında fark anlamlı bulunmamıştır ($p>0,05$). Bütün gübre uygulanan bitkiler ile gübre uygulanmayan kontrol grubu bitkileri arasında fark anlamlı ($p<0,05$) bulunmuş olup gübre uygulamasının bitkinin çiçek gelişimine olumlu etkilediğini göstermektedir.

Çizelge 3. *Narcissus* spp. "Sempre Avanti" bitkisine uygulanan farklı sıvı gübrelerin çiçek özellikleri üzerine etkisi

İncelenen Özellikler	Gruplar	Ortalama (mm)**	SS	Mean Rank	p
Çiçek Boyu (Çiçek kınından petallerin en üst noktasına olan mesafe)	Kontrol Grubu	27.37 ^c	4.31	27.81	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	35.56 ^b	4.77	175.23	
	Organik Sıvı Gübre-II	38.66^a	3.63	216.18	
	Ticari Sıvı Gübre	33.66 ^b	4.32	153.59	
	Fındık Sirkesi	34.60 ^b	4.63	161.55	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	30.22 ^c	0.08	53.19	
Çiçek İç Genişliği (Çiçeğin turuncu kısmının yatay genişliği)	Kontrol Grubu	26.68 ^c	4.53	83.31	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	27.48 ^b	4.33	128.51	
	Organik Sıvı Gübre-II	34.85^a	4.7	260.08	
	Ticari Sıvı Gübre	26.94 ^c	4.458	103.58	
	Fındık Sirkesi	28.13 ^b	3.93	137.39	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	28.81 ^b	3.36	142.59	
Toplam Çiçek Genişliği (Turuncu ve beyaz kısmının yatayda toplam genişliği)	Kontrol Grubu	57.85 ^c	4.05	21.5	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	68.17 ^b	3.97	126.96	
	Organik Sıvı Gübre-II	75.80^a	5.27	260.13	
	Ticari Sıvı Gübre	70.54 ^b	0.088	215.5	
	Fındık Sirkesi	67.91 ^b	4.09	122.54	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	68.75 ^b	6.56	126.96	
Toplam Çiçek Boyu (Sap ile birlikte çiçeğin toplam uzunluğu)	Kontrol Grubu	147.14 ^d	4.47	20.5	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	182.31 ^b	7.11	185.25	
	Organik Sıvı Gübre-II	205.09^a	4.84	260.5	
	Ticari Sıvı Gübre	177.90 ^b	4.08	153.51	
	Fındık Sirkesi	160.32 ^c	0.17	60.5	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	177.86 ^b	4.17	150.7	
	Humik Asit	177.43 ^b	4.34	152.54	

Bütün tablolar için: * $p < 0.05$, ss: Standart sapma, **Aynı harfler aynı grubu ifade etmektedir.

Araştırma kapsamında uygulanan gübrelerin deneme bitkisinin yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu değerleri üzerine etkisi de incelenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4'de verilmiştir. Buna göre uygulanan gübreler ile yaprak özellikleri (sayısı, genişliği, uzunluğu) arasında fark anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Ortalama değerler bakımından en yüksek değerler yaprak sayısında ticari sıvı gübre, yaprak genişliğinde tavuk gübresi sirkesi ve yaprak uzunluğunda organik sıvı gübre-II'nin uygulandığı parsellerde yetiştirilen bitkilerde, en düşük değerler ise kontrol grubu parsellerinde yetiştirilen bitkilerde elde edilmiştir. İncelenen bütün yaprak parametrelerinde kontrol grubu ile diğer gübre uygulanan gruplar arasında ortalama değerler açısından farklılık görülmüştür.

Çizelge 4'de incelenen özelliklerden yaprak sayısı ile ilgili farklılığa neden olan gübre çeşitlerinin belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçlarına göre kontrol grubu ile diğer gübreler arasında fark kontrol grubuna nazaran daha yüksek düzeyde anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$). Gübre uygulanan gruplar arasında ikili karşılaştırmalarda; yaprak sayısında ticari sıvı gübre, yaprak genişliğinde organik sıvı gübre-II, ticari sıvı gübre, fındık sirkesi ve tavuk gübresi sirkesi, yaprak uzunluğunda organik sıvı gübre-II diğer gruplara göre daha yüksek etkiye sahip olup bu etki istatistiksel olarak anlamlıdır ($p < 0.05$). Diğer gübreler arasında ise ortalama değerler bakımından farklılık olmasına karşılık bu fark anlamlı bulunmamıştır ($p > 0.05$). Her üç yaprak özelliğinde denemede kullanılan altı farklı gübreden hangisinin etkisinin daha fazla olduğu ile ilgili yapılan ikili karşılaştırmalarda kısmen anlamlı düzeyde farklılıklar görülse de görsellik açısından önemli farklılığın olmadığı söylenebilir. Dolayısıyla organik içerikli gübrelerin birbirinden farklı olacak düzeyde yaprak niteliğini değiştirecek etkisi görülmemiştir.

Çizelge 4. *Narcissus* spp. "Sempre Avanti" bitkisine uygulanan farklı sıvı gübrelerin yaprak özellikleri üzerine etkisi

İncelenen Özellikler	Gruplar	Ortalama (mm)	SS	Mean Rank	p
Yaprak Sayısı	Kontrol Grubu	7.7 ^d	0.61	21.61	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	10.6 ^c	0.74	130.53	
	Organik Sıvı Gübre-II	11.85 ^b	0.36	209.6	
	Ticari Sıvı Gübre	12.83^a	0.38	255.54	
	Fındık Sirkesi	10.68 ^c	0.66	136.79	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	10.15 ^c	0.43	100.99	
	Humik Asit	10.45 ^c	1.38	128.45	
Yaprak Genişliği	Kontrol Grubu	24.44 ^c	4.64	32.62	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	30.36 ^b	0.19	83.98	
	Organik Sıvı Gübre-II	36.28 ^a	4.7	196.48	
	Ticari Sıvı Gübre	36.03 ^a	4.72	191.7	
	Fındık Sirkesi	36.52 ^a	4.65	204.46	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	36.77^a	4.62	203.94	
	Humik Asit	30.24 ^b	0.094	64.15	
Yaprak Uzunluğu	Kontrol Grubu	130.71 ^d	4.08	21.5	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	161.63 ^c	4.26	61.5	
	Organik Sıvı Gübre-II	181.91^a	3.302	258.66	
	Ticari Sıvı Gübre	177.44 ^b	4.34	156.66	
	Fındık Sirkesi	178.15 ^b	3.95	169.23	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	174.08 ^b	25.61	162.38	
	Humik Asit	176.95 ^b	4.54	153.57	

Barret Browning Çeşidine Ait Bulgular

Deneme bitkisi olarak kullanılan diğer bir bitki *Narcissus* spp. "Barret Browning" çeşidi için en erken tam çiçeklenmenin Sempre Avanti çeşidinde olduğu gibi yine organik sıvı gübre-II gübresi uygulanan parsellerde olduğu ve bu sürenin soğanların tarlaya şaşırtılmasından 130 gün sonra gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu süre; her iki çeşide ait tam çiçeklenme süreleri için de, araştırma lokasyonu için en kısa tam çiçeklenme süresi olarak dikkat çekmiştir. Tam çiçeklenme süresi için organik sıvı gübre-II'den sonra en kısa süre 136 gün ile ticari sıvı gübre ve 140 gün ile kontrol grubu parselinde görülmüştür. Diğer gruplarda çiçeklenme süreleri ise sırasıyla 162 gün ile fındık sirkesi grubunda, 163 gün ile humik asit ve mineral katkılı organik sıvı gübre-I grubunda, 164 gün ile tavuk gübresi sirkesi grubunda meydana gelmiştir. Tam çiçeklenme bakımından bu dört gübre arasında fark oluşmamıştır.

Araştırma kapsamında *Narcissus* spp. "Barret Browning" çeşidi için incelenen diğer çiçek parametrelerinde elde edilen sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. İncelenen özelliklerden en yüksek değerler; çiçek boyunda mineral katkılı organik sıvı gübre-I grubunda, çiçek iç genişliği, toplam çiçek genişliği, çiçek boyu, toplam çiçek boyu (sap+çiçek) parametrelerinde ise organik sıvı gübre-II grubunda elde edilmiştir. Bütün parametrelerde uygulanan gübre bakımından fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine ait değerler tüm özelliklerde gübre uygulanan gruplara göre daha düşük olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5'de verilen değerlerde farklılığa neden olan çeşitlerin belirlenmesi üzerine yapılan ikili karşılaştırma sonucunda çiçek boyu parametresinde her ne kadar mineral katkılı organik sıvı gübre-I en yüksek etkiyi göstermiş olsada organik sıvı gübre-II, ticari sıvı gübre ve humik asit verilen gruplarla benzerdir. Tavuk gübresi sirkesi ile fındık sirkesi verilen bitki türlerinin çiçek boyu da benzer etkiyi göstermiştir. Bunların dışında verilen gübrelerin (mineral katkılı organik sıvı gübre-I, organik sıvı gübre-II, ticari sıvı gübre, fındık sirkesi, tavuk gübresi sirkesi, humik asit) kendi aralarında farkı olmamasına karşılık kontrol grubuna göre çiçek boyunda önemli etkileri olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Bu durum gübrelemenin çiçek boyuna etkisinin olduğunu kanıtlamamaktadır. Bitkilerin boyları arasında farklılık görülmemiştir. Gübre uygulamalarının çiçek iç genişliğine etkisinin belirlenmesi üzerine yapılan ikili karşılaştırmada organik sıvı

gübre-II'nin hem kontrol grubu bitkilerine, hem de diğer gübre uygulanan gruplara göre etkisi fazla olup istatistiksel açıdan anlamlı bulunmuştur ($p<0.05$).

Çizelge 5. *Narcissus* spp. "Barret Browning" bitkisine uygulanan farklı sıvı gübrelerin çiçek özellikleri üzerine etkisi

İncelenen Özellikler	Gruplar	Ortalama (mm)	SS	Mean Rank	p
Çiçek Boyu	Kontrol Grubu	27.45 ^c	4.35	32.59	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	34.35 ^a	4.64	167.28	
	Organik Sıvı Gübre-II	33.91 ^a	4.39	193.94	
	Ticari Sıvı Gübre	33.91 ^a	4.43	189.46	
	Fındık Sirkesi	31.79 ^b	2.83	157.32	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	30.32 ^b	0.33	54.16	
	Humik Asit	34.15 ^a	4.53	188.75	
Çiçek İç Genişliği	Kontrol Grubu	26.73 ^c	4.57	83.83	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	28.31 ^c	3.74	75.64	
	Organik Sıvı Gübre-II	33.88 ^a	4.41	249.59	
	Ticari Sıvı Gübre	28.85 ^c	3.37	115.25	
	Fındık Sirkesi	30.05 ^b	2.64	138.69	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	30.45 ^b	1.57	203.4	
	Humik Asit	28.38 ^c	3.78	117.11	
Toplam Çiçek Genişliği	Kontrol Grubu	57.93 ^c	4.1	21.66	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	68.06 ^b	3.91	104.51	
	Organik Sıvı Gübre-II	70.73 ^a	0.13	254.96	
	Ticari Sıvı Gübre	68.18 ^b	3.96	144.35	
	Fındık Sirkesi	68.88 ^b	3.38	153.23	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	68.07 ^b	6.86	151.1	
	Humik Asit	69.1 ^b	3.14	153.69	
Toplam Çiçek Boyu	Kontrol Grubu	147.22 ^e	4.48	20.5	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	204.74 ^b	4.67	221.21	
	Organik Sıvı Gübre-II	212.28 ^a	4.27	259.79	
	Ticari Sıvı Gübre	179.32 ^c	2.88	123.1	
	Fındık Sirkesi	160.61 ^d	1.57	60.5	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	179.37 ^c	2.9	130.01	
	Humik Asit	182.81 ^c	5.58	168.39	

Toplam çiçek genişliği ile ilgili ikili karşılaştırmada kontrol grubu ile diğer gübre uygulamaları yapılan bütün gruplarda istatistiksel olarak fark anlamlı çıkmıştır ($p<0.05$). Benzer durum organik sıvı gübre-II uygulanan bitkilerle diğer gübre uygulanan gruplar arasında da söz konusudur ($p<0.05$). Toplam çiçek boyu parametresinde yapılan ikili karşılaştırmalarda ise ticari sıvı gübre, tavuk gübresi sirkesi ve humik asit grubu bitkileri arasında fark istatistiksel olarak önemsiz ($p>0.05$), diğer tüm gruplar arasında fark önemli çıkmıştır. Ancak bu fark kontrol grubu ile gübre grupları arasında yüksek düzeyde iken, ticari sıvı gübre, fındık sirkesi, tavuk gübresi sirkesi ve humik asit grupları arasında orta düzeydedir. Toplam çiçek boyu parametresinde araştırmaya konu organik sıvı gübre-II'nin en fazla etki ettiği ve bunu diğer araştırma gübresi olan mineral katkılı organik sıvı gübre-I'in takip ettiği görülmüştür.

Barret Browning çeşidinin yaprak özelliklerini uygulanan farklı organik içerikli sıvı gübrelerinin etkileme düzeyini belirlemek için yapılan ölçümlerde elde edilen veriler Çizelge 6'de verilmiştir. Veriler Sempre Avanti çeşidi ile paralellik göstermektedir. Buna göre iki yönlü Kruskal Wallis yöntemi ile yapılan analiz sonucunda gübre değişkenleri arasında bütün parametrelerde yüksek düzeyde farklılıklar ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Her şeyden önce incelenen parametrelerde kontrol grubu bitkilerinde en düşük ortalama değerler görülmüştür. Bu sonuç uygulanan gübrelerin yaprak özellikleri üzerine etki ettiğini göstermiştir. En yüksek değerler yaprak sayısında ve yaprak genişliğinde ticari sıvı gübre grubu bitkilerinde, yaprak uzunluğunda ise humik asit uygulanan bitkilerde gözlenmiştir.

Çizelge 6. *Narcissus* spp. "Barret Browning" bitkisine uygulanan farklı sıvı gübrelerin yaprak parametrelerine etkisi

İncelenen Özellikler	Gruplar	Ortalama (mm)	SS	Mean Rank	p
Yaprak Sayısı	Kontrol Grubu	7.63 ^d	0.84	20.58	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	10.75 ^b	0.71	162.9	
	Organik Sıvı Gübre-II	10.78 ^b	0.48	169.33	
	Ticari Sıvı Gübre	11.65^a	0.48	236.7	
	Fındık Sirkesi	10.6 ^b	0.5	152.7	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	10 ^c	0.32	95.33	
	Humik Asit	10.6 ^b	0.81	145.98	
Yaprak Genişliği	Kontrol Grubu	24.63 ^d	4.71	32.49	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	32.85 ^b	3.97	141.35	
	Organik Sıvı Gübre-II	33.44 ^b	4.19	175.61	
	Ticari Sıvı Gübre	36.73^a	4.61	208.93	
	Fındık Sirkesi	33.24 ^b	4.12	177.91	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	35.13 ^a	4.76	197.13	
	Humik Asit	30.25 ^c	0.1	50.09	
Yaprak Uzunluğu	Kontrol Grubu	130.73 ^c	4.1	20.5	0.00*
	Mineral Katkılı Organik Sıvı Gübre-I	165.21 ^b	4.83	86.99	
	Organik Sıvı Gübre-II	171.32 ^a	2.58	194.06	
	Ticari Sıvı Gübre	166.85 ^b	4.67	123.09	
	Fındık Sirkesi	171.24 ^a	2.07	205.13	
	Tavuk Gübresi Sirkesi	167.58 ^b	4.99	135.41	
	Humik Asit	171.52^a	2.56	218.33	

Yaprak özelliklerinde kontrol grubuna göre uygulanan altı farklı gübrenin etkisinin belirlenmesi üzerine yapılan ikili karşılaştırmalar sonucunda yaprak sayısı, yaprak genişliği ve yaprak uzunluğu parametrelerinde kontrol grubu ile gübre grupları arasında yüksek düzeyde fark belirlenmiştir ($p < 0.05$). Dolayısıyla gübre uygulamaları bitkinin yaprak niteliğini ve niceliğini artırmıştır. Kontrol grubu dışında gübrelerin hangisinin yaprak özelliklerinde daha etkili olduğu incelendiğinde bazı gübreler arasında fark olmasına karşılık bu farkın yüksek düzeyde olmadığı, bitkinin nitelik ve niceliğinde gözle görülür değişime neden olmadığı görülmüştür. İncelenen parametreler içerisinde sadece yaprak genişliği parametresinde humik asitin etkisi diğer gübrelere nazaran sınırlı olmuştur. Araştırma kapsamında üzerinde durulan mineral katkılı organik sıvı gübre-I ve organik sıvı gübre-II gübrelere yaprak özelliklerini etkilemede diğer gübrelere nazaran ayrılmadığı ve benzer katkılar sağladığı ortaya çıkmıştır.

Kullanılan gübre dozundan bağımsız olarak deneme sonunda yapılan ölçümlerde minimum ve maximum değerler; Sempre Avanti için tam çiçeklenme süresi 125-178 gün, çiçek boyu 20.81-40.75 mm, çiçek iç genişliği 20.91-40.58 mm, toplam çiçek genişliği 30.36-90.54 mm, toplam çiçek boyu 140.18-210.78 mm, yaprak sayısı 4-13 adet, yaprak genişliği 20.71-45.29 mm ve yaprak uzunluğu 120.91-190.74 mm aralıklarında sonuçlar elde edilmiştir. Bu sonuçlar Barret Browning çeşidinde ise tam çiçeklenme süresi için 125-170 gün, çiçek boyu için 20.37-40.54 mm, çiçek iç genişliği için 20.82-40.31 mm, toplam çiçek genişliği için 45.59-70.95 mm, toplam çiçek boyu için 140.42-220.16 mm, yaprak sayısı için 5-13 adet, yaprak genişliği için 20.81-40.75 mm ve yaprak uzunluğu için 120.91-180.74 mm arasında değişmiştir. Ortalama değerler Sempre Avanti için, tam çiçeklenme süresi 135-168 gün, çiçek boyu 27.37-38.66 mm, çiçek iç genişliği 26.68-34.85 mm, toplam çiçek genişliği 57.85-75.80 mm, toplam çiçek boyu 147.14-205.09 mm, yaprak sayısı 7.70-12.83 adet, yaprak genişliği 24.44-36.77 mm ve yaprak uzunluğu 130.71-181.91 mm arasında, Barret Browning çeşidinde ise tam çiçeklenme süresi için 130-164 gün, çiçek boyu için 27.45-34.15 mm, çiçek iç genişliği için 26.73-33.88 mm, toplam çiçek genişliği için 57.93-70.73 mm, toplam çiçek boyu için 147.22-212.28 mm, yaprak sayısı için 7.63-11.65 adet, yaprak genişliği için 24.63-36.73 mm ve yaprak uzunluğu için 130.73-171.52 mm arasında değiştiği görülmüştür.

Yukarıdaki değerlerde minimum değerlerin çoğunluğu kontrol grubu bitkilerinden, maksimum değerlerin çoğunluğu ise organik sıvı gübre-II grubu bitkilerinden elde edilmiştir. Bu sonuçlar organik gübrelemenin bitkinin çiçek ve yaprak gelişimini olumlu etkilediğini ve bu etkinin istatistiksel olarak önemli olduğunu

göstermektedir. Araştırmada etkilerinin belirlenmesi hedeflenen organik sıvı gübre-II ve mineral katkılı organik sıvı gübre-I gübreleri ile ilgili önemli sonuçlara da ulaşılmıştır. Buna göre organik sıvı gübre-II'nin her iki bitkilerin çiçek özelliklerine diğer gübre çeşitlerine göre daha fazla olumlu etki ettiği belirlenmiştir. Özellikle bu parametrelerden toplam çiçek boyu göstergesinde farkın daha fazla olduğu görülmüştür. Ancak yaprak özelliklerinden sadece yaprak uzunluğu göstergesinde diğer gübrelerden biraz daha yüksek sonuç alınmıştır. Mineral katkılı organik sıvı gübre-I ise gübre uygulanmayan bitkilere göre daha fazla etki göstermiş olmasına karşılık diğer gübrelerin gösterdiği etkiden fazlasını verememiştir.

Araştırma konusu Nergis çiçeği ile ilgili en yakın çalışma [Bademkiran ve ark. \(2018\)](#) ve [Bademkiran \(2018\)](#) tarafından yapılmıştır. Siirt koşullarında Nergis çiçeği üzerine farklı doz katı ve sıvı solucan gübresi uygulanarak yapılan çalışmada bu araştırmaya benzer sonuçlar alınmıştır. Buna göre; tam çiçeklenme süresi 137.96-140.30 gün, hasata gelme süresi 139-140.86 gün, yaprak sayısı 3.08-3.56 adet, yaprak uzunluğu 189.70-238.28 mm, yaprak genişliği 10.64-12.20 mm, bitki boyu 272.36-343.40 mm, çiçek boyu 45.27-49.45 mm, çiçek çapı 36.68-43.13 mm, çiçek sap kalınlığı 6.68-8.69 mm ve çiçek sayısı 4.27-5.12 adet aralığında sonuçlar elde edilmiştir ([Bademkiran, 2018](#); [Bademkiran ve ark., 2018](#)). Bizim araştırmamızda araştırmaya konu organik sıvı gübre-II'de her iki bitkide (Sempre Avanti, Barret Browning) sırasıyla tam çiçeklenme süresi 135-136 gün, yaprak sayısı 11.85-10.78 adet, yaprak genişliği 36.28-33.44 mm, çiçek boyu 38.66-33.91, çiçek çapı 34.85-33.88 mm değerleri elde edilmiştir. İzlenen ortak göstergelerde benzer sonuçların alındığı görülmüş, dolayısıyla organik sıvı gübre-II'nin katı ve sıvı solucan gübreleri ile de rekabet edebileceği görülmüştür.

Gübrelemenin Nergis çiçeğine (*Narcissus tazetta* L.) etkisi üzerine çalışan [El-Attar ve ark. \(2023\)](#) de benzer sonuçlar elde etmiştir. *Narcissus tazetta* L. büyümesi, çiçeklenmesi, soğan üretimi, yaprak mineral içeriği ve bazı soğan aktif maddeleri üzerine biyolojik gübreler (bioçar ve solucan gübresi) ile potasyum içerikli gübrelerin etkisinin belirlenmesi üzerine yaptığı araştırmada önemli sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin çiçek sayısı gübre uygulanmayan kontrol grubunda 3.33 adet iken bioçar uygulanan gruplarda 4.67, solucan gübresi uygulanan gruplarda 5 adet olarak sayılmıştır. Bitkinin yapraklarına ilave potasyumlu sıvı gübre uygulanması durumunda ise kontrol grubunda 5, bioçar uygulanan gruplarda 5.67 ve solucan gübresi uygulanan gruplarda 6 adet olduğu belirlenmiştir. Çiçek çapı ile ilgili verilerde de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Buna göre çiçek çapı gübre potasyum uygulanmayan kontrol grubunda 15.6 mm, bioçar uygulanan gruplarda 18.9 mm, solucan gübresi uygulanan grupta 26.9 mm, potasyum takviyeli kontrol grubunda 27.2 mm, potasyum takviyeli bioçar grubunda 26.6 mm, potasyum takviyeli solucan gübresi grubunda 28.8 mm olarak ölçülmüştür ([El-Attar ve ark., 2023](#)). Bu araştırmada ortak gözlenen değerlerden çiçek çapında farklılıklar bulunmasına karşılık gübre uygulamanın olumlu sonuçları da görülmüştür. [El-Attar ve ark. \(2023\)](#) yapmış oldukları çalışmada farklı çeşit nergizde 15.6 mm olan kontrol grubu solucan gübre takviyesi ile 28.8 mm'ye yükselmiştir. Bizim araştırmamızda her iki bitkide sırayla kontrol grubunda 26.68, 26.73 mm olan çiçek iç genişliği organik sıvı gübre-II uygulanması sonucu 38.66-33.88 mm'ye yükselmiştir. Değerlerin farklılığı çeşit ile alakalı olabileceği gibi farklı ölçümlerden de kaynaklanmış olabilir.

[Salman ve ark. \(2019\)](#) Akdeniz ekolojik koşullarında yetişen nergis çeşitlerinin çiçek kalitesi, filizlenme, çiçeklenme zamanları, çiçeklenme süreleri, gövde yüksekliği ve genişliği ile çiçek miktar ve çaplarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları araştırmada 22 çeşide ait veriler belirlenmiştir. Yapılan araştırmada bu çeşitler içerisinde 'Sempre Avanti' çeşidinin en büyük çiçek çapına sahip çeşit olarak belirlenmiştir. Bu araştırmada 'Sempre Avanti' çeşidine ait değerler; filizlenme süresi 27 gün, ilk çiçeklenme 74 gün, çiçeklenme süresi (çiçekli kalma) 27 gün, çiçek uzunluğu 54.9 cm, kök yüksekliği 42.9 cm, kök genişliği 1.33 cm ve çiçek çapı 12.1 cm olarak belirlenmiştir ([Salman ve ark., 2019](#)). Araştırmada ilave besin maddesi takviyesi yapılmamış olması nedeniyle bizim araştırmamızda kontrol grubu bitki değerlerinin kıyaslanmasının doğru olacağı varsayımı ile bu araştırmada ilk çiçeklenme 74 gün iken bizim araştırmamızda soğan dikimi ile ilk çiçeklenme arası 120-125 gün, yine çiçek uzunluğu bu araştırmada 54.9 cm olarak verilmesine karşılık bizim araştırmamızda 14.7 cm, çiçek çapı bu araştırmada 12.1 cm olarak verilmişken bizim araştırmamızda 5.8 cm olarak ölçülmüştür.

Yukarıda verilen diğer araştırma sonuçları bitki gelişimi için gübrelemenin katkılarını ortaya koymasına karşılık gübrelemenin dışında ekolojik faktörlerin de önemli rol oynadığını ortaya koymaktadır. Diğer araştırmaların Elazığ ekolojik şartlarına göre daha sıcak olduğu da göz önünde bulundurulduğunda farklı sonuçların çıkması da olağan görülmektedir.

Araştırmada kullanılan humik asit, tavuk gübresi sirkesi, fındık sirkesi, leonardit, melas, çiriş otu,...vb. biyolojik içeriklerin ve organik gübrelerin bitkisel üretime katkısı ile ilgili farklı bitkiler üzerinde çok sayıda

araştırma da bulunmaktadır. Ateş ve ark. (2019), albion çilek (*Fragaria x ananassa* L.) bitkisi üzerine ahır gübresi, tavuk gübresi ve solucan gübresi etkisini belirlemek amacıyla Bingöl'de saksı denemesi sonucunda tavuk gübresi ve solucan gübresinin olumlu etkisini belirlemişlerdir. Uçar ve ark. (2020), Siirt ekolojik şartlarında nohut bitkisinde leonardit uygulamasının bitkinin verim ve kalitesi üzerine olumlu etkisini belirlemişken Demirkıran ve ark. (2012) ise leonarditin domates bitkisinin gövde boyu, kök boyu, gövde yaş ağırlık, kök yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve yaprak sayısı üzerine önemli düzeyde ettiğini tespit etmiştir. Sönmez ve ark. (2019), tavuk gübresinin domates (*Solanum lycopersicon* cv. Tayfun F1) gelişimi ve verimi üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla sera koşullarında yaptığı araştırmada tavuk gübresi uygulamalarının temel kimyasal gübrelere birlikte uygulanmasının verim ve kalite parametrelerinde önemli katkılar sağladığını belirlemiştir. Odun sirkesi üzerine çalışan Birol ve Günal (2022), odun sirkesinin; toprağa organik madde ve besin elementi sağlamasının yanında, çeşitli hastalık ve zararlılar ile mücadelede etkili olduğu, tohumların çimlenmesine yardımcı olduğu, bitki büyüme ve verim parametrelerine katkıda bulunduğu ve meyve kalitesini iyileştirdiğini bildirmektedir. Namlı ve ark. (2014), odun sirkesinin toprak düzenleyici ve hastalık önleyici olarak tarımsal amaçlı kullanılabilirliğinin ortaya konulması amacıyla yaptıkları çalışmada düşük doz uygulamalarında bile virülensliği büyük oranda engelleyebildiğini belirlemiştir. Sarıtaş ve Namlı (2023), fındık kabuğu ve tavuk althığından elde edilen odun sirkelerinin farklı uygulamalar ile mısır bitkisi verim ve verim öğeleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada bitki yaş ağırlığı, parselde yeşil bitki biyokütlesi, dekara yeşil bitki biyokütlesi, etüvde kuru madde oranı, dekara kuru madde biyokütlesi, koçan ağırlığı ve koçan çapını önemli derecede etkilediğini belirlemiştir. Çakır (2023) ise Elazığ İli Koruk köyünde bir adet bağ alanında yürütmüş oldukları çalışmada odun ve fındık sirkesinin zararlı populasyonunu düşürme açısından oldukça etkili olduğunu tespit etmiştir. Kolsarıcı ve ark. (2005), humik asitin ayçiçeğinde fide gelişimi üzerine olumlu etki ettiği, Demirkıran ve Cengiz (2010). organik gübrelere (Gıdya, Alsil, Deniz Yosunu, Hümik Asit, Saman ve Torf) Antep Fıstığı (*Pistacia vera* L.) fidan gelişimi üzerine olumlu etkisini belirlemiştir. Yukarıda ki sonuçlar organik gübreler üzerine yapılan çok az sayıda araştırma sonuçlarını yansıtmaktadır. Literatürde çok sayıda araştırma da bulunmaktadır.

Sonuç

Araştırma sonuçları açık alanda (tarla koşullarında) kurulan denemede yetiştirilen 2 Nergis çeşidinden (Sempre Avanti ve Barret Browning) elde edilen sonuçlara dayanmaktadır. Yapılan denemede organik içerikli 6 farklı sıvı gübrenin uygulandığı ve herhangi bir gübrenin uygulanmadığı (kontrol grubu) parsellerde yetiştirilen bitkinin vejetatif ve generatif gelişimleri düzenli olarak izlenmiştir. Araştırmada özellikle üzerinde üzerinde yoğunlaşıl mineral katkı organik sıvı gübre-I ve organik sıvı gübre-II' nin etkileri de belirlenmiştir. Organik sıvı gübre-II kontrol grubuna göre Sempre Avanti ve Barret Browning nergis çeşitlerinde sırasıyla çiçek boyu %41, %24, çiçek iç genişliğinde %31, %27, toplam çiçek genişliğinde %31, %18, çiçek toplam uzunluğunda %39, %44, yaprak sayısında %54, %41, yaprak genişliğinde %48, %36 ve yaprak uzunluğunda %39, %31 oranlarında daha iyi sonuçlar alınmıştır. Diğer gübrelere ise bazı parametrelerde yakın sonuçlar elde edilmekle beraber %10 ile %25 arasında değişen oranlarda fark meydana gelmiştir. Mineral katkı organik sıvı gübre-I ise organik sıvı gübre-II'ye nazaran daha kısıtlı olmak üzere kontrol grubuna göre sırasıyla çiçek çapında %30, %25, çiçek iç genişliğinde %3, %6, toplam çiçek genişliğinde %17, %17, çiçek toplam uzunluğunda %24, %39, yaprak sayısında %38, %41, yaprak genişliğinde %24, %33 ve yaprak uzunluğunda %24, %26 oranlarında daha iyi sonuçlar alınmıştır. Ancak diğer gübrelere ise çoğu parametrelerde yakın sonuçlar elde edilmiştir.

Yukarıdaki veriler bir taraftan uygulanan organik gübrelere bitkiye olumlu etkisini ortaya koyarken diğer taraftan nergis çiçeği için yeterli gübre miktarı üzerine de fikir vermektedir. Çünkü kimi zaman organik gübrelere uygun olmayan dozda verilmesi bitkiler üzerinde faydadan çok zarar vermektedir. Bitkilere verilen organik menşeli gübrelere nergis bitkisinde tam çiçeklenme süresindeki etkisi farklılık göstermektedir. Yapılan bu araştırmada toprak yapısı, iklimsel etkiler, uygulanan gübrelere içerikleri her iki çeşitteki morfolojik bitki parametrelerine etki ettiği, yapılan çalışmalarda bu etkilerin uygulanan gübre miktarlarına bağlı olduğu görülmüştür. Ancak süs bitkisi yetiştiriciliğinde organik sıvı gübrelere kullanılması ile ilgili çalışmaların sınırlı olması bu araştırmada elde edilen sonuçların başka araştırmalarla sağlıklı mukayeselerinin yapılmasına engel olmaktadır. Bu araştırma organik gübrelere nergis çiçeğine katkıları ve gübre miktarı konusunda fikir vermesine karşılık bitki için ideal gübre miktarının ne kadar olduğu konusu eksik kalmıştır. Bundan sonraki çalışmalarda bu eksikliğin giderilmesi üzerinde durulması fayda sağlayacaktır. Sonuç olarak insanların süs bitkileri ile dokunarak ve koklayarak yakın teması

düşünüldüğünde inorganik gübre yerine organik içerikli gübrelerin kullanılması insan ve çevre sağlığı açısından tavsiye edilmektedir.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

Kaynaklar

- Akdamar M, 2017. Ülkemizde süs bitkileri sektörü. SÜSBİR Haber Dergisi. 7, 16-20.
- Akram M N, Verpoorte R, Pomahačová B, 2021. Effect of bulb age on alkaloid contents of *Narcissus pseudonarcissus* bulbs. *South African Journal of Botany*, 136: 182-189.
- Alp Ş, Zeybekoğlu E, Salman A, Özzambak M E, 2020. Doğal bitkilerin kültüre alınması süreci ve süs bitkisi olarak kullanılması. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34: 351 - 357.
- Anonim, 2012. Çiçeklerinden faydalanılan ilaç ve baharat bitkileri yetiştiriciliği raporu (621bhy137), <http://megep.meb.gov.tr/f> (Erişim Tarihi: 14.09.2023).
- Anonim, 2021. Süs bitkileri sektör politika belgesi, <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/SU> (Erişim Tarihi: 14.11.2023).
- Anonim, 2022. Elazığ ili 2021 yılı çevre durum raporu. Türkiye Cumhuriyeti Elazığ Valiliği Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği İl Müdürlüğü, https://webdosya.csb.gov.tr/db/ced/icerikler/elaz-g_cdr2021-20230302095258.pdf (Erişim Tarihi: 13.09.2023).
- Anonim, 2023a. Türkiye süs bitkileri ve mamulleri sektör raporu 2023. <http://www.susbitkileri.org.tr/images/d/library/98e54002-0285-47c4-ad9f-09d2fddb7f65.pdf> (Erişim Tarihi: 9.07.2024).
- Anonim, 2023b. *Narcissus* spp. "Sempre Avanti". <https://www.gardenia.net/plant/narcissus-sempre-avanti-large-cupped-daffodil> (Erişim Tarihi: 14.09.2023).
- Anonim, 2023c. *Narcissus* spp. "Barret Browning". <https://www.gardenia.net/plant/narcissus-barrett-browning>, (Erişim Tarihi: 14.09.2023).
- Anonim, 2024. Süs bitkileri sektör raporu, süs bitkileri üreticileri birliği (SÜSBİR). <https://www.susbir.org.tr/belgeler/raporlar/sus-bitkileri-sektor-raporu-2024.pdf> (Erişim Tarihi: 9.07.2024).
- Ateş K, Demirkıran A. R, İnik O, 2019. Toprağa bazı doğal ve yapay gübre ilavelerinin çilek bitkisinin verim parametreleri üzerine olan etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 8(2), 23-28.
- Bademkiran, F, 2018. Siirt ili ekolojik koşullarında Nergis (*Narcissus* spp.) bitkisinin gelişimi ve besin elementi içeriği üzerine vermikompost ve vermisoil dozlarının etkisi. Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, s. 62.
- Bademkiran F, Çığ A, Türkoğlu N, 2018. Nergis (*Narcissus* cv.'Royal Connection') bitkisinin gelişimi üzerine katı ve sıvı solucan gübresi dozlarının etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(4), 676-684.
- Benschop M, Le Nard M, Okubo H, de Hertogh, 2010. The Global flower bulb industry: production, utilization, research. *Horticultural Reviews*, 36: 1. 1-15.
- Birol M, Günel E, 2022. Odun sirkesinin tarımda kullanımı. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Fen Bilimleri Dergisi, 9(1): 596-608.
- Çakır V, 2023. Elazığ İli Bağ Alanlarında Zararlı Unlu Bit Planococcus Ficus (signoret) (Hemiptera: Pseudococcidae)' nin Mücadelesinde Odun ve Fındık Sirkesinin Kullanılma Olanaklarının Belirlenmesi. Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Elazığ.
- De Groot N S P, 1998. Floriculture worldwide trade and consumption patterns, World Conference on Horticultural Products, Rome, 1-20 June, 75-98.
- Demirkıran A R, Özbay N, Demir Y, 2012. Leonardit ve inorganik gübrelemenin domates bitkisinin gelişimi üzerine etkileri. *Bingöl Üniversitesi Türk Doğa ve Fen Dergisi*, s. 48-52.
- Demirkıran A R, Cengiz Ç, 2010. Değişik organik materyaller (gidya, alsil, deniz yosunu, hümik asit, yosun ve torf) ile kimyasal gübre uygulamalarının antep fıstığı (*Pistacia vera* L.) fidanı üzerine etkilerinin incelenmesi. *Bingöl Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, s. 43-50.
- El Attar A B, Othman E Z, El Bahbohy R M, Mahmoud A X M, 2023. Efficiency of different potassium sources, and soil bio-fertilizers for growth, productivity and biochemical constituents of *Narcissus* (*Narcissus tazetta* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 46(10): 2416-2433.

- Ferdausi A, Chang X, Anthony H, Jones M, 2020. Galanthamine production in tissue culture and metabolomic study on Amaryllidaceae alkaloids in *Narcissus pseudonarcissus* cv. Carlton. *Industrial Crops and Products*, 144:1-12.
- Kaçan K, Özkul Ç, Sokat Y, 2018. Nergis ve sümbül yetiştiriciliğinde sorun olan yabancı otların belirlenmesi ve mücadele yöntemlerinin araştırılması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 55(1): 103-110.
- Kazaz S, 2012. Çiçek soğanlarının çoğaltılması ve yetiştirme teknikleri ders notları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı.
- Kolsarıcı Ö, Kaya M D, Day S, İpek A, Uranbey S, 2005. Farklı humik asit dozlarının ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) çıkış ve fide gelişimi üzerine etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 18(2), 151-155.
- Mun S P, Ku C S, 2010. Pyrolysis GC-MS analysis of tars formed during the aging of wood and bamboo crude vinegars. *Journal of wood science*, 56(1), 47-52
- Namlı A, Akça M O, Turgay E B, Soba M R, 2014. Odun sirkesinin tarımsal kullanım potansiyelinin araştırılması. *Toprak Su Dergisi*, 3(1), 44-52.
- Salman A, Zeybekoğlu E, Alp Ş, Özzambak M E, Wallace M Y, 2019. Performance of different *Narcissus* cultivars in Izmir ecological conditions. In XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Ornamental Horticulture and XI International 1263 (pp. 191-198).
- Sarıtaş F, Namlı, 2023. Farklı materyallerden elde edilen odun sirkesinin mısır bitkisinde verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 11(2), 154-161.
- Sönmez İ, Maltaş Ş, Sarıkaya H Ş, Doğan A, Kaplan M, 2019. Tavuk gübresi uygulamalarının domates (*Solanum lycopersicum* L.) gelişimi ve verim üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(1), 101-107.
- Taş F, Özgen İ, Aydoğmuş E, Koç İ, 2022. Farklı organik kaynaklardan elde edilen gübrelerin çilek bitkisinin bazı verim parametreleri ile topraktaki nematot trofik yapısına etkileri. 2. Başkent International Conference on Multidisciplinary Studies, February 24-25, Ankara, Full Text Book, s. 374-380.
- Uçar Ö, Soysal S, Erman M, 2020. Farklı leonardit dozlarının nohut (*Cicer arietinum* L.)'un verim ve bazı verim özelliklerine etkileri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 20: 917-921.
- Ülker G, Sökmen D, Ellialtıoğlu Ş, 2010. Ankara koşullarında nergis (*Narcissus pseudonarcissus*) soğanlarının dikim zamanının çiçek oluşumu üzerine etkisi. 4. Ulusal Süs Bitkileri Kongresi, 20-22 Ekim, Erdemli-Mersin, s. 395-404.



Mikroplastiklerin marul bitkisinin (*Lactuca Sativa* L.) fizyolojik karakteristikleri ile toprak özellikleri üzerine etkisi

● Sonay SÖZÜDOĞRU OK¹, ● Hanife AKÇA¹, ● Mehmet Burak TAŞKIN¹,
● Kıymet Deniz YAĞCIOĞLU², ● Muhittin Onur AKÇA^{1*}

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

²Ankara Üniversitesi Jeoloji Mühendisliği, Ankara

Öz

Bu çalışmada, mikroplastiklerin (MP) marul bitkisi (*Lactuca sativa* L.) ve toprak özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, polipropilen (PP), polietilen (PE) ve polyester (PES) MP'leri farklı oranlarda (%0, %0.5, %1, %2) toprağa uygulanmıştır. Yapılan sera denemesi sonuçlarına göre, marul bitkilerinin yaş ağırlıkları kontrole (46.0 g) kıyasla %1 PP ve %2 PE uygulamalarında sırasıyla 53.4 ve 52.7g bulunmuştur. Kuru ağırlık üzerinde ise MP uygulamalarının etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. %2 PE ve %0.5 PES uygulamaları ile toprak mikrobiyal biyokütle karbonu sırasıyla 58.7 mg C kg⁻¹ ve 52.3 mg C kg⁻¹ olarak bulunmuş ve bu artışlar istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (p<0.05). XRF analizleri sonucunda, MP'lerin toprak üzerindeki etkilerini daha iyi anlamak için, %2 PE, %2 PP ve %2 PES ilaveleri ile yapılan "toprak+MP" deneylerinde yanma kaybı (LOI) değerleri incelenmiştir. Sonuçta, kontrol grubunda %6.58 olan LOI değerinin %2 PE ile %9.85, %2 PP ile %8.65 ve %2 PES ile %7.85 olduğu görülmüştür. Bu artışlar, MP'lerin topraklarda uçucu organik madde kaybını artırdığını ve toprağın kimyasında değişimlere yol açtığını göstermektedir. Mikroplastiklerin bitki fizyolojisi üzerindeki etkilerini değerlendirmek için, yaprak nispi nem içeriği (NNİ) ve yaprak su tutma kapasitesi (YSTK) gibi parametreler incelenmiştir. %0.5 PES uygulaması ile NNİ %90.5 olarak ölçülmüş ve bu değer kontrole göre önemli bir artış göstermiştir (p< 0.05). Ancak, YSTK ve bitki membran permeabilitesi (BMP) üzerindeki etkiler istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Fenolojik gözlemler PES uygulamasında, sulamadan sonra PES'in toprak yüzeyine çıktığı ve marul yaprağının alt yüzeyine yapıştığı göstermiştir. Bu durum MP'lerin bitkisel ürünlerle gıda zincirine katıldığını; insanlar ve hayvanlar tarafından tüketilebileceğini göstermektedir. Sonuç olarak, MP'lerin tarımsal ekosistemler üzerindeki potansiyel etkilerini daha iyi anlamak için farklı dozlarda ve farklı MP türleri ile daha detaylı araştırmalar yapılmalıdır. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, MP kirliliğinin tarımsal ekosistemler üzerindeki potansiyel etkilerini ve bu etkilerin azaltılması için alınması gereken önlemleri ortaya koymaktadır.

Anahtar Kelimeler: Toprak, marul, mikroplastik, XRF, mikrobiyal biyokütle, bitki fizyolojisi.

The influence of microplastics on physiological characteristics of lettuce plant (*Lactuca Sativa* L.) and soil properties

Abstract

This study investigated the effects of microplastics (MPs) on lettuce plants (*Lactuca sativa* L.) and soil properties. The study involved the application of polypropylene (PP), polyethylene (PE), and polyester (PES) MPs to the soil at different rates (0%, 0.5%, 1%, 2%). According to the results of the greenhouse experiment, the fresh weight of lettuce plants increased by 53.4 g with 1% PP application and by 52.7 g with 2% PE application compared to the control (46.0 g). The effect of MP applications on dry weight was not statistically significant. The microbial biomass carbon in the soil was found to be 58.7 mg C kg⁻¹ with 2% PE and 52.3 mg C kg⁻¹ with 0.5% PES, and these increases were statistically significant (p< 0.05). As a result of XRF analyses, the loss on ignition (LOI) values were examined in "soil + MP" experiments with 2% PE, 2% PP, and 2% PES additives to better understand the effects of MPs on soil. It was found that the LOI value, which was 6.58% in the control group, was 9.85% with 2% PE, 8.65% with 2% PP, and 7.85% with 2% PES. These increases indicate that MPs contribute to the loss of organic matter in soils and lead to

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (312) 596 1188
E-posta : moakca@ankara.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 1 Ağustos 2024
Kabul Tarihi : 11 Eylül 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.1526281

changes in soil chemistry. To evaluate the effects of MPs on plant physiology, parameters such as relative water content (RWC) and leaf water holding capacity (WHC) were examined. The RWC was measured at 90.5% with 0.5% PES application, showing a significant increase compared to the control ($p < 0.05$). However, the effects on WHC and membrane permeability (MP) were not statistically significant. Phenological observations have shown that in the application of PES, after irrigation, PES surfaced on the soil and adhered to the underside of lettuce leaves. This indicates that MPs can enter the food chain through plant products and can be consumed by humans and animals. In conclusion, more detailed research should be conducted with different doses and types of MPs to better understand the potential impacts of MPs on agricultural ecosystems. The results of this study highlight the potential impacts of MP pollution on agricultural ecosystems and the measures needed to mitigate these effects.

Keywords: Soil, lettuce, microplastic, XRF, soil microbial biomass, plant physiology.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Günümüzde en önemli çevre kirliliği sorunlarından birisi de çeşitli alanlarda kullanılan plastik atıkların küresel ölçekte ekosistemde yayılması ve birikmesidir (Akça ve Sözüdoğru Ok, 2021; Akça ve ark., 2022; Akça ve ark., 2024). Plastik kullanımının çok sayıda faydasına rağmen, yetersiz kullanım ömrü, yeniden kullanılabilirlik ve geri dönüşüm oranlarının düşük olması, tek kullanımlık plastik uygulamalarının fazla olması gibi nedenler atık düzeyindeki yüksekliğe, çevreye yayılmasına ve kirlilik sorununun oluşmasına neden olmuştur (Geyer ve ark., 2017). Buna karşın plastik kullanımından kaynaklanan en önemli sorun ise bunların ayrışmaya karşı son derece dayanıklı olmaları ve doğada parçalanmalarının son derece yavaş olmasıdır. Bugünkü durum doğanın en önemli ayrıştırıcıları olan mikroorganizmaların yapay olarak elde edilen bu materyalleri parçalayıcı enzimlerinin pek etkin/ya da çok az etkin olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla çoğu mikroplastiklerin (MP) biyolojik olarak parçalanması oldukça zordur.

Plastik atıklar fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenler (ör. ultraviyole ışınlar, rüzgâr veya su erozyonu vb.) tarafından bozunabilir ve daha küçük parçacıklara bölünebilir, genellikle ortamda uzun yıllar kalmaktadır (Wright ve Kelly, 2017). Mikroplastikler, topraklara tarımsal plastik filmler, kompost, kaplı gübreler, arıtma suları, arıtma çamurları, fabrika artıkları, evsel atıklar (tekstil kaynaklı mikrofiberler), yüzey akışları gibi yollarla karışmaktadır (Piehl ve ark., 2018). Dünyanın farklı ülkelerindeki topraklarda (Avustralya, Çin, Şili ve İsviçre ve Türkiye gibi) çok sayıda MP tipi tanımlanmıştır. Ramos ve ark. (2015), tarımsal topraklarda kalıntı formunda polietilen plastik filmin (PE) tarımsal arazilerin yaklaşık %10'unda bulunduğunu bildirmiştir. Toprakta bulunan MP'ler çoğunlukla lif (fiber) ve parça (fragment) formlarında bulunmakta olup PE, Polipropilen (PP) ve Polyester (PES) çeşitleri daha yaygın görülmektedir (Fan ve ark., 2023).

Çin'de yapılan bir araştırmada çiftlik topraklarının yüzey ve yüzey altı topraklarında bulunan MP sayısı sırasıyla 78.00 ± 12.91 ve 62.50 ± 12.97 parçacık/kg olarak bulunmuştur. Bu MP'lerin boyutlarının 0.03–16 mm arasında, fiber (lif), film ve fragment şeklinde olduğu, PE (50.51%), PP (43.43%), PES (6.06%) çeşitlerinin hâkim olduğu belirtilmiştir (Liu ve ark., 2018). Topraktaki MP'ler, boyutuna, şekline, türüne ve miktarına bağlı olarak, toprağın agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, su tutma kapasitesi gibi fizikokimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (de Souza Machado vd. 2018). Mikroplastikler toprakta çatlakların oluşmasına neden olarak buharlaşmayı arttırmakta, toprağın nem içeriğini düşürmektedir (Wan vd, 2019). Yapılan çeşitli araştırmalar, MP'lerin karbon (C) ve azot (N) döngüsü, toprak mikrobiyal aktivitesi ve bitki besin maddelerinin bitki tarafından alınımı üzerinde olumsuz etkilerinin olduğunu ortaya koymuştur (Cao ve vd. 2017., Rilling, 2012). Ayrıca, bu MP'ler bitki verimini düşürmektedir (Boots ve ark., 2019). Yine, bir araştırmada Poliamid (PA) ve PE türü MP'lerin toprakta mikrobiyal aktivite üzerine önemli bir artışa neden olduğu, PMMA ve PES türü MP'lerin ise mikrobiyal aktiviteyi azalttığı bildirilmiştir (de Souza Machado ve ark., 2018), Bu nedenle MP'lerin toksikolojik özelliklerini anlamak için toprak ortamı üzerindeki etkilerini değerlendirmek hayati önem taşımaktadır.

Karasal ekosistemlerde, bitkilerin MP stresine maruz kaldığı ve bu durumun genel bitki büyümesini ve gelişimini etkilediği belirtilmektedir (Jia ve ark., 2023). Mikroplastik stresi (i) bitkinin fiziksel büyümesini, tohum kabuğundaki veya köklerdeki gözeneklerin tıkanması yoluyla su ve besin alınımı değiştirme ve (ii) mikroplastiklerin toprağı çatlatma etkilerinin artması nedeniyle kuraklığın oluşması ve verimliliğin azalması şeklinde etkileyebilmektedir. Mikroplastik stresi altında fizyolojik büyümede görülen azalma (i) aşırı reaktif oksijen türlerinin üretimi, (ii) yaprak ve kökte değişiklik, (iii) bozulmuş hormonal regülasyon, (iv) klorofil ve fotosentezde düşüşler yoluyla görülmektedir. Bu etkiler bitki türlerine, bitki dokularına, MP türüne ve MP dozuna bağlı olarak değişmektedir. Ayrıca MP'lerin etkileri yapılarında bulunan farklı fonksiyonel gruplara ve parçacık büyüklüğüne bağlı olarak da değişim göstermektedir.

Önceleri yalnızca deniz organizmaları için bir tehlike olarak görülen MP'ler, kademeli ve kaçınılmaz bir şekilde besin zincirine sızarak insan sağlığını da etkileyen bir hal almıştır (Kutralam-Muniasamy ve ark., 2023). Son tahminlere göre insanların MP'lere maruz kalması yılda 74.000 ila 121.000 parçacık arasında değişmektedir (Cox ve ark., 2019). Mikroplastikler, toprak mikrobiyal-bitki-hayvan ekosisteminin işlevini ve sağlığını tehdit etmekte, besin zinciri yoluyla insan vücuduna girebilmekte, karmaşık besin zincirleri aracılığıyla bazı hayvan ve bitkilerde bulunmakta olup insan sağlığı için tehdit oluşturmaktadır (Prata ve Dias-Pereira, 2023). Bu nedenle MP'ler ekolojik çevreyi tehdit eden yeni bir kirletici olarak değerlendirilmektedir.

Hayvanlar üzerinde yapılan çalışmalar 150 µm'ye kadar küçük MP'lerin hücre zarından geçebildiğini ve organlara yerleşerek oksidatif stres de dahil olmak üzere birçok sağlık riski oluşturduğunu göstermiştir. Bu etkilerin başında inflamatuvar etkiler, çeşitli metabolik bozukluklar ve hücre deformasyonları gelmektedir (Wright ve Kelly, 2017; Rahman ve ark., 2021).

Mikroplastiklerin kan dolaşımı yoluyla tüm vücuda taşındığı ve MP'lerin varlığının dalak, karaciğer, kolon, akciğer, dışkı, plasenta, anne sütü vb. gibi 15 insan biyolojik bileşeninde bulunduğu belirlenmiştir. Yüksek içeriğe sahip organlar kolon (28,1 parçacık/g) ve karaciğerdir (4,6 parçacık/g). Tespit edilen MP'lerin ana türleri PE, PET, PP, PS, PVC ve PC'dir (Kutralam-Muniasamy ve ark. 2023).

Toprakta MP birikiminin göz ardı edilemeyecek bir düzeye ulaştığı göz önüne alındığında (Makhdoumi ve ark., 2023), yenilebilir bitkiler tarafından MP'lerin daha yüksek oranda alınmasının insanlar için ciddi sağlık riskleri oluşturabileceğinden, MP kaynaklı toksik etkilerin bitkiler üzerinde incelenmesi önem taşımaktadır.

Marul dünyada en çok tüketilen ve farklı çeşitleri olan bir bitkidir. Mikroplastiklerin marul bitkisi üzerine etkilerini araştıran çalışmalar bulunmaktadır, ancak bu çalışmalarda daha çok tarımsal topraklarda bulunan LDPE ve PVC, gibi MP'lerle çalışılmıştır. Bu MP'ler farklı konsantrasyonlarda ve farklı şekillerde (yani parçalar, lifler) ele alınmıştır (Gao ve ark., 2021). Özellikle, farklı konsantrasyonlarda farklı şekillerde (yani parçalar, lifler) düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve PVC hedef MP'ler olarak kullanılmıştır. LDPE ve PVC, genellikle tarımsal topraklarda buldukları için kullanılmıştır (Hasan ve Jho, 2023). Birkaç güncel çalışma esas olarak PE dahil olmak üzere geleneksel MP'lere odaklanmıştır, MP'lerin marul bitkisinin gelişimi üzerindeki etkileri konusunda hala karşılaştırmalı araştırmalar eksiktir. Bu çalışmada, farklı boyut ve türdeki polipropilen (PP), Polietilen (PE) ve polyester (PES) olmak üzere üç farklı MP'nin yetiştirme ortamında bulunması halinde marul bitkisinin bazı fizyolojik özellikleri ile toprak özellikleri üzerine olası etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada kullanılan toprak örneği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü deneme alanından (39° 57'44''K, 32° 51' 46''D) ve 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneği laboratuvarda kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten elenerek temel analizler yapılmıştır. Ayrıca 4 mm'lik elekten elenen kısım sera denemesi için kullanılmıştır.

Toprak örneğinde fiziksel ve kimyasal özelliklerden; tekstür (Bouyoucos, 1951), toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) 1:2.5 toprak:su karışımında (Jackson, 1958), % kireç (CaCO₃) (Hızalan ve Ünal 1966), % organik madde (Jackson, 1958), toplam N (Bremner, 1965), alınabilir P (Olsen ve ark. 1982), alınabilir K (Jackson, 1958) belirlenmiştir. Mikrobiyal Biyokütle Karbon (Cmic-SIR) analizi (Anderson ve Domsch, 1978) tarafından bildirildiği şekilde yapılmıştır. Ayrıca sera denemesi sonrası %2 MP uygulanmış toprak örneklerinde XRF (X ışını Floresans) analizleri yapılmıştır (PED-XRF; Spectro XLAB 2000) (Kadioğlu ve ark., 2009). Raman spektroskopisi ile mikroplastiklerin türleri belirlenmiştir (Crawford and Quinn, 2017)

Araştırmada MP'lerin uygulama dozu olarak % 0.5, %1 ve %2 olarak seçilmiştir. Wang ve ark. (2019b) insan faaliyetlerinden etkilenen topraktaki MP düzeylerinin ekstrem koşullar hariç toprak ağırlığının yalnızca >%0,1'i düzeyinde olabileceğini, yüksek dozların laboratuvar koşullarında kullanıldığını ve yüksek dozlardan elde edilen sonuçların düşük dozlarda oluşmayabileceğini belirtmiştir.

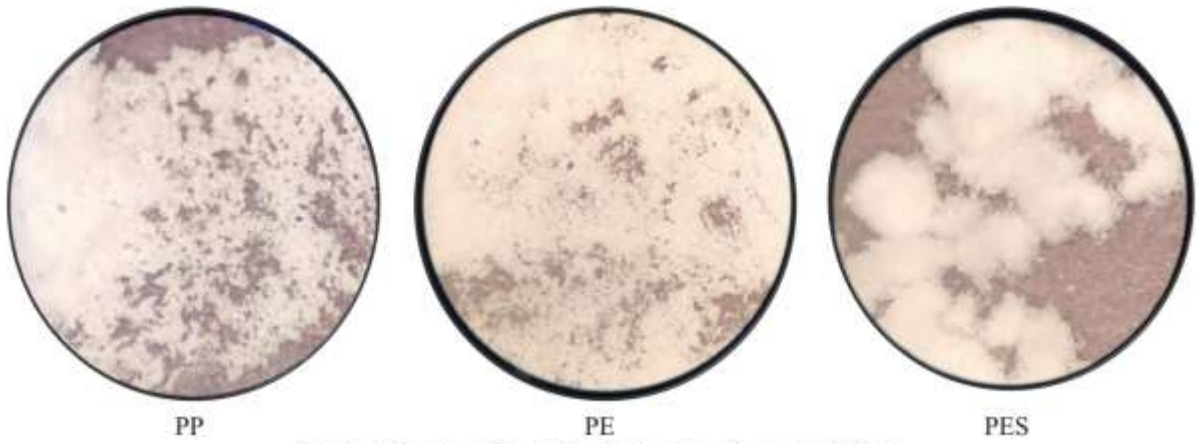
Denemede 3 farklı çeşit MP kullanılmıştır. Polietilen (PE) toz halinde ve 125 µm boyutunda, Polipropilen (PP) toz halinde ve 90 µm boyutunda, Polyester (PES) yumak (flock) halinde ve 250 µm boyutundadır. Plastiklerin laboratuvarlarda küçük boyutlara ayrılması güç ve teknik isteyen bir iş olduğu için yurt dışından ticari bir firmadan sağlanmıştır (<https://goonveanfibres.com>). Mikroplastiklerin özellikleri şu şekildedir: Polietilen, standart fiber (lif, elyaf); düşük sürtünme, elektrik yalıtımı, kimyasal ve solvent direnci, sıfır su emme, esneklik, darbe dayanımı ve direnci ve yorulmaya karşı direnç gibi birçok özellik gösteren bir

materyaldir. Bu nedenle, Őeffaf gıda ambalajları, alışveriş çantaları ve yakıt depoları gibi ürünlerde dünya çapında en çok kullanılan plastiktir. Polietilen, etilen monomerinin polimerizasyonundan elde edilir ve kimyasal formülü (C₂H₄)'dir. Nem kapsamı: % 0.0-0.1, erime noktası 124-136 °C, dağılım 0.95g/cm³. Polietilen toksik değildir ve gıda güvenliği onaylıdır, bu da liflerin gıda işleme parçaları ve tıbbi aletler için uygun olmasını sağlamaktadır.

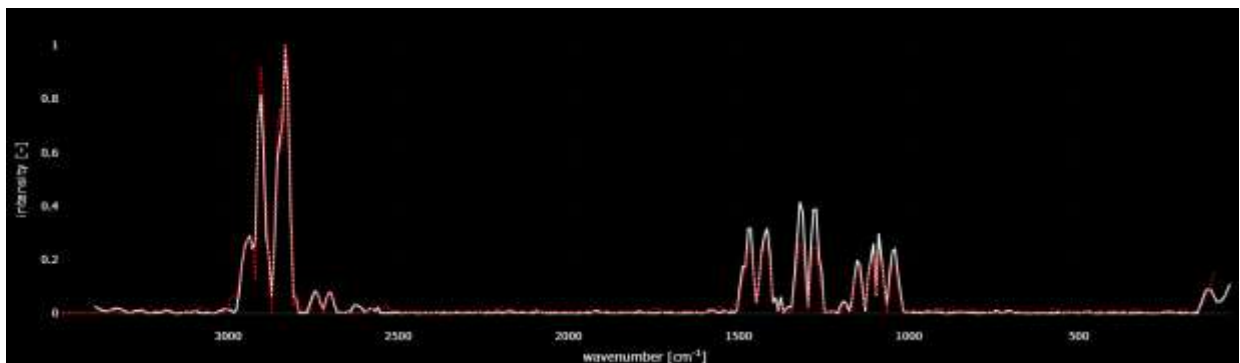
Polipropilen; halat, halı, döşeme ve giyim gibi ürünleri geliştirmek yaygın olarak kullanılmaktadır. Genellikle "PP yumak" olarak adlandırılan PP tozu, dayanıklılık ve esneklik sağlamak için üretim sırasında malzemelere eklenmekte olup en çok güvenlik kağıtları ve kâğıt paraların üretiminde kullanılmaktadır. Yorulmaya karşı direnci, düşük erime noktası, geri dönüştürülebilirliği, düşük nem emilimi, yüksek stresli ortamlarda dayanıklılığı ve uygun fiyatı nedeniyle dünyadaki en popüler plastiklerden biridir. Polipropilen elyaflar çeşitli uygulamalar için uygundur. Ağırıklı olarak otomotiv endüstrisinde, ambalajda, modada, sporda ve tıpta kullanılmaktadırlar. C_nH_{2n} monomerine dayanan doğrusal bir yapıya sahiptir ve orijinal olarak propilen gazından üretilmiştir. Nem içeriği % <2, erime noktası °C 110 -170, yoğunluğu 0,90-0,91g/cm³'dir. Polyester, yumak(flok)/öğütölmüş polyester, polietilen tereftalat ve PET elyaf olarak da bilinir ve kumaş, ambalaj, kaplama, pil, takviye ve daha fazlasının üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Polyester elyaf 1,6–12 mm uzunluktaki elyaflardan oluşmaktadır. Tekstil ürünleri, iplikler ve halatlar, emniyet kemerleri, plastik takviyeler, yalıtım ürünleri üretiminde ve müzik aletleri de dahil olmak üzere yüksek kaliteli ahşap ürünlerin kaplamasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Giyim ve tekstil üretiminde dünyanın en popüler elyafıdır. Kimyasal yapısı, ağırlığının en az yüzde 85'i dihidrik alkol (HO-CH₂-CH₂-OH) ve tereftalik asit (p-HOOC-C₆H₄COOH) esterinden oluşan uzun zincirli sentetik bir polimerdir.

Mikroplastiklerin binoköler mikroskop görüntüleri Şekil 1'de, kimyasal yapısını gösteren Raman spektrumları Şekil 2'de verilmiştir. Raman spektrumları cihazın kütüphanesindeki referans örneklerle tanımlanarak çeşitleri belirlenmiştir (Munno ve ark., 2020).

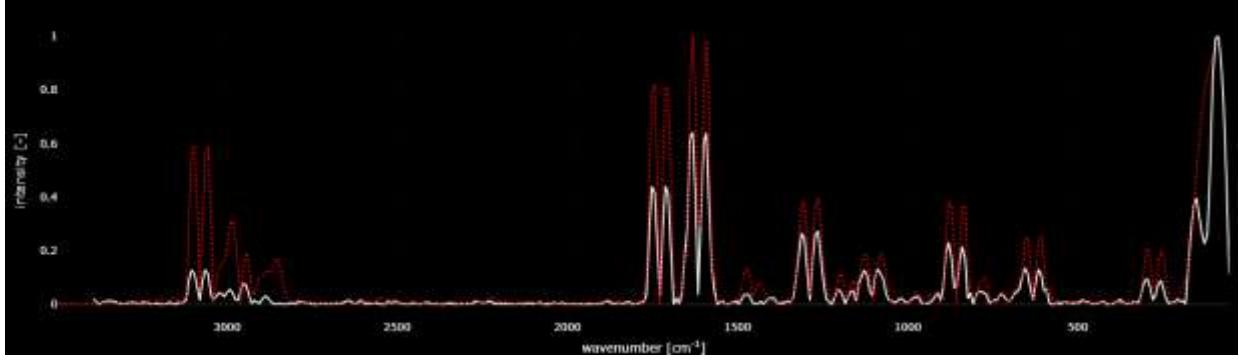
Mikroplastiklerin Raman spektrumları Şekil 2 a-b-c'de gösterilmiştir. Şekiller üzerindeki kırmızı pikler Raman Spektroskopisi Kütüphanesinden elde edilen pikleri, beyaz pikler ise materyale ait pikleri ifade etmektedir.



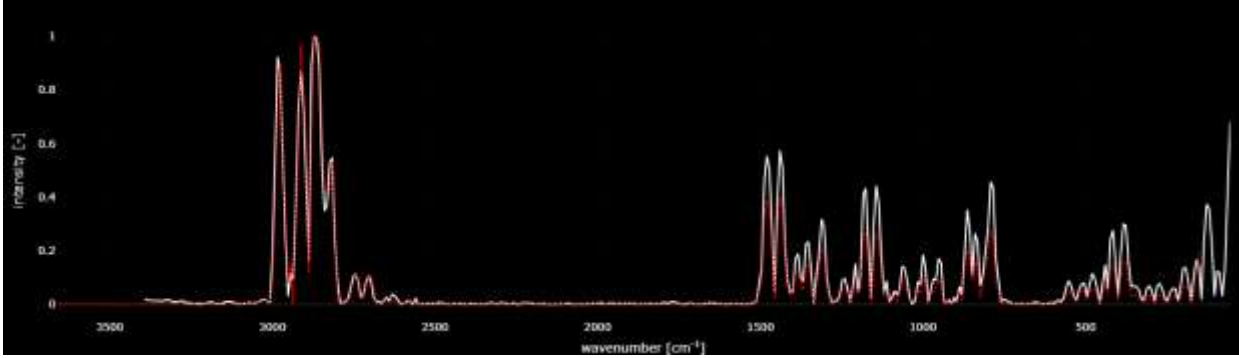
Şekil 1. Mikroplastiklerin binoköler mikroskop görüntüleri



Şekil 2a. Raman PES spektrumu



Şekil 2b. Raman PE spektrumu



Şekil 2c. Raman PP spektrumu

Sera Denemesi

Sera denemesinde her bir saksı için 400 gram hava kuru toprak örneği tartılmıştır. Mikroplastikler PE, PP ve PES'ten her biri % 0, % 0.5, % 1 ve % 2 oranlarında tartılarak bu toprak örneklerine ilave edilmiş ve mümkün olduğunca homojen dağılımın sağlanması için iyice karıştırılmıştır. Daha sonra bu karışımlar 15x7 cm boyutlarındaki 500 g'lık saksılara doldurulmuştur. Denemede piyasada bulunması daha kolay olduğu için plastik saksı ve naylon torba kullanılmıştır. Bunlardan gelecek olası etkilerin kontrol uygulaması ile bertaraf edileceği varsayılmıştır. Daha sonra her bir saksıya 1 adet marul fidesi (*Lactuca sativa* L. cv. *Caipira*) dikilmiş ve temel gübreleme amacıyla N kaynağı olarak (NH₄)₂SO₄, P ve K kaynağı olarak KH₂PO₄ sırasıyla 100, 100 ve 125 mg/kg düzeyinde tüm saksılara verilmiştir. Topraklarda nem düzeyi tarla kapasitesinin %70'i oranında tutulacak şekilde bitkiler sulanmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Bitkiler 12. hafta sonunda hasat edilmiştir. Bitkilerde fenolojik gözlem ve aşağıda belirtilen bazı fizyolojik analizler yapılmıştır.

Bitki Analizleri

Toprak Üstü Yaş Ağırlık (g/bitki): Saksılardan hasat edilen bitki üst aksamlarının, su kaybetmelerine izin verilmeden, 0.001 grama duyarlı dijital terazide tartılarak yaş ağırlıkları g/bitki olarak belirlenmiştir.

Toprak Üstü Kuru Ağırlık (g/bitki): Kök boğazından kesilerek yaş ağırlıkları alınan bitki örneklerinin etüvde 70°C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek kuru ağırlıklarının 0.001 grama duyarlı dijital terazide tartılarak bulunmuştur.

Nispi nem içeriği (NNİ): Hasat öncesinde bitkilerden alınan yaprak örnekleri önce hemen tartılarak yaş ağırlıkları (YA) belirlenmiştir, sonra örnekler 4 saat saf suda bekletilerek turgor haline getirilip tekrar tartılmıştır (TA). Tartım sonrası bu örnekler 60°C'de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında 24 saat kurutulup kuru ağırlıkları belirlendikten sonra aşağıda verilen eşitlik (I) yardımıyla yaprakların nispi nem içeriği hesaplanmıştır (Dhanda ve Sethi, 1998).

$$NNİ: [(YA-KA)/(TA-KA)] \times 100 \quad (I)$$

Bitkide yaprak su tutma kapasitesi (YSTK): Yaprak örnekleri tartılarak (Wd) verilen eşitlik (ii) yardımıyla yaprak su tutma kapasitesi belirlenmiştir (Clarke ve McCaig, 1982; Golestani ve Assad, 1998). (T2-T1) iki ölçümün yapıldığı zaman aralığını ifade etmektedir (2 saat).

$$\text{YSTK: } (W_0 - W_2) + (W_2 - W_4) + (W_4 - W_6) / 3 \times W_d \times (T_2 - T_1) \quad (\text{II})$$

(W₀: örnekleme sonrası ilk tartım; W₂: örnekleme sonrası 2. saat tartımı; W₄: örnekleme sonrası 4. saat tartımı; W₆: örnekleme sonrası 6. saat tartımı)

Bitkide membran permeabilitesi (BMP): Hasat öncesinde alınan yaprak örnekleri (0.1 g) önce musluk suyu ile daha sonra saf su ile yıkanmıştır. Daha sonra bitki örnekleri 10 ml saf su içerisinde 40°C'de 30 dakika bekletilip çözeltinin EC'si ölçülmüştür (C₁), ikinci aşamada su banyosunda 100°C'de 10 dakika daha bekletilen örnekte EC tekrar ölçülerek (C₂), verilen eşitlik (iii) ile hesaplanmıştır (Premchandra ve ark., 1990; Sairam, 1994).

$$\text{BMP (\%): } [1 - (C_1/C_2)] \times 100 \quad (\text{III})$$

İstatistiksel analiz:

Uygulamalara bağlı olarak bitki ve toprak parametrelerindeki farklılıklar tesadüf parselleri deneme tertibinde OriginPro 2021 (OriginLab Inc., Northampton, MA, ABD) istatistik programı kullanılarak Tukey HSD testine göre (p<0,05) değerlendirilmiştir. Mikroplastik uygulamalarına bağlı olarak yanma kaybı eksilmesinin yönelimini belirlemek amacıyla temel bileşen analizi (PCA) yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Toprak özellikleri

Araştırmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Buna göre çalışmada kullanılan toprak killi tın bünyeli, hafif alkalın, tuzsuz, orta kireçlidir. Organik madde, azot ve fosfor içeriği düşük, potasyum kapsamı yüksektir.

Çizelge 1. Çalışmada kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

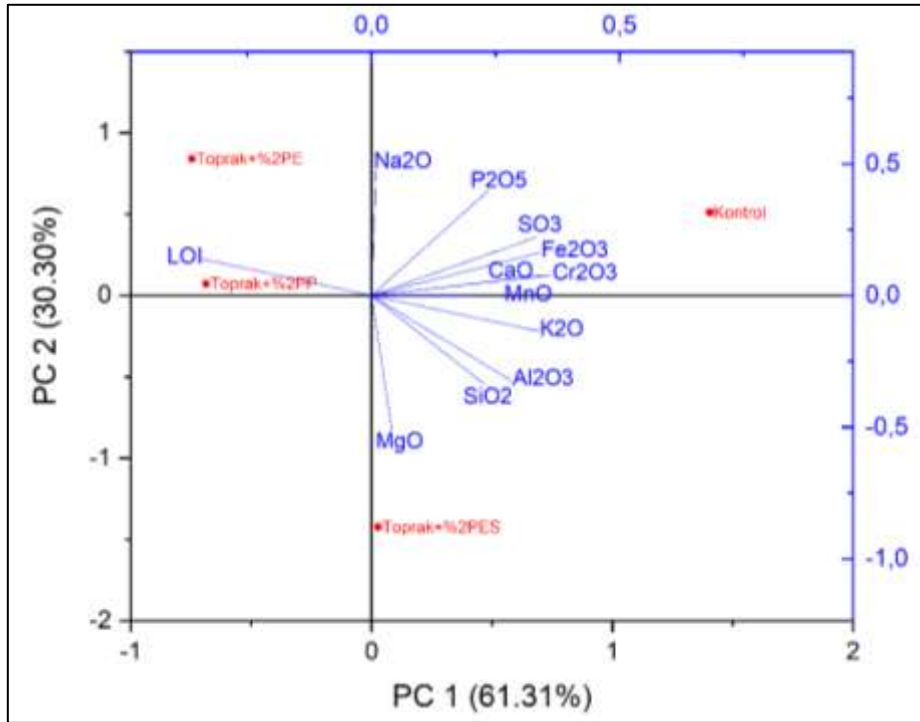
Özellikler	Sonuçlar
pH (1:2.5 toprak/su)	7.53
EC (1:2.5 toprak/su) dS m ⁻¹	0.46
Organik madde (g kg ⁻¹)	17.7
Kireç (g kg ⁻¹)	70.9
Tekstür	Killi tın
Toplam N (g kg ⁻¹)	0.60
P (NaHCO ₃ ekstraksiyonu mg kg ⁻¹)	6.40
K (NH ₄ OAc ekstraksiyonu mg kg ⁻¹)	1068

Deneme toprağının inorganik bileşimi hakkında bilgi edinmek amacıyla toplam bileşik ve element içerikleri kısa sürede sonuç vermesi nedeniyle XRF ile belirlenmiştir (Çizelge 2). Çizelgeden de görüldüğü gibi toprağın SiO₂ oranı yüksek olup (%59.8), Al₂O₃ (%14.6) CaO (%5.82), Fe₂O₃ (%5.73) ve K₂O (%2.09) şeklinde bir dağılım göstermektedir.

Çizelge 2. Toprak örneğinin XRF ile belirlenen kimyasal bileşimi

Toprak örneği			
Bileşikler	(%)	Elementler	ppm
Na ₂ O	0.89	Co	33.9
MgO	2.46	Ni	66.6
Al ₂ O ₃	14.6	Cu	37.5
SiO ₂	59.8	Zn	81.0
P ₂ O ₅	0.26	Ga	17,1
SO ₃	0.38	Ge	1.60
Cl	0.03	As	17.7
K ₂ O	2.09	Se	0.30
CaO	5.82	Br	5.00
TiO ₂	0.86	Rb	65.8
V ₂ O ₅	0.02	Mo	3.30
Cr ₂ O ₃	0.02	Cd	0.80
MnO	0.11	I	1.70
Fe ₂ O ₃	5.73	Ba	400
LOI	6.58	Hg	0.4
		Pb	29.3

XRF metodu ile toprakta kaydedilen yanma kaybı (LOI, Loss on Ignition) değerleri uçucu organik madde değerlerini göstermektedir. XRF analizi yapılarak yanma kaybı değerinden organik kısma etkisi olup olmadığına bakılmıştır. Deneme toprağında yanma kaybı değeri %6.58 olarak belirlenmiştir. Mikroplastiklerin toprakta organik uçucu bileşik kaybına dahil olup olmadıklarını görmek için % 2 PP, PE ve PES ilave edilen deneme saksılarından alınan örneklerde % yanma kaybı belirlemesi yapılmıştır. Deneme toprağında %6.58 iken, PP ilave edilmiş toprakta %8.65, PE ilave edilen toprakta %9.85 ve PES ilave edilen toprakta %7.85 bulunmuştur. Değerlerden de görüleceği üzere MP ilavesi ile yanma kaybında artışlar görülmüştür. Bu durum MP'lerin uçucu organik maddelerle birlikte yanarak topraktan uçucu organik madde kaybına katıldıklarını göstermektedir (Şekil 3). Bazı MP belirlemelerinde ısıtma yöntemi (130°C, 3–5 h) uygulanarak MP'lerin şekli, boyutu ve miktarları görsel olarak belirlenebilmektedir. Daha da önemlisi, bu yöntemin toprak organik maddesinden (OM) etkilenmediği, daha küçük parçacıkların (<100 µm) tanımlanmasını sağladığı, toprakta PE ve PP tayini için uygun olduğu belirtilmektedir (Zhang ve ark., 2018). Mikroplastik uygulamalarının %2 doz uygulanmış topraklarda XRF analizi sonucu bileşiklerdeki yanma kaybı eksilmesi üzerine etkiyi görebilmek için temel bileşen analizi (PCA) yapılmış ve elde edilen dağılımlar Şekil 3'de gösterilmiştir.



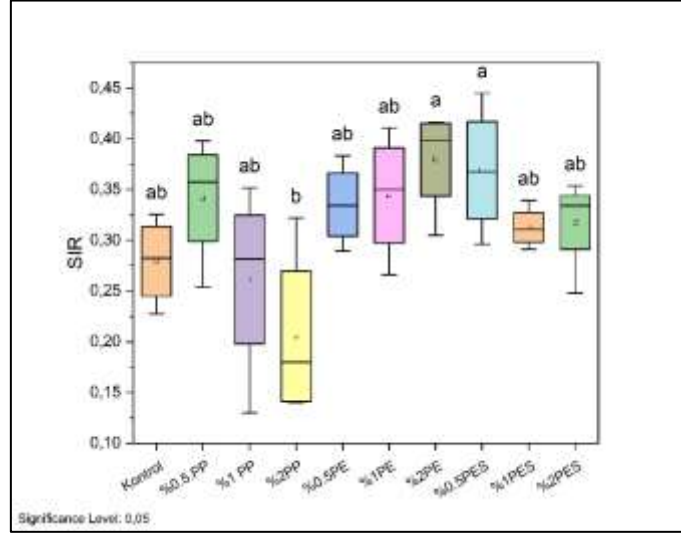
Şekil 3. Uygulamalara bağlı olarak LOI değerinin temel bileşen göstergesi

PCA analizinde elde edilen eigenvalue (özdeğer) değerlerine göre, birinci ana bileşen (PC1) toplam varyansın %61.31'ini (7.35729), ikinci ana bileşen (PC2) %30.30'unu (3.63568), ve üçüncü ana bileşen (PC3) %8.39'unu (1.00704) açıklamaktadır. Bu bileşenler toplam varyansın %100'ünü açıklamaktadır. PCA grafiğinde, LOI değerleri, "Toprak+%2PE" ve "Toprak+%2PP" uygulamalarıyla aynı yönelimi göstermektedir, bu da bu uygulamaların LOI üzerinde benzer etkiler yarattığını ve kimyasal bileşim açısından benzer özellikler taşıdığını göstermektedir. İlk iki bileşen (PC1 ve PC2) birlikte verinin %91.61'ini açıkladığı için, bu bileşenler LOI ve toprak uygulamaları arasındaki ilişkiyi büyük ölçüde temsil etmektedir (Şekil 3).

Toprak örneklerinde mikrobiyal biyokütle karbonu (Cmic-SIR) belirlenmiştir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi (yaklaşık 10 µm'den daha küçük olan ve toprakta yaşayan organizmalar) organik maddenin çok küçük bir kısmını oluşturmaya rağmen organik maddeye göre çok daha dinamikdir, topraktaki değişimlere çok hızlı tepki vermektedir, diğer taraftan mikrobiyal biyokütlenin toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tepkisi ise nispeten çok yavaştır (Schloter ve ark., 2003; Babujia ve ark., 2010). Dolayısıyla toprak yönetiminden kaynaklanan mikrobiyal biyokütledeki ölçülebilir değişiklikler, toprak verimliliğinde meydana gelen değişiklikleri yansıtabilmektedir. Bu sebepten dolayı toprak verimliliğini belirlemede indeks olarak kullanılabilir.

Mikroplastığın tip ve doz uygulamalarının SIR değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.05). Uygulamalardan %2 PE ve %0.5 PES toprakların Cmic miktarı (SIR), %2 PP dozu ile

kıyaslandığında; daha yüksek Cmic değerlerine sahip olduğu görölmektedir (Şekil 4). Bazı mikroorganizmalar MP'lerin C'nunu hazır karbon kaynağı olarak kullanabilmektedir. Rillig ve ark. (2019) MP'lerdeki karbon ve diğer elementleri kullanabilen mikroorganizmaların ortamdaki diğer mikroorganizmalara göre daha fazla avantaja sahip olduğunu belirtmiştir. Yine bazı mikroorganizmaların hücre zarları oluşturmak için MP'lerdeki karbon atomlarını kullandıkları saptanmıştır (Rochman ve Hoellein, 2020). Bu araştırma sonuçlarından topraktaki mikrobiyal biyokütlenin MP çeşitlerinden ve dozundan etkilendiği ortaya çıkmıştır.



Şekil 4. Mikroplastik uygulamalarına bağlı olarak mikrobiyal biyokütle karbonundaki değişimler

Cheng ve ark. (2021), yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE) ve polipropilen (PP) MP'lerinin toprak bakteri çeşitliliği üzerinde etkilerini gözlemlemiş ve bu MP'lerin bakteri topluluğunun yapısını değiştirerek bakteri popölasyonunu azaltmaktan sorumlu olduğunu belirtmiştir. Mikroplastikler mikrobiyal işlevselliği arttırmış, toprak organik karbon kaybını hızlandırmıştır. Polietilen, mikrobiyal zenginliği önemli ölçüde azaltırken polipropilen bunu önemli ölçüde arttırmıştır (Li ve ark., 2023).

Bitkide yaş ve kuru ağırlık

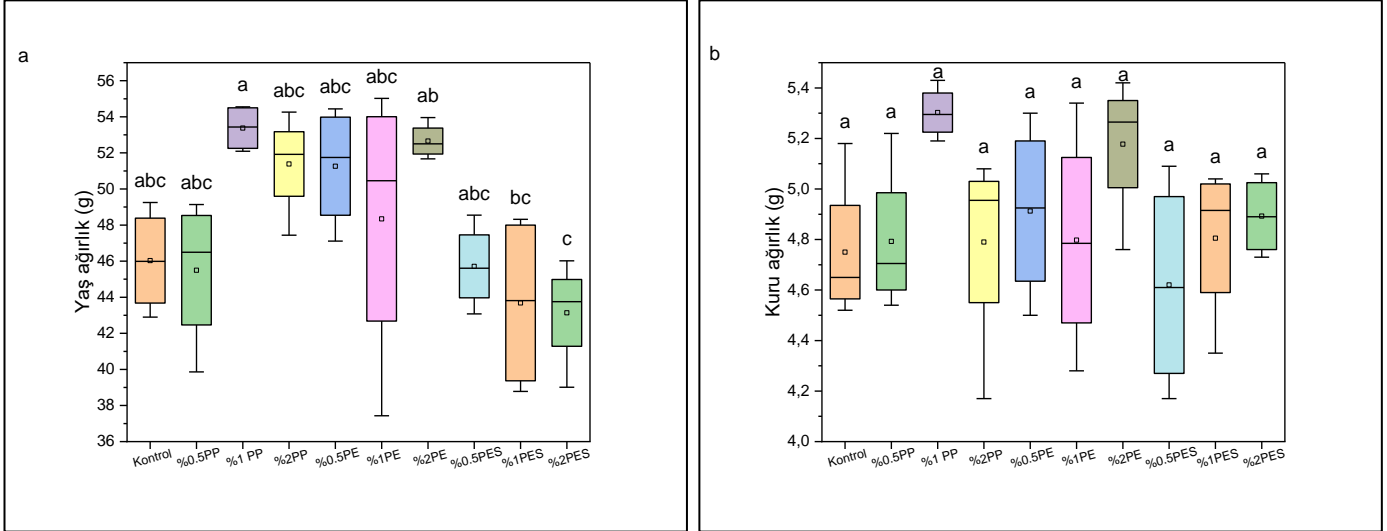
Fenolojik gözlemler MP uygulamalarının (PE, PES ve PP) bitki görünüşüne herhangi bir olumsuz etkide bulunmadığını göstermiştir. Sera denemesine ait görünüm Şekil 5'de verilmiştir.



Şekil 5. Sera denemesinin görünümü

Hasat edilen bitkilerde yaş ve kuru ağırlık sonuçları Şekil 6a-b'de verilmiştir. Bitkinin yaş ağırlıkları üzerine MP uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Kontrol uygulaması (46.0 g) ile karşılaştırıldığında %1 PP (53.4 g) ve %2 PE (52.7 g) uygulamalarında önemli oranda yüksek yaş ağırlık değerleri belirlenmiştir. Bu durum MP'lerin, çeşidine bağlı olarak, toprakta buharlaşmaya engel teşkil ederek toprak nem seviyelerinde artışa neden olduğu şeklinde yorumlanabilir (Qin ve ark., 2015). Mikroplastik uygulamaları bitki kuru ağırlığı üzerine önemli bir etkide bulunmazken ($p > 0.05$), yaş ağırlıkta olduğu gibi

%1 PP ve %2 PE uygulamaları ile daha yüksek kuru ağırlık değerlerine ulaşılmıştır (Şekil 6a-b). Mikroplastiklerin %0.5'lik uygulamaları kontrol ile benzerlik göstermiş, istatistiksel bir fark bulunmamıştır. Polyester uygulamalarında kontrole göre artan doza bağılı olarak belirgin düşüşler gözlenmiş fakat bu düşüşler istatistiki açıdan önemli olmamıştır. Polyester günlük yaşamda su geçirme özelliği ile bilinir. Polipropilen ve PE bitkide su artışı sağlarken PES'de tersine bir durum izlenmiştir. Hasan ve Jho (2023), marul bitkisinin gelişimi üzerine düşük yoğunluklu polietilen (LDPE)'in (parçacık ve lif) etkisini araştırdıkları çalışmada; uygulamanın %0'dan %3'e yükselmesi ile marul büyüme parametrelerinin olumsuz etkilendiğini belirtmişlerdir. Ortalama yarı çapı 40 µm (26–100 µm) olan PE uygulamalarında 0.1 and 1% PE MP'lerin sürgün yaş ve kuru ağırlığını azalttığını belirtmişlerdir.



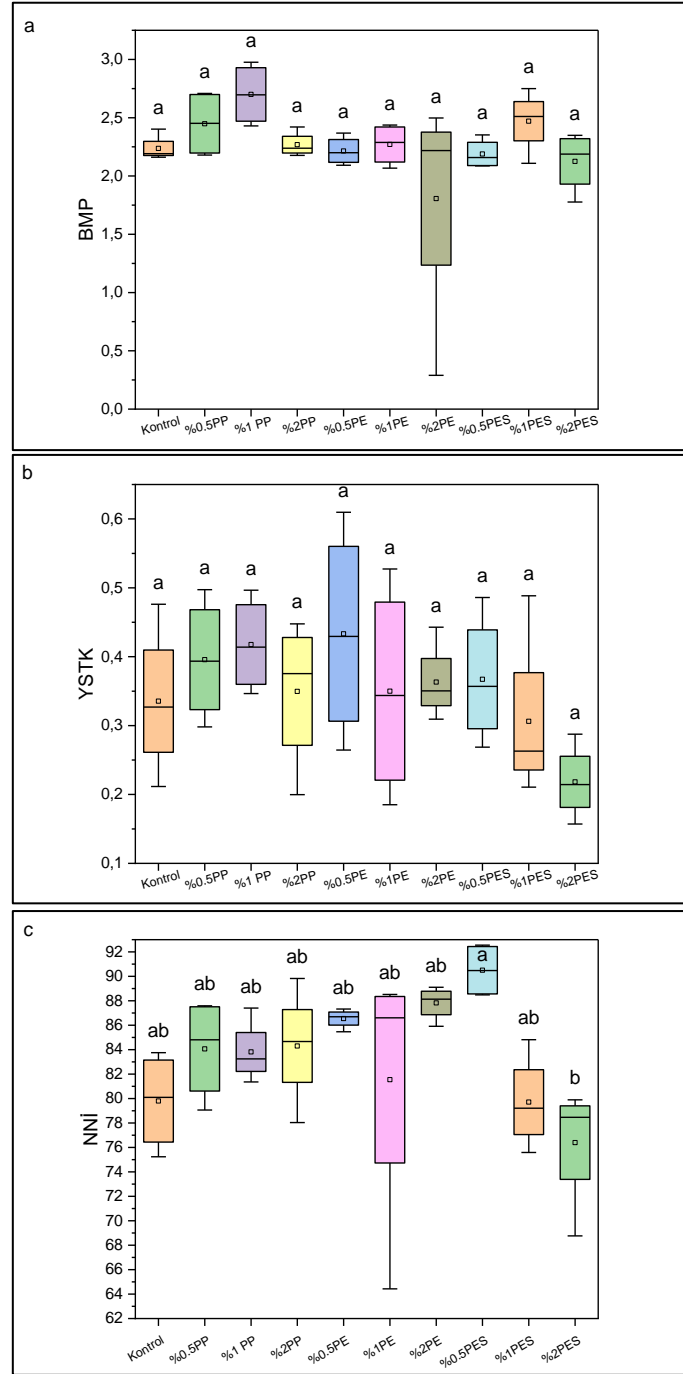
Şekil 6. Mikroplastik uygulamalarına ait yaş ağırlık (a), kuru ağırlık (b)

Mikroplastik uygulamalarının bitkinin bazı morfolojik özellikleri üzerine etkileri Şekil 7a-b-c' de verilmiştir. Bitki membran geçirgenliği üzerine MP uygulamalarının etkisi önemli olmasına rağmen, kontrole karşılaştırıldığında kaynaklar ve dozlarının bir farklılık oluşturmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Yine yaprak su tutma kapasitesi üzerine uygulamaların herhangi bir etkisi olmamıştır ($p>0.05$). Yaprak nispi nem içeriği üzerine uygulamaların etkisi önemli bulunmuş olup, polyesterin %0.5 dozu (90.5 %) kontrole göre önemli oranda artış sağlayan tek uygulama olmuştur ($p<0.05$).

Mikroplastik uygulamalarının marul bitkisinin fizyolojik özelliklerinden membran geçirgenliği (%), yaprak su tutma kapasitesi (%), yaprak nispi nem içeriği (%) üzerine önemli etkide bulunmadığı saptanmıştır. Bu etkinin uygulama dozlarının düşük olmasıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir. Diğer yandan PES uygulamasında toprak yüzeyinde sulamadan sonra PES'in toprak yüzeyine çıktığı gözlemlenmiştir. Ayrıca marul yaprağının alt yüzeyine yapıştığı gözlenmiştir (Şekil 8).

Diğer MP uygulamalarında ise bu durum gerek toprak yüzeyi ve gerekse bitki yapraklarında gözlenmemiştir. Burada PES'in yoğunluğunun ve yapısının etkili olduğu düşünülmektedir. Marulun alt yaprak yüzeylerine MP'nin yapışması besin zincirine girmesini hem kolaylaştırabilir hem de arttırabilir. Mikroplastığın boyutu küçüldükçe bu oran daha da artabilir. Bu bulgu son derece önem taşımaktadır. İnsanların günde en az bir öğün salata olarak marul tükettiği varsayılırsa MP'lerin insanlara ulaşmasının en kolay yolunun gıda olduğu görülmektedir.

Conti ve ark. (2020) piyasadan topladıkları çeşitli sebze ve meyvelerin üzerlerinde MP bulunup bulunmadığını araştırmışlar ve en fazla MP'nin elmada bulunduğunu Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) analizi ile belirlemişlerdir. Marulda bulunan MP sayısı 50550 g/kuru ağırlık, boyutu ise ortalama 2,52µm (2,18–2,78) olarak saptanmış, bu rakamların elmada bulunandan daha düşük olduğu belirtilmiştir. Lizbon kentsel bahçelerinde yapılan bir çalışmada yetiştirilen marul bitkilerindeki MP içeriği, kırsal bir alanda yetiştirilen bitkilerle ve süpermarketlerden satın alınan örneklerle karşılaştırılmıştır. Mikroplastikler, tüm yıkanmış yapraklarda tespit edilmiş olup, ortalama seviyeler 6,3±6,2 ile 29,4±18,2 MP/g arasında değişmiştir. Yüksek trafik yoğunluğuna sahip alanlardaki kentsel bahçelerde yetiştirilen marullar daha yüksek MP seviyeleri göstermiştir (Canha ve ark., 2023).



Şekil 7. Mikroplastik uygulamalarına ait bitki membran geçirgenliği (a), yaprak su tutma kapasitesi (b), bitki nisbi nem içeriği (c)



Şekil 8. PES'in bitki yüzeyinde ve toprak yüzeyinde görünüşü

Diğer bir alışma MP'lerin marul yapraklarına yapıştığını ve yıkamanın, marul yaprağında tutulan MP'lerin sayısını azaltmada etkili olmasına rağmen, yaprakтан tüm MP'lerin uzaklaştırılmasında başarısız olduğunu göstermiştir (Ellis, 2023). Yaprak makro yüzey morfolojisi ve tüm yaprak konturu, MP'lerin yapışmasını ve tutulmasını etkileyen faktörler olarak tanımlanmıştır. Üzerine MP yapışmış marul yaprakları yıkamayla giderilse bile küçük boyutta olanlar hala bitki yüzeyinde kalabilir ve yutma yolu ile insan, hayvan bünyesine girebilir. Yutma yolu ile MP'lerin besin zincirine girebileceği ve bu nedenle potansiyel olarak gıdaları kirletebileceği belirtilmektedir. İnsanların besin tüketimi ile MP'nin vücuda alımı gerçekleşmektedir. Mikroplastik parçacıkların yutulmasının sağlık üzerindeki kesin etkileri hala yaygın olarak bilinmemektedir ve konuyla ilgili araştırmalar artarak devam etmektedir (Weithmann ve ark., 2018).

Topraklarda ve sulama sularında bulunan MP'ler bitkilerle etkileşimde bulunmaktadır. Li ve ark. (2020) marulla yaptıkları bir çalışmada floresan etiketli polistiren (PS) MP'lerin (0,2 ve 1,0 µm) bitki bünyesine alımını, birikimini ve translokasyonunu tespit etmişlerdir. Konfokal elektron mikroskopla yapılan gözlemler mikrobuncukların 1,0 µm'lik olanlarının bitki tarafından alınamayacak kadar büyük olduğunu ancak 0,2 µm'lik mikrobuncukların bitkiye kök başlığı, kök korteksi ve damar sistemi yoluyla girdiğini göstermiştir. Buncuklar merkezi silindire ulaştıktan sonra damar sistemi yoluyla köklerden gövdelere ve yapraklara taşınmıştır. Araştırmacılar, buncukların apoplastik taşıma sistemi aracılığıyla hücreler arası boşluktan geçtiğini ve artan terlemenin parçacık alımını arttırdığını belirlemişlerdir. Kök ve gövde hücre içi boşluğunda PS buncukların birbirine yapışarak "üzüm benzeri" kümeler oluşturduğu, yaprak dokusunda ise dağılımın çok az veya topaklanma olmadığı belirtilmiştir.

Sonuç

Küresel ısınma ve iklim değişikliğinin gıda güvenliği üzerindeki olumsuz etkilerine ilaveten MP kirliliğinin de etkileri artık gözle görölür hale gelmiştir. Sonuç olarak MP'lerin çeşit, boyut ve miktarlarına bağlı olarak bitki ile etkileşimde olabileceği görölmektedir. Çevrede en çok rastlanan MP eşitlerinin- PE, PP ve PES-etkilerinin araştırıldığı bu çalışmada PE ve PP'nin marulda yaş ağırlık artışı sağladığı belirlenmiştir. Mikrobiyal biyokütle aktivitesinde PE ve PES etkisi görölmüştür. Diğer yandan ise marul yapraklarının alt kısımlarına PES'in yapışması, marul gibi büyük yapraklı sebzelere MP'lerin yapışabileceği, ayrıca özellikle MP'lerin toprak altında yetişen ve gövdeleri tüketilen yumrulu bitkilerde de bulaşmaya neden olabileceği ve bu yolla insan ve hayvan beslenmesinde gıda zinciri yolu ile alınabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalarda yıkamayla uzaklaşmadığı saptanan bu MP'lerin sağlık için tehdit unsuru olacağı açıktır. Özellikle atık çamur uygulanan, atık sularla sulanan yerlerde evsel kaynaklı çamaşır sularında giysilerden gelen PES miktarının bitki üzerinde etkili olabileceği, çamaşır makinelerinden kaynaklı mikro fiber salınımını önlemek için filtre kullanımı gibi öneriler gündeme gelmektedir. Aslında yenilebilir bitkilerin bu tür sularla sulanmasına müsaade edilmemekle birlikte su kıtlığı insanları her türlü kaynağı kullanmaya zorlamaktadır. Dolayısıyla plastik kullanımının azaltılmasına yönelik çalışmaların aciliyetinin önemi ortaya çıkmaktadır. Tarım topraklarında ve sularda belirlenen MP miktarları göz önüne alındığında bitkilerin daha yüksek dozda MP stresine maruz kalıp kalmadığının araştırılması için daha detaylı çalışmalara ihtiyaç bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Akça MO, Sözüdoğru Ok S, 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.
- Akca MO, Gündoğdu S, Akca H, Delialioğlu RA, Aksit C, Turgay OC, Harada N, 2024. An evaluation on microplastic accumulations in Turkish soils under different land uses. Sci. Total Environ. 911:168609.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils, Soil Biol. Biochem. 10(3):215-221.
- Babujia LC, Hungria M, Franchini JC, Brookes PC, 2010. Microbial biomass and activity at various soil depths in a Brazilian oxisol after two decades of no-tillage and conventional tillage, Soil Biol. Biochem. 42(12):2174-2181. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2010.08.013>.
- Boot B, Russell CW, Green DS, 2019. Effects of microplastics in soil ecosystems: above and below ground. Environ. Sci. Technol. 53(19):11496-11506.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal, 43(8):434-438.

- Bremner JM, 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis Part 2. Chemical and microbiological properties. Black, C.A. (ed.), Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron.Series. No: 9, Madison, Wisconsin, USA, pp. 1149-1178.
- Canha N, Jafarova M, Grifoni L et al. Microplastic contamination of lettuces grown in urban vegetable gardens in Lisbon (Portugal). *Sci. Rep.* 13:14278. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-40840-z>
- Cao D, Wang X, Luo X, Liu G, Zheng H, 2017. Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. In IOP conference series: earth and environmental science (Vol. 61, No. 1, p. 012148). IOP Publishing.
- Cheng Y, Song W, Tian H, Zhang K, Li B, Du Z, Zhang W, Wang J, Wang J, Zhu L, (2021). The effects of high-density polyethylene and polypropylene microplastics on the soil and earthworm metaphire guillelmi gut microbiota. *Chemosphere*, 267:129219. DOI:10.1016/J.CHEMOSPHERE.2020.129219
- Clarke JM, Mccaig TN (1982). Evaluation of techniques for screening for drought resistance in wheat. *Crop Science*, 22:503-506. <https://doi.org/10.2135/cropsci1982.0011183X002200030015x>
- Conti GO, Ferrante M, Banni M, Favara C, Nicolosi I, Cristaldi A, Fiore M, Zuccarello P, 2020. Micro- and nano-plastics in edible fruit and vegetables. The first diet risks assessment for the general population. *Environmental Research* 187: 109677. ISSN 0013-9351, <https://doi.org/10.1016/j.envres.2020.109677>
- Cox KD, Covernton GA, Davies HL, Dower JF, Juanes F, Dudas SE, 2019. *Environ Sci Technol.* 53(12):7068-7074. DOI: 10.1021/acs.est.9b01517
- Crawford CB, Quinn B, 2017. 10 - Microplastic identification techniques, Editor (s): Crawford,C.B and B. Quinn, *Microplastic Pollutants*, Elsevier, 219-267, ISBN 9780128094068, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809406-8.00010-4>.
- de Souza Machado AA, Kloas W, Zarfl C, Hempel S, Rillig MC, 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Glob. Change Biol.* 24(4):1405-1416.
- Dhanda S, Sethi G, 1998. Inheritance of excised-leaf water loss and relative water content in bread wheat (*Triticum aestivum*). *Euphytica*, 104:39-47. <https://doi.org/10.1023/A:1018644113378>
- Ellis RC, 2022. The potential impacts of microplastic contamination of lettuce plants on human health. MSc. Master of Science - MSc, University of Otago. New Zealand.
- Fan W, Chunsheng Q, Qian Q, Xiangang H, Li M, Ziwei G, Xin T, 2023. Sources and identification of microplastics in soils, *Soil & Environmental Health*, 1(2):100019, mISSN 2949-9194, <https://doi.org/10.1016/j.seh.2023.100019>.
- Gao H, Lin Y, Wei J, Zhang Y, Pan H, Ren M, Li J, Huang L, Zhang X, Huang Q, Shen H, 2021. A novel extraction protocol of nano-polystyrene from biological samples. *Sci. Total Environ.* 790:148085. doi: 10.1016/j.scitotenv.2021.14808.
- Geyer R, Jambeck J, Law LK, 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Sci. Adv.* 3:7.
- Golestani AS, Assad MT, 1998. Evaluation of four screening technique for drought resistance and their relationship to yield reduction ration in wheat. *Euphytica*, 13:293-299.
- Hasan Md M, Jho EH, 2023. Effect of different types and shapes of microplastics on the growth of lettuce. *Chem.* 339:139660.
- Hızalan E, Ünal H, 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 278. Ankara.
- Jackson ML, 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliffs, NJ, 498 p.
- Jia L, Liu L, Zhang Y, Fu W, Liu X, Wang Q, Tanveer M, Huang L, 2023. Microplastic stress in plants: effects on plant growth and their remediations. *Front. Plant Sci.* 14:1-21.
- Kadioğlu YK, Üstündağ Z, Deniz K, Yenikaya C, Erdoğan Y, 2009. XRF and raman characterization of antimonite. *Instrum Sci Technol.* 37:683-696 <https://doi.org/10.1080/10739140903252956>
- Kutralam-Muniasamy G, Shruti VC, Pérez-Guevara F, Roy PD, 2023 Microplastic diagnostics in humans: “The 3Ps” Progress, problems, and prospects. *Sci. Total Environ.* 15(856):159164.
- Li Y, Hou Y, Hou Q, Long M, Wang Z, Rillig MC, Liao Y, Yong T, 2023. Soil microbial community parameters affected by microplastics and other plastic residues. *Front Microbiol.* 12(14):1258606. doi: 10.3389/fmich.2023.1258606. PMID: 37901816; PMCID: PMC10601715.
- Li Z, Li Q, Li R, Zhao Y, Geng J, Wang G. 2020. Physiological responses of lettuce (*Lactuca sativa* L.) to microplastic pollution. *Env. Sci Pollut Res Int.* 27(24):30306-30314. doi:10.1007/s11356-020-09349-0
- 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.

- Makhdoumi P, Pirsahab M, Amin AA, Kianpour S, Hossini H, 2023. Microplastic pollution in table salt and sugar: Occurrence, qualification and quantification and risk assessment. *J. Food Compos. Anal.* 119:105261.
- Munno K, de Frond H, O'Donnell B, Rochman CM, 2020. Increasing the accessibility for characterizing microplastics: introducing new application-based and spectral libraries of plastic particles (SLoPP and SLoPP-E). *Anal. Chem.* 92(3):2443-2451.
- Olsen SR, Sommers LE, 1982. Phosphorus, In: Page L A, Miller R H. Keeney D R, ed. *Methods of soil analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties.* American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, pp.539-579.
- Piehl S, Leibner A, Löder MGJ, Dris R, Bogner C, Laforsch C, 2018. Identification and quantification of macro- and microplastics on an agricultural farmland. *Sci. Rep.* 8:17950. doi: 10.1038/s41598-018-36172-y
- Prata JC, Dias-Pereira P, 2023. Microplastics in terrestrial domestic animals and human health: implications for food security and food safety and their role as sentinels. *Animals*, 13 (4):661. 10.3390/ani13040661
- Premchand GS, Sangroka T, Ogatta S, 1990. Cell membrane stability as indicators of drought tolerance as affected by applied nitrogen in soybean. *J Agric Sci.* 11:563–566.
- Qin W, Hu C, Oenema O, 2015. Soil mulching significantly enhances yields and water and nitrogen use efficiencies of maize and wheat: a meta-analysis. *Sci. Rep.* 5(1):16210.
- Rahman, A., Sarkar, A., Yadav, O. P., Achari, G., & Slobodnik, J. 2021. Potential human health risks due to environmental exposure to nano-and microplastics and knowledge gaps: A scoping review. *Science of the Total Environment*, 757, 143872.
- 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.
- Rillig MC, 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol.*, 46(12):6453-6454.
- Rillig MC, Machado AAD, Lehmann A, Klumper U, 2019. Evolutionary implications of microplastics for soil biota. *Environ. Chem.* 16(1):3-7.
- Rochman CM, T Hoellein, 2020. The global odyssey of plastic pollution. *Science* 368(6496):1184-1185.
- Sairam RK, 1994. Effect of moisture stress on physiological activities of two contrasting wheat genotypes. *Indian J. Expt. Biol.* 32:594-597.
- Schlöter M, Dilly O, Munch J.C. 2003. Indicators for evaluating soil quality. "Agriculture Ecosystem and Environment". 98:255-262.
- Wan Y, Wu C, Xue Q, Hui X, 2019. Effects of plastic contamination on water evaporation and desiccation cracking in soil. *Sci. Total Environ.* 654:576-582.
- Wang J, Coffin S, Sun C, Schlenk D, Gan J, 2019. Negligible effects of microplastics on animal fitness and HOC bioaccumulation in earthworm *Eisenia fetida* in soil. *Environ. Pollut.* 249:776–784.
- Weithmann N, Möller JN, Löder MG, Piehl S, Laforsch C, Freitag R, 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Sci. Adv.* 4(4):eaap8060.
- Wright SL, Kelly FJ, 2017. Plastic and human health: A micro issue? *Environ. Sci. Technol.* 51(12):6634-6647. doi: 10.1021/acs.est.7b00423



Beet necrotic yellow vein virus-Ilgın (Konya) populasyonunun farklı şeker pancarı genotiplerinde verim ve kalite üzerine etkisinin ve tarla şartlarında dayanıklılık kırma durumunun araştırılması

📧 Rıza KAYA^{1*}, 📧 Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ², 📧 Coşkun GÜLSER³

¹Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü, Ankara

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Samsun

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

Öz

Toprak kökenli protozoa *Polymyxa betae* ile taşınan beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), tüm dünyada şeker pancarı üretim alanlarında en yaygın görülen ve en tahripkar virüsdür. BNYVV, özellikle şeker pancarı lateral köklerinin anormal şekilde artışına yol açması dolayısıyla kök sakallanması veya rhizomania olarak bilinen hastalığa neden olmaktadır. BNYVV'nin yanı sıra, şeker pancarı alanlarında kist nematodu (*Heterodera schachtii* Schmidt)'na da sık rastlanmakta olup, her iki problem verimde önemli kayıplara neden olabilmektedir. Bu çalışma; rhizomania hastalığına ve nematoda karşı son yıllarda ıslah edilmiş olan farklı genotiplerdeki [*Rz1*, *Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3*, *Rz2+Rz3* ve *Rz1+nematoda tolerant (Rz1+NT)*] şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performanslarının değerlendirilmesi amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışma, BNYVV ve *H. schachtii* ile bulaşık olduğu bilinen Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın (Konya) deneme istasyonunda 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilmiştir. Pancarda yetiştiricilik açısından önemli parametreler (verim, şeker oranı, artırılmış şeker oranı ve artırılmış şeker verimi) dikkate alındığında, araştırma sonucunda *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Bu alanda, hassas genotip ile kıyaslandığında 2017 yılında *Rz1+NT* genotipinde 81.77 ton/ha ile 2.7 kat, 2018 yılında 68.95 ton/ha ile 3.8 kat daha fazla pancar verimi elde edilmiştir. Bu genotipte şeker verimi ise, ilk yıl 12.16 ton/ha, 2. yıl ise 10.69 ton/ha olmuştur. Ayrıca, rhizomania'ya dayanıklı şeker pancarı genotiplerinde virüsün enfeksiyon durumu DAS-ELISA testine göre değerlendirilmiştir. İncelenen bu genotiplerin bazı tekerrürlerinde virüs belirlenmesine rağmen, BNYVV-Ilgın populasyonunun dayanıklı şeker pancarı çeşit ve hatlarının hiçbirisinde dayanıklılığı kırmadığı saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Rhizomania, *Benyvirus necrobetae*, şeker pancarı kist nematodu, dayanıklılık, ELISA.

Investigations on the effect of beet necrotic yellow vein virus-Ilgın (Konya) population on the yield and quality of different sugar beet genotypes and its resistance-breaking status in field conditions

Abstract

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV), which is transmitted by soil-borne protozoa *Polymyxa betae*, is the most destructive and prevalent virus species in sugar beet production areas worldwide. Due to the abnormal growth in lateral roots of sugar beet plants, it causes a disease known as rhizomania. In addition to BNYVV, *Heterodera schachtii* Schmidt (Sugar beet cyst nematode) is also common in sugar beet, and both of them cause significant losses in yield. The trials were conducted with four replicates according to the randomized blocks experimental design in order to evaluate the yield and quality performances of the sugar beet varieties and lines having different genotypes [*Rz1*, *Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3*, *Rz2+Rz3* and *Rz1+nematode tolerant (Rz1+NT)*] that have been bred against rhizomania disease and cyst nematode in recent years. This study was carried out in the experimental station of Turkish Sugar Factories Inc. Sugar Institute, in Ilgın (Konya), which is known to be infested with BNYVV and *H. schachtii*. in 2017 and 2018. As a result of the study, it was determined that *Rz1+NT* genotype performed better than other genotypes when

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (505) 260 5141

E-posta : rizakaya1969@gmail.com

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 17 Eylül 2024

Kabul Tarihi : 3 Aralık 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1551837

important parameters (yield, sugar content, refined sugar content and refined sugar yield) were taken into consideration. In this area, compared to the susceptible genotype, 2.7 times more beet yield was obtained with 81.77 tons/ha in 2017 in the *Rz1+NT* genotype, and 3.8 times more with 68.95 tons/ha in 2018. Sugar yield in this genotype was 12.16 tons/ha in the first year and 10.69 tons/ha in the second year. Furthermore, the virus infection levels in sugar beet genotypes resistant to rhizomania were evaluated according to the DAS-ELISA. Although BNYVV infected these genotypes in the plots of some replicates of the trials, the existing BNYVV population did not break any resistance genes in the sugar beet varieties and lines with different genotypic characteristics.

Keywords: Rhizomania, *Benyvirus necrobetae*, sugar beet cyst nematode, resistance, ELISA.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.)'nda rhizomania hastalığına toprak kökenli obligat parazit plasmodiophorid protist tür *Polymyxa betae* Keskin tarafından taşınan (Keskin, 1964; Rush, 2003), beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) neden olmaktadır (Tamada ve Baba, 1973). BNYVV ilk olarak 1950'lerin sonlarında İtalya pancar üretim alanlarında rapor edilmiş (Canova, 1959) olup, Türkiye'de ise 1987 yılında tespit edilmiştir (Koch, 1987). Bu hastalık, hassas şeker pancarı çeşidi ekimi yapılan tarlalarda yer yer renk açılımı gösteren bitki adacıkları şeklinde göze çarpmaktadır. Bu alanlarda virüs ile enfekteli bitkilerin kılcal köklerdeki iletim demetlerinin işlevini kaybetmesi sunucunda, yaprak rengi açılarak fıstık yeşili bir renk almakta ve aşırı kılcal kök gelişiminden dolayı da köklerde sakal görünümü oluşmaktadır (Tosic ve ark., 1985; Özgür, 2003).

Rhizomania, şeker pancarı üretimini tehdit eden en tahripkar hastalık olarak bilinmektedir (Scholten ve Lange, 2000). BNYVV, şeker pancarında verimin büyük ölçüde düşmesine ve şeker pancarı üretiminin ekonomik olmaktan çıkarak terkedilmesine neden olabilmektedir. Winner (1984), hastalığın yaygın olduğu alanlarda şeker pancarında %30'dan fazla verim kaybına neden olduğunu belirtirken, Whitney ve Duffus (1995) bu zararın %100'e kadar ulaşabileceğini bildirmişlerdir. Özgür (1995), hastalığın şiddetine bağlı olarak şeker pancarı veriminde %30-90 oranında düşüş gösterdiğini, ağır salgınlarda dekardan ancak, 400-500 kg kadar kök verimi alınabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca, bu hastalık şeker pancarı yumrusunda melas oluşturu sodyum ve potasyum oranını artırarak, fabrikada işleme safiyetini bozmaktadır (Kajiyama ve ark., 1990).

Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) adıyla bilinen virüs türü *Benyvirus necrobetae* Benyviridae familyasına ait *Benyvirus* cinsinin tipik bir üyesi olup (ICTV: <https://ictv.global/report/chapter/benyviridae/taxonomy/benyviridae>), genomu dört ya da beş adet rijit çubuk şeklinde, pozitif duyarlı tek sarmal RNA partiküllerinden oluşmaktadır (Tamada ve ark., 1989). BNYVV izolatları ilk olarak kılıf protein (CP) genine göre A- ve B-tip olmak üzere iki grupta toplanmıştır (Kruse ve ark., 1994; Koenig ve ark., 1995). A-tip Türkiye'de dahil olmak üzere (Kruse ve ark., 1994; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016) tüm dünyada yaygınlık göstermekte; B-tip ise Avrupa, Çin ve Japonya'da bulunmaktadır (Li ve ark., 2008; Miyanishi ve ark., 1999). Ardından, bir diğer BNYVV grubu olan ve ilave RNA segmenti daha içeren (RNA-5) P-tip BNYVV izolatları saptanmış; bu izolatların ise Fransa (Koenig ve ark., 1997), Kazakistan (Koenig ve Lennefors, 2000), İngiltere (Ward ve ark., 2007), İran (Nassaj-Hosseini ve ark., 2013) ve son olarak da Almanya (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de varlığı belirlenmiştir. Daha sonra BNYVV'nin 5. RNA segmentine sahip (RNA-5) Çin ve Japon izolatları, J-tip olarak adlandırılmış ve virüsün ayrı bir tipi olarak kabul edilmiştir (Schirmer ve ark., 2005). İlave olarak, J-tip P26 proteini içeren bu BNYVV izolatları Almanya (Koenig ve ark., 2008), Türkiye (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016), İtalya ve Hollanda (Liebe ve Varrelmann, 2022)'de saptanmıştır. RNA-5 içeren BNYVV izolatlarının daha agrasif olduğu rapor edilmiştir (Tamada ve ark., 1996).

Son yıllarda Amerika (Liu ve ark., 2005), İspanya (Pferdmenges ve ark., 2009), Fransa (Koenig ve ark., 2009), İran (Mehrvar ve ark., 2009), Almanya, İngiltere, Hollanda (Bornemann ve Varrelmann, 2013) ve Türkiye (Kutluk Yılmaz ve ark., 2018)'de yeni oluşan BNYVV varyantları tarafından *Rz1* geni taşıyan ticari çeşitlerde dayanıklılığın kırıldığı rapor edilmiştir. Bu genotipte dayanıklılık kırılmasının, BNYVV'nin RNA-3 segmentinden kodlanan patojenite faktörü olarak kabul edilen P25 proteininin 67-70. (tetrad) amino asit pozisyonlarındaki mutasyonlar ve 5. RNA segmentinin (RNA-5) varlığı ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Liebe ve ark., 2023). Ayrıca, dünya izolatlarından farklı olarak Türkiye'de saptanan bazı BNYVV izolatlarının hem kontrollü iklim odası, hem de tarla şartlarında *Rz1+Rz2* genotipe sahip şeker pancarı bitkilerini enfekte edebildiği ortaya konulmuştur (Kutluk Yılmaz ve ark., 2019).

Temiz alanlara bulaştıktan sonra rhizomania hastalığını kontrolü oldukça zordur. [Kutluk Yılmaz ve ark. \(2010\)](#) Orta ve Kuzey Anadolu'daki 144 farklı şeker pancarı tarlasından aldıkları toprak örneklerinde, *P. betae* tarafından taşınan toprak kaynaklı virüsler ile toprak özellikleri arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar, toprakların kum içerikleri ve pH değerlerinin *P. betae* ile önemli pozitif ilişkiler verdiğini, toprakların kireç ve magnezyum içeriğindeki artışların toprak pH'sının yükselmesine sebep olması nedeniyle, *P. betae* tarafından taşınan BNYVV ve bir diğer toprak kökenli virüs olan Beet soil-borne virus (BSBV) enfeksiyonunu fazlalaştırdığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde; [Candemir ve ark. \(2012\)](#) ise tütün atığı uygulanmış kil bünyeli bir toprakta pH değerlerinin tobacco mosaic virus (TMV) ELISA absorbans değerleri ile pozitif ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

BNYVV'nin vektör *P. betae*'nin kışlama spor yapılarında en az 15 yıl toprakta canlı kalması ([Abe ve Tamada, 1986](#)) ve başta Amaranthaceae familyası olmak üzere Asteraceae, Boraginacea, Brassicaceae, Caryophyllaceae, Convolvulaceae, Plantaginaceae, Poaceae, Solanaceae ve Zygophyllaceae gibi familyalara ait bazı yabancı otların hem virüs, hem de vektörünün alternatif konukçuları olması sebebiyle, üründe rotasyon uygulaması hastalığın kontrolünde etkili olmamaktadır ([Winner, 1984; EFSA, 2024](#)). Bu nedenle; virüsün en etkili ve ekonomik kontrolü, dayanıklı çeşitlerin yetiştiriciliği ile olmaktadır ([Lewellen, 1995](#)). Rhizomania hastalığına karşı ilk dayanıklı çeşit yetiştirme programlarına 1970'lerde başlanılmıştır ([Biancardi ve ark., 2002](#)). İlk dayanıklılık kaynağı 1983 yılında ABD'de Holly Şeker Şirketi üretim programında saptanmış ve kısmi dominant dayanıklılık içeren bu gen (Holly gen), *Rz1* olarak adlandırılmıştır ([Lewellen ve ark., 1987](#)). Günümüzde, dünyada ve ülkemizde ticari olarak yetiştirilen rhizomania'ya dayanıklı şeker pancarı çeşitlerinin büyük bir kısmı *Rz1* genini içermektedir ([Asher, 1993; Wetzal ve ark., 2019](#)). Ardından, *Beta vulgaris* subsp. *maritima* WB42'de ikinci bir dayanıklılık geni (*Rz2*) daha belirlenmiştir ([Scholten ve ark., 1996, 1999](#)). *Rz2*'nin, dayanıklılık mekanizması *Rz1*'den farklı olduğu ve BNYVV'ye karşı daha etkili olduğu belirtilmektedir ([Scholten ve ark., 1994](#)). Bu nedenle, BNYVV'nin kontrolünde yüksek etkinliğe sahip *Rz2* geni de ticari çeşitlere aktarılmıştır. Böylece, günümüzde *Rz1* ve *Rz2* genleri BNYVV'ye karşı tek dayanıklılık kaynakları olarak görülmektedir. Daha sonra, bu iki dayanıklılık genine ilave olarak, *Rz3*, *Rz4* ve *Rz5* genleri de belirlenmiştir ([Grimmer ve ark., 2007; McGrann ve ark., 2009](#)). Ancak, belirtilen bu genler henüz ticari çeşitlere aktarılmamıştır ([Wetzal ve ark., 2019](#)).

Hem dünyada, hem de ülkemizde şeker pancarı üretim alanlarının bir kısmının BNYVV'nin yanı sıra şeker pancarı kist nematodu (*Heterodera schachtii* Schmidt) ile de bulaşık olduğu bilinmektedir ([Evans ve Rowe, 1998; Serel ve Gürkan, 2002; Mennan ve ark., 2012; Kaya ve Gürkan, 2016](#)). Türkiye'de Trakya Bölgesi'nde 1958 yılında ilk tespitinin ardından, ülkemizde *H. schachtii*'nin yayılım alanı, zarar seviyesi ve yoğunluğunun yıldan yıla artış gösterdiği belirtilmektedir ([Diker, 1959; Serel ve Gürkan, 2002; Tan ve Ökten, 2008; Gürkan ve Erinc, 2010; Kaya ve Gürkan, 2016](#)). Kist nematodu bitkinin topraktan su ve besin maddesi alımını engelleyerek, şeker pancarında %30'lara varan oranda verim ve kalite kayıplarına neden olabilmektedir ([Wauters ve Keleman, 1998](#)). Bulaşık topraklarda kist içinde bulunan yumurta ve larvaları ise 10 yıldan fazla süre canlılıklarını koruyabilmektedir. Öte yandan, kist nematodu hassas şeker pancarlarında kloroz ve lateral köklerde çoğalma şeklinde BNYVV simptomlarına benzer belirtiler oluşturmakta ([Griffin, 1981](#)) ve BNYVV gibi toprak, her türlü tarım alet-ekipmanı, sulama suyu, drenaj suları, sel ve rüzgarlar vasıtası ile bir tarladan diğerine kolaylıkla yayılabilmektedir ([Gürkan ve Erinc, 2010](#)). Günümüzde henüz kültürü yapılan şeker pancarlarında kist nematoduna dayanıklılık sağlayan bir gen tespit edilmemiştir. Bununla birlikte, şeker pancarı ile *Beta procumbens*'in yabancı akraba türleri arasında yapılan çaprazlamalar yoluyla üretilmiş kist nematoduna toleranslı bazı ticari şeker pancarı çeşitleri bulunmaktadır ([Pylypenko ve Kalatur, 2015; Pylypenko ve ark., 2016](#)). Bu sebeplerle; etmenin en ekonomik ve etkili kontrolü münavebe ve toleranslı şeker pancarı çeşitlerinin yetiştiriciliği ile mümkün olabilmektedir ([Serel ve Gürkan, 2002; Lilley ve ark., 2005; Dewar ve Cooke, 2006](#)).

Günümüzde ekonomik olarak şeker üretimi, teknolojik kalitesi yüksek şeker pancarı üretimine bağlıdır. Bu üretim ise, verim ve kalitesi yüksek şeker pancarı çeşitlerinin ekiminin yapılmasının yanı sıra ürünün hastalık ve zararlılardan korunmasıyla mümkün olmaktadır. Bu çalışmada, daha önce yürütülen araştırmalar ile BNYVV ([Kutluk Yılmaz ve ark., 2019](#)) ve şeker pancarı kist nematodu ([Kaya ve Gürkan, 2016](#)) ile bulaşık olarak bilinen Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın Deneme İstasyonunda (Konya); son yıllarda rhizomania hastalığına karşı ıslah edilmiş farklı genotiplere sahip şeker pancarı hat ve çeşitlerinin tarla koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi ve deneme alanındaki BNYVV popülasyonu tarafından bu genotiplerin dayanıklılık kırılma durumlarının değerlendirilerek üreticilere uygun tavsiyelerde bulunulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Toprak analizi

Tarla denemeleri öncesi, denemenin planlandığı alana ait toprağın, fiziksel ve kimyasal özelliklerini analiz etmek için; 0-20 cm derinlikten ve farklı noktalardan toprak örnekleri alınmış ve karıştırılmıştır. Böylelikle elde edilen tarla toprak örneğinde bünye analizi Demiralay (1993)'a göre; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç ve organik madde analizleri ise Kacar (1994)'ın belirttiği yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir (Çizelge 1). Analiz sonuçlarına göre toprak örneği kil bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, tuzsuz, kireçli ve organik maddece düşük seviyede belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1993).

Çizelge 1. Deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kum, %	12.23	pH (1:1)	7.96
Kil, %	60.09	EC ₂₅ , dSm ⁻¹	0.67
Silt, %	27.68	CaCO ₃ , %	24.07
Bünye	Killi	Organik Madde, %	2.13

Şeker pancarı tohumları

Tarla denemelerinde; BNYVV'ye karşı son yıllarda ıslah edilmiş farklı dayanıklılık genlerini içeren şeker pancarı hatlarının (*Rz1+Rz2*, *Rz1+Rz3* ve *Rz2+Rz3* dayanıklılık geni içeren) yanı sıra; *rz1* (BNYVV ve şeker pancarı kist nematoduna hassas; cv. Ansa), *Rz1* (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2* (cv. Isabella ve cv. Aranka) ve *Rz1+NT* (BNYVV'ye dayanıklı, nematoda tolerant; cv. Vienetta) genlerini içeren farklı şeker pancarı çeşitleri kullanılmıştır. Bu hat ve çeşitlerin tohumları Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü aracılığı ile Sesvanderhave (Belçika) ve KWS (Almanya) firmalarından temin edilmiştir (Çizelge 2). Ekim öncesi tohumların tamamı toprak altı zararlıları ve kök çürüklüğü etmenlerine karşı (1 kg tohuma; 9 g Imidacloprid, 3.2 g Thiram ve 3.5 g Hymexazol olmak üzere) ilaçlanmıştır.

Çizelge 2. Tarla patojenite denemelerinde kullanılan şeker pancarı çeşitlerinin/hatlarının içerdikleri gen/genler ile temin edildiği firmalar

Çeşit/ Hat Adı	İçerdiği Gen/Genler	Özellik	Temin Edilen Firma
Ansa	<i>rz1</i>	BNYVV+ ŞPKN* hassas	KWS
Serenada	<i>Rz1</i>	BNYVV'ye dayanıklı	KWS
Eldorado	<i>Rz1</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
Isabella	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	KWS
Aranka	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	KWS
SV 2008	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ1	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ2	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ3	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ6	<i>Rz1+Rz2</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ4	<i>Rz1+Rz3</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ5	<i>Rz2+Rz3</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
SVTRRZ7	<i>Rz1+Rz3</i>	BNYVV'ye dayanıklı	Sesvanderhave
Vienetta	<i>z1+NT</i>	BNYVV'ye dayanıklı+ ŞPKN tolerant	KWS

*Şeker pancarı kist nematodu

Tarla denemelerinin kurulması ve yürütülmesi

Tarla denemeleri, daha önce BNYVV ve şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık olduğu bilinen Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'ne ait Ilgın (Konya) deneme istasyonunda 2017 ve 2018 yıllarında yürütülmüştür. Çalışma, farklı genotiplerde şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performanslarının değerlendirilmesi amacıyla tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak planlanmıştır.

Her bir ekim parseli 9 m x 1.35 m (3 sıra) = 12.15 m², hasat parseli ise 7.5 m x 1.35 m (3 sıra) = 10.125 m² olacak şekilde belirlenmiştir. Parsellerdeki kenar tesiri çıkarıldıktan sonra, tohumlar hasat parselinde 90 bitki olacak şekilde Nisan ayında 45 x 25 cm aralık ve mesafeye ekilmiştir. Tarla çıkışı tamamlanıp, sıralar belli olduktan sonra ara çapası yapılmış, bitkiler 4-6 yapraklı devreye ulaştığında ise seyreltme ve tekleme işlemi gerçekleştirilmiştir. Böcek zararından bitkilerin korunması amacıyla kontroller yapılarak, gerektiğinde deneme alanı uygun insektisit ile ilaçlanmıştır. Denemede simptomatolojik gözlemler hastalık belirtilerinin net olarak ortaya çıktığı Ağustos-Eylül aylarında, deneme hasadı ise Ekim ayı sonunda gerçekleştirilmiştir.

Hasat işlemi bütün parsellerde ayrı ayrı yapılmış olup, etiketli çuvallara doldurulan şeker pancarları, Şeker Enstitüsü'nün Ilgın Deneme İstasyonu'nda bulunan pancar analiz laboratuvarına getirilmiştir. Her parsel ayrı ayrı tartılmış ve farklı genotiplere ait çeşit ve hatların kök verim değerleri belirlenmiştir. Daha sonra, laboratuvarında şeker pancarı örneklerinin öz suları elde edilmiş, bu örnekler dondurma işlemini takiben Ankara Şeker Enstitüsü analiz laboratuvarına getirilerek kalite analizleri (şeker oranı, şeker verimi, Na, K, α -amino N gibi) gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla; şeker varlığı, sodyum, potasyum, α -amino azot değerleri ICUMSA (International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis) analiz metotlarına (Atherton ve ark., 1998) göre Betalyser sisteminde; şeker varlığı analizleri ise sucromatta 'soğuk digestion yöntemine' göre yapılarak, sonuçlar % olarak elde edilmiştir. Öte yandan, sodyum ve potasyum değerleri 'alev fotometresi metoduna' göre; α -amino azot analizleri ise 'blue number yöntemine' göre gerçekleştirilmiştir (Kubadinow ve Wienenger, 1972). Arıtılmış şeker varlığı= Şeker varlığı - [0.343 (Na+K) + 0.094 N + 0.29] formülünden hesaplanarak, fabrikasyonla şeker pancarından üretilebilecek şekerin kök ağırlığına göre % olarak ifade edilmiştir. Sonrasında, arıtılmış şeker varlığı ile kök verim değerleri çarpılarak, arıtılmış şeker verimi değeri hesaplanmıştır.

Hasat sırasında, farklı şeker pancarı genotiplerinin BNYVV ile bulaşıklık durumunun belirlenmesi amacıyla, her bir parselde ait bitkilerden tesadüfen 10'ar adet yaklaşık 0.5-1 cm çapında kök ucu örnekleri alınıp etiketlenerek, soğuk zincir içerisinde Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü Fitopatoloji laboratuvarına getirilmiştir. Ardından, serolojik çalışmalarda kullanılmak üzere -30°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

Serolojik çalışmalar

Tarla denemelerinde her parselden alınan farklı genotiplere ait şeker pancarı çeşit ve hatlarının kuyruk uçları BNYVV'ye spesifik poliklonal antiserum (Bioreba, İsviçre) kullanılarak DAS-ELISA yöntemi ile test edilmiştir. Yöntem Clark ve Adams (1977)'a ve antiserumun temin edildiği firmanın açıklamaları göz önüne alınarak uygulanmıştır. ELISA absorbans değerleri, substrat ilavesinden 120 dk sonra mikroplyet okuyucusunda (Novapath, Biorad) 405 nm dalga boyunda okuma yapılarak elde edilmiştir. Negatif kontrollerin absorbans değerlerinin üç katı ve üzerindeki örnekler ait değerler, pozitif olarak kabul edilmiştir (Liu ve ark., 2005).

Tarla deneme verilerinin değerlendirilmesi

Altı farklı genotip (Çizelge 2) ve dört tekrarlamalı olarak elde edilen veriler (pancar verimi, şeker oranı, arıtılmış şeker oranı ve şeker verimi değerleri), her yıl için ayrı ayrı olmak üzere SPSS (Ver. 21) paket programında tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Daha sonra, Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak genotipler arasındaki farklılıklar önem derecesine göre gruplandırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Farklı genotipteki şeker pancarı çeşit ve hatlarının verim ve kalite performansının değerlendirilmesi

Bu çalışmada, iki yıl süre ile tarla denemelerinin yürütüldüğü BNYVV ve Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık Ilgın deneme alanında; ilk yıl istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almasına rağmen, dayanıklı genotipler içerisinde en yüksek pancar verimi $Rz1+NT$ genlerini taşıyan genotipte sağlanmıştır (81.77 ton/ha). Bu yıla ait elde edilen pancar verim değerleri BNYVV'ye hassas genotip ($rz1$) ile kıyaslandığında; $Rz1$ genotipinde 1.9 kat, $Rz2+Rz3$ genotipinde 2 kat, $Rz1+Rz2$ ve $Rz1+Rz3$ genotiplerinde 2.1 kat ve $Rz1+NT$ genotipte ise 2.4 kat daha fazla pancar verimi elde edilmiştir (Çizelge 3).

Bu alanda 2. yılda, $Rz1+NT$ genotip istatistiki anlamda da diğer genotiplerden farklılık sergilemiş ve 68.95 ton/ha verim ile en iyi performansı gösteren genotip olmuştur. Aynı lokasyonda 2. yılda dayanıklı genotiplerin pancar verimleri hassas genotip ile karşılaştırıldığında; $Rz1$ genotipinde 2.8 kat, $Rz1+Rz2$ genotipinde 2.7 kat, $Rz1+Rz3$ ve $Rz2+Rz3$ genotiplerinde 2.5 kat, $Rz1+NT$ genotipte ise 3.8 kat daha fazla pancar verimi sağlanmıştır (Çizelge 3).

Öte yandan; genotipler şeker oranı ve arıtılmış şeker oranı yönünden değerlendirildiğinde; 2017 yılında $rz1$ genotipine göre, dayanıklı genotipler $Rz1$, $Rz1+Rz2$, $Rz2+Rz3$ ve $Rz1+NT$ daha yüksek şeker oranı ve arıtılmış

şeker oranına sahip olmuşlardır. 2018 yılı verileri göz önüne alındığında genotipler arasındaki şeker oranı ve artırılmış şeker oranları arasındaki farklılıklar, istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3).

Nihai ürün olan artırılmış şeker verimi yönünden ise; ilk yıl dayanıklı genotipler arasında istatistiksel anlamda bir fark belirlenmemesine rağmen; 2. yıl 10.69 ton/ha artırılmış şeker verimi ile *Rz1+NT* genotipi diğer genotiplerden önemli derecede farklılık sergilemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Tarla şartlarında farklı şeker pancarı genotiplerinin pancar verimi, şeker oranı, artırılmış şeker oranı ve artırılmış şeker verimi değerleri ve istatistiki değerlendirilmesi^a

Yıllar	Genotipler	Pancar verimi (ton/ha)	Şeker oranı (%)	Artırılmış şeker oranı (%)	Artırılmış şeker verimi (ton/ha)
2017	<i>rz1</i>	34.02 b	14.76 b	12.39 b	4.31 b
	<i>Rz1</i>	64.17 a	16.32 a	14.31 a	9.15 a
	<i>Rz1+Rz2</i>	72.69 a	16.03 a	13.91 a	10.04 a
	<i>Rz1+Rz3</i>	72.02 a	15.79 ab	13.70 ab	9.83 a
	<i>Rz2+Rz3</i>	67.87 a	16.39 a	14.46 a	9.81 a
	<i>Rz1+NT</i>	81.77 a	16.80 a	14.91 a	12.16 a
	F Değeri^b	3.99**	4.05**	3.96**	5.74**
2018	<i>rz1</i>	17.95 c	16.09	14.02	2.53 c
	<i>Rz1</i>	50.81 b	17.04	15.06	7.62 b
	<i>Rz1+Rz2</i>	48.17 b	16.98	14.93	7.15 b
	<i>Rz1+Rz3</i>	45.51 b	16.71	14.79	6.72 b
	<i>Rz2+Rz3</i>	45.32 b	17.19	15.29	6.94 b
	<i>Rz1+NT</i>	68.95 a	17.41	15.51	10.69 a
	F Değeri	11.65**	1.74	1.81	15.41**

^a*Rz1*'de iki ticari çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2*'de üç ticari çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve dört hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6), *Rz1+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ4), *Rz2+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+Nematoda Tolerant* (NT) olan ise bir çeşidin (cv. Vienetta) ortalama verileri temel alınarak istatistiki analizler gerçekleştirilmiştir.

^bF: İki'den fazla ortalamanın varyans analizine göre çoklu karşılaştırma testi, **İstatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli.

Bu çalışmada, iki yıl süre ile yürütülen tarla denemesi sonucunda; şeker pancarı genotipi temel alınarak yetiştiricilik açısından önemli parametreler dikkate alındığında; hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile yoğun olarak bulaşık Ilgın deneme alanında *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 3). Benzer şekilde; Kaya ve Gürkan (2016) kist nematodu ve BNYVV ile bulaşık iki farklı lokasyon [Altinekin (Konya) ve İlören (Eskişehir)]'da rhizomania'ya dayanıklı ve Şeker pancarı kist nematodu'na toleranslı bir çeşit (cv. Pauletta) ve üç hat (KWS-3K09, KWS-7K03 ve KWS-7K88) ile BNYVV'ye dayanıklı (KWS-1R06) ve her iki etmene de hassas (KWS-6213) birer hattı dahil ederek 2008-2009 yıllarında yürüttükleri tarla denemeleri sonucunda, duyarlı hat ile kıyaslandığında, dayanıklı/tolerant hatların kök veriminin %52-76, şeker veriminin ise %49-76 daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Öte yandan, bu araştırmacılar aynı çalışmada; kist nematodu ve BNYVV ile bulaşık üç farklı lokasyon [Akşehir ve Altinekin (Konya), Etimesgut (Ankara)]'da 2011-2012 yıllarında yürüttükleri bir diğer denemede ise, rhizomania'ya dayanıklı (KWS-5R96), kist nematoduna tolerant+BNYVV'ye dayanıklı (cv. Pauletta, KWS-3K09, KWS-OK116, MA-Danube) ve kist namatoduna +BNYVV'ye duyarlı (KWS-6213) çeşit ve hatların arazi performanslarının değerlendirilmesi sonucunda ise; duyarlı hat ile kıyaslandığında, BNYVV'ye dayanıklı+kist namatoduna tolerant hatların kök ve şeker veriminde sırasıyla Akşehir'de %40 ve %35, Altinekin'de %55 ve %54, Etimesgut'ta %65 ve %72'ye varan artış gösterdiklerini tespit etmişlerdir (Kaya ve Gürkan, 2016).

BNYVV'nin vektör *P. betae*'nin dinlenme spor yapılarında en az 15 yıl toprakta canlı kalması (Abe ve Tamada, 1986) nedeniyle, üründe rotasyon uygulaması rhizomania hastalığının kontrolünde etkili olmamasına rağmen (Barr, 1979; Winner, 1984); Şeker pancarı kist namatodu'nun kontrolü 4-5 yıllık sıkı bir münavebe ile mümkün olabilmektedir (Gürkan ve Erinc, 2010). Bu çalışmada; tarla denemeleri münavebe olmaksızın iki yıl süre ile üst üste aynı alanda yürütülmüş olup, bu sebeple bir önceki yıla oranla 2. yıl Şeker pancarı kist nematodu populasyonunda belli bir artışın olması muhtemel görünmektedir. Nitekim; Kaya ve Gürkan (2016), farklı yıl ve lokasyonlarda kist nematoduna tolerant farklı hatlarla yürüttükleri çalışmada; bir yıllık zaman dilimi içerisinde nematodun populasyon yoğunluğunun 2 ile 10 kat artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada, 2017 yılında *Rz1+NT* dayanıklı genotip, sadece rhizomania hastalığına dayanıklılık

geni/genleri içeren genotiplerle benzer tarla performansı sergilemesine rağmen; 2018 yılında *Rz1+NT* genotipinin, rhizomania'ya dayanıklı genotipleri geçmesi bu durumu net bir şekilde ortaya koymaktadır.

Kist nematodu da hassas şeker pancarlarında kloroz ve lateral köklerde çoğalma şeklinde BNYVV'ye benzer belirtilere neden olmakta, iklim ve çevre koşullarına bağlı olarak Şeker pancarı kist nematodu'nun patojenitesinde büyük varyasyonların olduğu bildirilmiştir (Griffin, 1981). Bu çalışmada yürütülen denemelerde de; her iki etmen (BNYVV+kist nematodu) ile de bulaşık deneme alanında yapılan simptomatolojik gözlemler ile pancar köklerinde gelişme geriliği olduğu ve köklerin oldukça küçük kaldığı gözlenmiştir.

Tarla koşullarında farklı genotiplerde BNYVV dayanıklılığının kırılma durumunun araştırılması

Tarla deneme alanına ait farklı şeker pancarı genotipi örneklerinde yürütülen ELISA testi çalışmaları sonuçlarına göre, rhizomania'ya hassas genotipte (*rz1*), ilk yıl sadece tekerrürlerin birinde BNYVV enfeksiyonu (ELISA absorbans değeri: 1.557) saptanmasına rağmen, ikinci yıl dört tekerrürün tamamında (ELISA absorbans değeri: 1.133) viral enfeksiyon tespit edilmiştir. Buna karşılık, aynı alanda farklı denemeler de yürütüldüğünden 2018 yılında deneme lokasyonu yaklaşık 2 m kaydırılmak zorunda kalmıştır. Etmenin toprak kökenli olmasından dolayı, yapılan bu değişiklik yıllar arasında farklı sonuçların alınmasının nedeni olabilir. Nitekim, toprak kökenli etmenlerin tarlada üniform bir dağılım göstermediği bilinmektedir (Tamada, 2016).

Bu çalışmada; bir alandaki/örnekteki BNYVV popülasyonunun dayanıklılık kırma yeteneğini ortaya koyan oran olan H:D oranı [ELISA hassas (H): ELISA dayanıklı (D)] genotiplerin tamamında hesaplanmıştır. İlave olarak, bu değerlendirmede enfekteli tekerrür sayısı da göz önüne alınmıştır (Liebe ve Varrelmann, 2022). Buna göre; tarla denemesinin yürütüldüğü ilk yıl dayanıklılık geni/genleri içeren çeşit ve hatlar BNYVV enfeksiyonu oluşumu yönünden irdelendiğinde; *Rz1* genotipinde ekimi yapılan iki çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado) toplam 8 tekerrürden 2'sinde, *Rz1+Rz2* genotipinde ise yetiştirilen 3 çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve 4 hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6) toplam 28 tekerrürden 11'inde virüs enfeksiyonu saptanmıştır. Diğer taraftan; *Rz1+Rz3* genotipine sahip iki hattın (SVTRRZ4 ve SVTRRZ7), *Rz2+Rz3* genotipinde bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+NT* genotipe sahip bir çeşidin (cv. Vienetta) ise tekerrürlerinden sadece 1'inde BNYVV enfeksiyonu belirlenmiştir (Çizelge 4). H:D oranının 1'in altında olması, viral etmenin dayanıklı genotipte hassas genotipten daha iyi çoğaldığını göstermekte ve dolayısı ile kesin olarak o genotipte rhizomania dayanıklılığının kırıldığına işaret etmektedir (Liebe ve Varrelmann, 2022). Bu çalışmada; 2017 yılında en düşük H:D oranı *Rz1* genotipinde (17.90); en yüksek H:D oranı ise *Rz1+Rz3* genotipinde (70.77) tespit edilmiştir. İncelenen BNYVV-dayanıklı genotiplerin bazı tekerrürlerinde viral enfeksiyon oluşumu tespit edilmesine rağmen; gerek enfekteli tekerrür sayısının az, gerekse ELISA absorbans değerinin oldukça düşük olması nedeni ile 2017 yılında bu genotiplerin hiçbirisinde tarla koşullarında BNYVV dayanıklılığının kırılmadığı görülmüştür (Çizelge 4).

İkinci yılda, *Rz1* genotipinde iki tekerrürde, *Rz1+Rz2* ve *Rz1+NT* genotiplerinde ise sadece 1'er tekerrürde virüs enfeksiyonu tespit edilmiştir. Öte yandan, 2018 yılında en düşük H:D oranı *Rz1+NT* genotipte (4.72); en yüksek H:D oranı ise *Rz1* genotipinde (13.49) belirlenmiştir. Bununla birlikte; *Rz1+Rz3* ve *Rz2+Rz3* genotiplerinde ise BNYVV ile bulaşık herhangi bir tekerrür saptanmamıştır (Çizelge 4). Bu durumun, 2. yıl deneme alanı lokasyonunun aynı tarla içerisinde bir miktar kaydırılmasından kaynaklandığı düşünülmüştür.

Galein ve ark. (2018), üç yıl süre ile Fransa'da BNYVV ile bulaşık farklı lokasyonlarda, değişik genotipik özellikte (*rz1*, *Rz1rz1*, *Rz1rz1& NT* ve *Rz1rz1&Rz2rz2*) ticari çeşitler ile yürüttükleri tarla denemeleri sonucunda; Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık alanlarda yetiştirilen *Rz1+NT* çeşitlerin ELISA değerinin, *Rz1* ya da *Rz1+Rz2* genlerini içeren çeşitlerden daha düşük olduğunu bildirmişlerdir. Üstelik, aynı araştırmacılar, kist nematodu ile bulaşık topraklarda, çeşidin, *Rz1* genine ilaveten nematod dayanıklılığına da sahip olmasının, yetiştirme periyodu boyunca bitkideki BNYVV titresini şiddetli bir şekilde azalttığını vurgulamışlardır. Ayrıca, yetiştirme periyodu süresince, viruliferous *P. betae'nin Rz1+NT* çeşitlerde, *Rz1* veya *Rz1+Rz2*'den daha az çoğaldığı da bildirilmiştir (Galein ve ark., 2018). Galein ve ark. (2018)'ın bulgularına benzer şekilde bu çalışmada da; araştırmanın yürütüldüğü ilk yıl *Rz1+NT* genotipte saptanan ortalama ELISA absorbans değeri (0.024); *Rz1* (0.087) ve *Rz1+Rz2* (0.036) genlerini içeren genotiplerden daha düşük olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte; denemenin 2. yılında elde edilen genotiplere ait ortalama ELISA absorbans değerleri irdelendiğinde; *Rz1* (0.084) ve *Rz1+Rz2* (0.093) genotiplerinin ELISA değerlerinin, *Rz1+NT* genotipe (0.240) göre daha düşük olması dikkat çekmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. BNYVV ile bulaşık Ilgın deneme alanında farklı genotiplere ait yetiştirilen çeşit ve/ya da hatların ELISA absorbands değerleri

Genotip	Enfekteli tekerrür sayısı	Ortalama ELISA absorbands değeri*	ELISA absorbands değeri aralığı (minimum-maksimum)	H:D Oranı***
<i>rz1</i>	1/4	1.557	1.557	-
<i>Rz1</i>	2/8	0.087	0.021-0.153	17.90
2017 <i>Rz1+Rz2</i>	11/28	0.036	0.023-0.153	43.25
<i>Rz1+Rz3</i>	1/8	0.022	0.022	70.77
<i>Rz2+Rz3</i>	1/4	0.039	0.039	40.44
<i>Rz1+NT</i>	1/4	0.024	0.024	64.88
<i>rz1</i>	4/4	1.133	0.091-2.120	-
<i>Rz1</i>	2/8	0.084	0.067-0.100	13.49
2018 <i>Rz1+Rz2</i>	1/28	0.093	0.093	12.18
<i>Rz1+Rz3</i>	0/8	TE**	-	-
<i>Rz2+Rz3</i>	0/4	TE	-	-
<i>Rz1+NT</i>	1/4	0.240	0.240	4.72

Rz1*'de iki ticari çeşidin (cv. Serenada ve cv. Eldorado), *Rz1+Rz2*'de üç ticari çeşit (cv. Isabella, cv. Aranka ve SV 2008) ve dört hattın (SVTRRZ1, SVTRRZ2, SVTRRZ3 ve SVTRRZ6), *Rz1+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ4), *Rz2+Rz3*'de bir hattın (SVTRRZ5) ve *Rz1+ Nemotoda tolerant* (NT) olan ise bir çeşidin (cv. Vienetta) verileri temel alınarak ortalama ELISA absorbands değerleri hesaplanmıştır; **TE: BNYVV enfeksiyonu tespit edilmedi, *H: BNYVV'ye hassas genotip ELISA absorbands değeri; D: BNYVV'ye dayanıklı genotip ELISA absorbands değeri

Bir alanda rhizomania tespit edildikten sonra vektörü *P. betae*'ya ait viruliferous (virüs-taşıyan) dinlenme sporlarının fazla oranda çoğalmasını engellemek amacıyla dayanıklı çeşitler ekildiğinde, o alandaki viruliferous populasyon düşük düzeyde kalmakta; ancak bölgedeki virüs mutasyona uğrayarak yeni bir ırk/varyant geliştirdiğinde, dayanıklı çeşit artık hastalığın kontrolünü sağlayamamaktadır (Rush, 2003). Sonuç olarak, yeni oluşan BNYVV varyantları tarafından dayanıklı genotiplerdeki bu dayanıklılık kırılmaktadır. Nitekim; hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile bulaşık Ilgın deneme alanında, üst üste şeker pancarı yetiştiriciliğinin yapılması denemenin 2. yılında, bir önceki yıl ile kıyaslandığında genotiplerin büyük bir kısmında (*Rz1*, *Rz1+Rz2* ve *Rz1+NT* genotip) H:D oranlarında (4.72-13.49) düşüşe neden olmuştur. İkinci yıla ait genotiplerin H:D oranları irdelendiğinde; en yüksek H:D oranı *Rz1* genotipinde (13.49), en düşük H:D oranı (4.72) ise *Rz1+NT* genotipte saptanmıştır (Çizelge 4). Elde edilen bu sonuç, bu lokasyonda iyi performans sergileyen *Rz1+N* genotipinin de zaman içerisinde risk altında olacağını göstermiştir.

Sonuç

Bu çalışmada, iki yıl yürütülen tarla denemesi sonucunda; yetiştiricilik açısından önemli parametreler dikkate alındığında, hem BNYVV, hem de Şeker pancarı kist nematodu ile yoğun olarak bulaşık Ilgın deneme alanında *Rz1+NT* genotipinin, diğer genotiplerden daha iyi performans gösterdiği tespit edilmiştir. Öte yandan elde edilen bu sonuçlar, özellikle kist nematodu mücadelesi bakımından, birçok araştırmacının tavsiyelerinde yer verdiği gibi; şeker pancarı üretimi yapılan tarlalarda münavebenin ne kadar önemli olduğunu bir kez daha gözler önüne sermiştir.

Türkiye'de, üreticilerin fiyat garantisinin olduğu tek ürün olan şeker pancarına yönelmeleri münavebeyi bozmalarına neden olmakta, bu da başta Şeker pancarı kist nematodu olmak üzere rhizomania hastalığının baskısını artırmaktadır. Bu bakımdan her ikisinin birlikte olduğu ekim alanları için *Rz1+Rz2+NT* veya *Rz1+Rz3+NT* genlerini içeren yeni ıslah hatlarının geliştirilerek üreticilere ulaştırılması ve ekiminin yapılmasının gelecekte pancar verim ve kalitesinin korunmasında büyük rol oynayacağı düşünülmektedir. Ancak, şu an dünyada yetiştiriciliği yapılan ticari çeşitler yalnızca *Rz1* ve *Rz2* genlerini içermekte olup, günümüzde diğer dayanıklılık genleri (*Rz3*, *Rz4* ve *Rz5*) ticari çeşitlere henüz aktarılmamıştır. Bu sebeple, ülkemizde her yıl hedeflenen şeker pancarı ve dolayısıyla şeker üretiminin sektöre uğramaması için, BNYVV+kist nematodu ile bulaşık alanlarda *Rz1+NT* genotiplerini içeren çeşitlerin ekiminin yapılması yerinde olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK (TOVAG: 2150495) projesi kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

Abe H, Tamada T, 1986. Association of Beet necrotic yellow vein virus with isolates of Polymyxa betae Keskin. Annals of Phytopathological Society of Japan, 52, 235-247.

- Asher, MCJ, 1993. Rhizomania. p:312-346. Editors: DA Cooke and RK Scott. The Sugar Beet Crop. Chapman and Hall, London, U.K.
- Atherton P, Dutton J, Madsen R, Pews, R. 1998. International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Proceedings of 22nd Session Berlin. International Media Limited PO Box 26 Port Talbot West Glamorgan SA13 1NX UK.
- Biancardi E, Lewellen RT, De Biaggi M, 2002. The origin of rhizomania resistance in sugar beet. *Euphytica* 127, 383–397.
- Bornemann K, Varrelmann M, 2013. Effect of sugar beet genotype on the Beet necrotic yellow vein virus P25 pathogenicity factor and evidence for a fitness penalty in resistance-breaking strains, *Molecular Plant Pathology*, 14, 356-364.
- Candemir F, Kutluk-Yilmaz ND, Gülser C. 2012. The effect of tobacco waste application on Tobacco mosaic virus (TMV) concentration in the soil. *Žemdirbystė Agriculture*, 99 (1), 99-104.
- Canova, A. 1959. On the Pathology of Sugar Beet. *Inf. Fitopatol.*, 9: 390-396.
- Clark MF, Adams AN, 1977. Characteristics of the microplate method of enzyme linked immunosorbent assay for the detection of plant viruses. *Journal of General Virology*, n. 34: 475-483.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 111-120.
- Dewar AM, Cooke D, 2006. Pests. p.316 354. In A.P. Draycott (Ed.) Sugar Beet. Blackwell.
- Diker T, 1959. Türkiye’de şeker pancarı nematodunun (*Heterodera schachtii* Schmidt 1871) yayılış durumu ve alınması gerekli tedbirler. *Şeker Mecmuası*, 34: 9-13.
- European Food Safety Authority (EFSA), Culot, A., Delbianco, A., 2024. Pest survey card on beet necrotic yellow vein virus. EFSA Supporting Publications, 21 (7), 8884E.
- Evans K, Rowe JA, 1998. Distribution and economic importance. In: Sharma SB (ed.) *The Cyst Nematodes*: 1-30. Kluwer Academic Publishers, London, UK.
- Galein Y, Legreve A, Bragard C, 2018. Long term management of rhizomania disease-insight into the changes of the Beet necrotic yellow vein virus RNA-3 observed under resistant and non-resistant sugar beet fields. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1-15.
- Gilmer D, Ratti C, ICTV Report Consortium, 2017. ICTV Virus Taxonomy Profile: Benyviridae. *Journal of General Virology*, 98 (7): 1571-1572.
- Grimmer MK, Trybush S, Hanley S, Francis SA, Karp A, Asher MJC, 2007. An anchored linkage map for sugar beet based on AFLP, SNP and RAPD markers and QTL mapping of a new source of resistance to beet necrotic yellow vein virus, *Theor. Appl. Genet.*, 114, 1151-1160.
- Griffin GD, 1981. Pathological differences in *Heterodera schachtii* populations. *Journal of Nematology* 13, 191-195.
- Gürkan Ş, Erinç M, 2010. Şeker Pancarı Zararlıları ve Mücadelesi. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Yayını: 226, Ankara.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü. Zir. Fak. Eğitim Araş. ve Geliştirme Vak. Yay. No: 3, Ankara.
- Kajiyama T, Yoshizawa A, Yoshida T, Yanagisawa A, Yoshimura Y, Ohtsuchi K, Abe H, Niura T, 1990. Response of sugar beet varieties to rhizomania disease of sugar beet. I. The yield and quality of sugar beet, *Japanese Society of Sugar Beet Technologists*, 32, 53-58.
- Kaya R, Gürkan Ş, 2016. Türkiye’de şeker pancarı kist nematodu (*Heterodera schachtii* Smidth)’nın yayılışı ve tolerant genotiplerin mücadeledeki başarısı. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 3 (1): 123-129.
- Keskin B, 1964. *Polymyxa betae* n.sp. ein parasit in den wurzein von *Beta vulgaris* Tournefort, besonders während den jugendent wicklung den zuckerrübe. *Archives of Microbiology*, 49, 348-374.
- Koch F, 1987. Bericht über eine in verschiedene zuckerrübenanbauggebiete der Turkseker in Anatolien und Thrazien zum stadium von wurzelerkrankungen. KWS Kleinwanzlebener Saatzucht, AG, Einbeck, Germany.
- Koenig R, Lüddecke P, Haerberle AM, 1995. Detection of Beet necrotic yellow vein virus strains, variants and mixed infections by examining single-strand conformation polymorphisms of immunocapture RT-PCR products, *Journal of General Virology*, 76, 2051-2055.
- Koenig R, Haerberle AM, Commandeur U, 1997. Detection and characterization of a distinct type of Beet necrotic yellow vein virus RNA-5 in sugar beet growing area in Europe. *Archives of Virology*, 142:1499-1504.
- Koenig R, Lennefors BL, 2000. Moleculer analyses of European A, B and P type sources of Beet necrotic yellow vein virus and detection of the rare P type in Kazakhstan, *Archives of Virology*, 145, 1561-170.

- Koenig R, Kastirr U, Holtschulte B, Deml G, Varrelmann M, 2008. Distribution of various types and P25 subtypes of Beet necrotic yellow vein virus in Germany and other European countries. *Archives of Virology*, 153, 2139-2144.
- Koenig R, Loss S, Specht J, Varrelmann M, Lüddecke P, Deml G, 2009. A single U/C nucleotide substitution changing alanine to valine in the beet necrotic yellow vein virus P25 protein promotes increased virus accumulation in roots of mechanically inoculated, partially resistant sugar beet seedlings. *Journal of General Virology*, 90, 759-763.
- Kruse M, Koenig R, Hoffman A, Kaufmann A, Commandeur U, Solevye AG, Savenkov I, Burgermeister W, 1994. Restriction fragment length polymorphism analysis of reverse transcription-PCR products reveals the existence of two major strain groups of beet necrotic yellow vein virus. *Journal of General Virology*, 75, 1835-1842.
- Kubadinow N, Wienenger L, 1972. *Zucker*, 25: 43.
- Kutluk Yilmaz ND, Meunier A, Schmit JF, Stas A, Bragard C, 2007. Partial nucleotide sequence analysis of Turkish isolates of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) RNA-3. *Plant Pathology*, 56, 311-316.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, 2010. Occurrence of soilborne sugar beet viruses transmitted by *Polymyxa betae* northern and central parts of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 92 (2), 497-500.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, Sevik MA, Tunali B, Demirtas S, 2016. The widespread occurrences of Beet soil borne virus and RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus isolates in sugar beet production areas in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 144 (2), 443-455.
- Kutluk Yilmaz ND, Arli-Sokmen M, Kaya R, 2018. p25 pathogenicity factor deletion mutants of beet necrotic yellow vein virus occurring in sugar beet fields in Turkey. *J Plant Dis Prot* 125, 89-98.
- Kutluk Yilmaz ND, Kaya R, Değer T, 2019. Beet necrotic yellow virus'ün patojenite ile ilişkili P25 proteininde delesyon belirlenen yeni varyantları üzerinde araştırmalar. TOVAG 2150495, Kesin Sonuç Raporu.
- Kutluk Yilmaz N, Sokmen M, Gulser C, Saracoglu S, Yilmaz D, 2010. Relationships between soil properties and soilborne viruses transmitted by *Polymyxa betae* Keskin in sugar beet fields. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 8 (3), 766-769.
- Lewellen RT, Skoyen IO, Erichsen AW, 1987. Breeding sugar beet for resistance to rhizomania: Evaluation of host-plant reactions and selection for and inheritance of resistance. Pages 139-156 in: *Proc. Winter Congr. Symp. Int. Inst. Sugar Beet Res. (IIBR)*, 50th. Brussels.
- Lewellen RT, 1995. Registration of sugar beet germplasm lines with multiple disease resistance: C39, C39R, C39R-6, C-47, C-93, and C-94, *Crop Science*, 35, 2 (13), 597-598.
- Lilley CJ, Atkinson HJ, Urwin PE, 2005. Molecular aspects of cysts nematodes. *Molecular Plant Pathology*, 6, 577-588.
- Liu HY, Sears JL, Lewellen RT, 2005. Occurrence of resistance-breaking beet necrotic yellow vein virus of sugar beet. *Plant Disease*, 89, 464-468.
- Liebe S, Varrelmann M, 2022. Ongoing evolution of Beet necrotic yellow vein virus towards Rz1-resistance breaking in Europe. *Plant Pathology*, 71, 1647-1659.
- Liebe S, Maiss E, Varrelmann M, 2023. The arms race between beet necrotic yellow vein virus and host resistance in sugar beet. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1098786.
- McGrann GRD, Grimmer MK, Mutasa-Gottgens ES, Stevens M, 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania diseases. *Molecular Plant Pathology*, 10, 129-141.
- Mehrvar M, Valizadeh J, Koenig R, Bragard CG, 2009. Iranian Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV): pronounced diversity of the P25 coding region in A-type BNYVV and identification of P-type BNYVV lacking a fifth RNA species. *Archives of Virology*, 154, 501-506.
- Mennan S, Yilmaz NDK, Aydın G, Çankaya S, 2012. Occurrence and interactions among sugar beet cyst nematode and beet soilborne viruses in northern Turkey. *Pak. J. Nematol.*, 30 (2), 115-127.
- Miyanishi M, Kusume T, Saito M, Tamada T, 1999. Evidence for three groups of sequence variants of beet necrotic yellow vein virus RNA 5. *Archives of Virology*, 144, 879-892.
- Nassaj-Hosseini SM, Shams-Bakhsh M, Mehrvar M, Salmanian AH, 2013. Evolutionary characterization and genetic structure of Iranian isolates of Beet necrotic yellow vein virus population based on P25 protein, *Journal of Agricultural Science and Technology*, 15, 829-842.
- Özgür OE, 1995. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü, Yayın No: 218, Ankara, 33-47.
- Özgür OE, 2003. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü Yayınları Yayın No.219, Etimesgut- Ankara, 52-69.

- Pferdmenges F, Korf H, Varrelmann M, 2009. Identification of rhizomania-infected soil in Europe able to overcome Rz1 resistance in sugar beet and comparison with other resistance-breaking soils from different geographic origins. *European Journal of Plant Pathology*, 124, 31–43.
- Pylypenko L, Kalatur K, 2015. Breeding and usage of sugar beet cultivars and hybrids resistant to sugar beet nematode *Heterodera schachtii*. *Agricultural Science and Practice* 2.1, 12-22.
- Pylypenko LA, Kalatur KA, Hallmann J, 2016. Sugar beet nematode *Heterodera schachtii* distribution and harmfulness in Ukraine. *Agricultural Science and Practice*, 3, 3-11.
- Rush CM, 2003. Ecology and epidemiology of benyviruses and plasmodiophorid vectors. *Annual Review of Phytopathology*, 41, 567-592.
- Schirmer A, Link D, Cognat V, Moury B, Beuve M, Meunier A, Bragard C, Gilmer D, Lemaire O, 2005. Phylogenetic analysis of isolates of Beet necrotic yellow vein virus collected worldwide. *Journal of General Virology*, 86, 2897-2911.
- Scholten OE, Paul H, Peter D, Van Lent JW, Goldbach RW, 1994. In situ localisation of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in rootlets of susceptible and resistant beet plants. *Archives of Virology*, 136, 349-361.
- Scholten OE, Lange W, 2000. Breeding for resistance to rhizomania in sugar beet: a review. *Euphytica*, 112, 219-231.
- Scholten OE, Jansen RC, Keizer LCP, DeBock TSM, Lange W, 1996. Major genes for resistance to beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) in *Beta vulgaris*. *Euphytica* 91, 331-339.
- Scholten OE, Bock TS, Klein-Lankhorst RM, Lange W, 1999. Inheritance of resistance to beet necrotic yellow vein virus in *Beta vulgaris* conferred by a second gene for resistance. *Theoretical and Applied Genetics*, 99, 740-746.
- Serel İ, Gürkan Ş, 2002. Ülkemiz şeker pancarı ekim alanlarında kist nematodu (*Heterodera schachtii* Smidht)'nun yayılış alanları üzerine araştırmalar. İkinci Ulusal Şeker Pancarı Üretimi Sempozyumu, 10-11 Eylül, Ankara, s.249-256.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manuel*. USDA Handbook No:18 Washington.
- Tamada T, Baba T, 1973. Beet necrotic yellow vein virus from rhizomania affected sugar beet in Japan. *Annals of Phytopathological Society of Japan*, 39, 325-332.
- Tamada T, Abe H., Saito M, Kiguchi T, Harada T, 1989. Production and pathogenicity of isolates of Beet necrotic yellow vein virus with different numbers of RNA components. *Journal of General Virology*, 70, 3399-3409.
- Tamada T, Kusume T, Uchino H, Kiguchi T, Saito M, 1996. Evidence that Beet necrotic yellow vein virus RNA 5 is involved in symptom development of sugar beet roots. *Proc. 3rd Symp. Int. Work. Group Plant Viruses Fungal Vectors*, 49-52, 6-7 August, Dundee, Scotland.
- Tamada T, Uchino H., Kusume T, Iketani-Saito M, Chiba S, Andika IB, Kondo H, 2020. Pathogenic roles of beet necrotic yellow vein virus RNA5 in the exacerbation of symptoms and yield reduction, development of scab-like symptoms, and Rz1-resistance breaking in sugar beet. *Plant Pathology*, 70, 219-232.
- An T, Ökten E, 2008. Adapazarı ili ve çevresi şeker pancarı ekiliş alanlarında *Heterodera schachtii* Schmidt, 1871 (Tylenchida: Heteroderidae)'in yayılışı üzerine araştırmalar. *Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22 (1), 1-8.
- Tosic M, Sutic D, Milovanovic, M, 1985. Investigations of sugar-beet rhizomania in Yugoslavia. *Proceedings of 48th International Institute Sugar Beet Research Winter Congress*, 431-445. 13-14 February 1985, Bruxelles.
- Ward L, Koenig R, Budge G, Garrido C, McGrath C, Stubbleby H, Boonham N, 2007. Occurrence of two different types of RNA-5-containing beet necrotic yellow vein virus in the UK. *Arch Virol* 152, 59-73.
- Wauters A, Keleman J, 1998. Economic and agronomic interest of nematode-resistant sugar beet varieties: Belgian experience from 1995 to 1998, 63-75.
- Wetzel V, Liebe S, Varrelmann M, 2019. Current status of rhizomania resistance in sugar beet, *Sugar Industry*, 144, 64-69.
- Whitney ED, Duffus IE, 1995. Rhizomania (Beet Necrotic Yellow Vein Virus). *Compendium of Beet Diseases and Insects*. The American Phytopathological Society, St. Paul, Minnesota, 29-30.
- Winner C, 1984. Viröse Wurzelbartigkeit (Rhizomania) der Beta-Rübe als Herausforderung Für Forschung und Resistenzzüchtung, *Zuckerindustrie*, 109, 113-120.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Tuzluluk stresi koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgumun (*Sorghum bicolor* L. Moench) fide büyümesi, fizyolojisi ve su kullanımı üzerine iyileştirici etkileri

Shuaib Ajetunmobi ABDULRASAQ, Mehmet Sait KİREMİT*, Hakan ARSLAN

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

Öz

Tuz stresi, dünya genelinde tarımsal üretimde verimlilik ve sürdürülebilirliği olumsuz etkileyen en önemli abiyotik stres faktörlerinden biridir. Bu koşullarda, tarımsal verimliliğini arttırmak için etkili ve sürdürülebilir çözümlerin üretilmesi gerekmektedir. Bu çalışmada potasyum nitrat (KNO_3) dozları (0, 12.5, 25 ve 50 mM) ile ön uygulamaya tabi tutulmuş sorgum tohumlarının 4 farklı toprak tuzluluğu koşullarında (0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m^{-1}) fide büyümesi, stoma iletkenliği, SPAD ve bitki su tüketimi parametreleri incelenmiştir. Toprak tuzluluğu arttıkça fide boyu, toprak üstü yaş ve kuru ağırlık, yaprak alanı, stoma iletkenliği ve SPAD değerleri önemli derecede azalmıştır. Toprak tuzluluğu 14.02 dS m^{-1} 'e kıyasla, 0.63 dS m^{-1} tuzluluk seviyesinde yaprak alanı %123.9, stoma iletkenliği %159.6 ve SPAD değeri %100.4 oranında artmıştır. Potasyum nitrat uygulamalarının sorgum fidelerinin bitki su tüketimi üzerine önemli bir etkilerinin olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, potasyum nitrat dozları sorgum fide büyümesini pozitif etkilemiştir. Buna göre, 0 mM potasyum nitrate kıyasla, 50 mM potasyum nitrat uygulaması bitki boyunu %13.1, toprak üstü yaş ağırlığı %29.3, yaprak alanını %26.4 ve SPAD değerini %45.0 oranında artırmıştır. Özellikle, 0, 12.5 ve 25 mM KNO_3 kıyasla, sorgum tohumlarının 50 mM KNO_3 ile ön uygulamaya tabi tutulması, 5.10 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında sorgum fide gelişimini arttırmıştır. Elde edilen bulgular, potasyum nitratın sorgum bitkilerinde tuz stresinin toksik etkisini iyileştirmede etkili olduğunu göstermiştir. Sonuç olarak, tuzlu tarımsal üretim alanlarında, sorgum fide gelişimini arttırmak için sorgum tohumlarının ekiminden önce 50 mM KNO_3 ile ön uygulamaya tabi tutulması önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Bitki su tüketimi, fide gelişimi, potasyum nitrat, sorgum, tuz stresi.

Ameliorative effects of potassium nitrate doses on seedling growth, physiology, and water use of sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) under salinity stress

Abstract

Salt stress is a major abiotic factor that adversely impacts global agricultural productivity and sustainability. Effective solutions are essential to enhance agricultural yields under such conditions. This study investigated the effects of potassium nitrate (KNO_3) doses (0, 12.5, 25, and 50 mM) on seedling growth, stomatal conductance, SPAD values, and evapotranspiration in sorghum seeds across four soil salinity levels (0.63, 5.10, 9.55, and 14.02 dS m^{-1}). As salinity increased, seedling height, aboveground fresh and dry weight, leaf area, stomatal conductance, and SPAD values significantly decreased. At 0.63 dS m^{-1} soil salinity, leaf area increased by 123.9%, stomatal conductance by 159.6%, and SPAD value by 100.4% compared to 14.02 dS m^{-1} . Potassium nitrate applications did not significantly affect the evapotranspiration of sorghum seedlings. However, potassium nitrate doses positively affected sorghum seedling growth. Specifically, at 50 mM KNO_3 , plant height increased by 13.1%, aboveground fresh weight by 29.3%, leaf area by 26.4%, and SPAD value by 45.0% compared to 0 mM KNO_3 . Moreover, pre-treatment with 50 mM KNO_3 enhanced seedling development under 5.10 dS m^{-1} soil salinity. The findings indicate that potassium nitrate effectively mitigates the toxic effects of salt stress on sorghum. Finally, it is advisable to pre-treat sorghum seeds with 50 mM KNO_3 prior to planting in saline agricultural areas to promote seedling development.

Keywords: Evapotranspiration, seedling growth, potassium nitrate, sorghum, salt stress.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312 1919 - 1277

E-posta : mehmet.kiremit@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 4 Ekim 2024

Kabul Tarihi : 1 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1561044

Giriş

Bitkiler, yaşamları boyunca birçok biyotik ve abiyotik strese maruz kalmaktadır. Bu stresler, bitkilerin büyümesini, gelişimini ve verimliliğini olumsuz etkilemektedir. Abiyotik stresler arasında, toprak tuzluluğu bitki verimliliğini en fazla etkileyen faktörlerden biridir ve tuz stresi, gıda talebi ve güvenliği için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır (Angon ve ark., 2022). Tarım amaçlı kullanılan arazilerin %20'sinden fazlasından yüksek tuzluluk probleminin olduğu ve her yıl bu alanların 2 milyon hektar daha genişlediği ortaya konmuştur (Singh, 2022). Tuz stresi, bitkilerde oksidatif hasara ve besin dengesizliğine yol açarak fotosentezi, protein metabolizmasını olumsuz etkilemektedir ve bitki büyümesi ile meyve verimi üzerinde ciddi olumsuz etkilere neden olmaktadır (Munns ve Tester, 2008; Hussain ve ark., 2020). Bu nedenle, bitkilerde tuz direnci mekanizmasını araştırmak hem bilimsel hem de ekolojik açıdan büyük önem taşımaktadır.

Bitkiler, tuz stresine karşı direnç sağlamak ve bu strese karşı hassasiyetini arttırmak için fizyolojik, moleküler ve hücresele düzeylerde çeşitli tepkiler göstermektedirler (Läuchli ve Grattan, 2007). Bitkiler, tuz stresi koşullarında osmoregülasyon maddeleri sentezleyerek ve bu maddelerin hücrelerin ozmotik potansiyelini azaltıp, bitkilerde membran stabilitesini dengelemede kullanılmaktadırlar (Zeeshan ve ark., 2020). Bir diğer önemli strateji ise hücre içi iyon dengesini korumaktır. Bunun içinde, bitkiler, kökleri ile Na⁺ emilimini sınırlayarak, hücrelerde Na⁺ birikimini azaltabilir ve iyon toksisitesini hafifletebilmektedirler (Liu ve ark., 2021). Bununla birlikte, reaktif oksijen türlerinin (ROS) ortadan kaldırılması, tuz stresi altında hücresele toksisiteyi veya oksidatif hasarı azaltmanın en önemli etkenlerinden biridir (Liu ve ark., 2021).

Tohum çimlenmesi, yüksek ve kaliteli verim elde edilmesinde en kritik aşamadır. Normal ve stresli koşullar altında tohum çimlenmesini ve fide oluşumunu teşvik etmek için çok sayıda yöntem kullanılmıştır (Ambreen ve ark., 2021; Johnson ve Puthur, 2021; Rhaman ve ark., 2021). Bu anlamda, çimlenmenin ilk aşamasında tohumların kontrollü hidrasyonunu içeren ekim öncesi bir işlem olarak tanımlanan ön uygulama, farklı stres koşulları altında çimlenme oranını ve fide büyümesini iyileştirmek için yaygın olarak uygulanmaktadır (Rhaman ve ark., 2021). Tohum ön uygulama (priming), tohumların çimlenmesinin ilk aşaması yoluyla suyu emmesine izin vermek için tohum kabuğu boyunca radikal çıkıntıya değil, kontrollü hidrasyona izin veren ekim öncesi fizyolojik bir tohum işlemidir. Priming işlemi, tohum yapısında enzim aktivasyonunu, çimlenme inhibitörlerinin metabolizmasının düzenlenmesini, büyümeyi teşvik edici maddelerin sentezini, hücre hasarlarının onarılması ve çimlenmeyi teşvik etmek için emilim gibi çeşitli çimlenme öncesi biyokimyasal değişiklikleri tetiklemektedir (Ibrahim, 2016).

Potasyum nitrat (KNO₃), fide büyümesi üzerinde olumlu etkileri nedeniyle tohum ön uygulamasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Rehman ve ark., 2024; Steiner ve ark., 2019). Potasyum nitrat, kök ve sürgün gelişimini destekleyen potasyum ve azot gibi önemli besin maddelerini sağlayarak, tuz ve kuraklık koşullarında fide gelişimini arttırmaktadır (Hasanuzzaman ve ark., 2018; Javed ve ark., 2024). Bu mineraller, hücre bölünmesi, enzim aktivasyonu ve protein sentezi gibi süreçler için kritik öneme sahip metabolik reaksiyonlarda görev almaktadırlar (Hasanuzzaman ve ark., 2018). Rehman ve ark., (2024) yaptıkları çalışmada MNH360 mısır çeşidinin %1.0 KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması tuzluluk stresi koşullarında mısır bitkilerinin karotenoid ve klorofil içeriğini artırarak bitkileri tuz stresinden koruduğunu ifade etmişlerdir. Anosheh ve ark. (2012)'de ise 4 farklı hibrit mısır çeşitlerinin KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, kuraklık ve tuz stresi koşullarında mısır çeşitlerinin kök gelişimini arttırdığını, ancak prolin ve protein içeriğinin kontrol konusuna kıyasla azaldığını tespit etmişlerdir.

Sorgum (*Sorghum bicolor* L.), tahıl üretiminde dünyada en önemli beş tahıl ürününden biridir (Dehnavi ve ark., 2022). Özellikle, tuzluluk stresine karşı toleranslı bir tahıl ürünü olarak bilinmektedir. Birçok çalışma, sorgum çeşitlerinin tuzluluğa karşı yüksek genetik varyasyon gösterdiğini ortaya koymuştur (Krishnamurthy ve ark., 2007; Roy ve ark., 2018; Mansour ve ark., 2021). Bu nedenle, bitkilerin tuzluluk stresine karşı toleransı özellikle çimlenme ve çıkış büyüme aşamalarında izlenmelidir (Dehnavi ve ark., 2020). Huang (2018) yürüttüğü çalışmada sorgum bitkisinin tuzluluk stresine karşı orta düzeyde hassas olduğunu ifade etmiştir. Roy ve ark. (2018), sorgum bitkisinin 6-8 dS m⁻¹ toprak tuzluluğuna kadar dayanıklı olduğunu ve bu koşullarda yüksek verim alınabileceğini belirtmişlerdir. Kiremit ve ark. (2024) ise sorgum tohumlarının 2.5 dS m⁻¹ toprak tuzluluğuna karşı toleranslı olduğunu ve fide gelişim döneminde fide boyu, sürgün yaş ve kuru ağırlık değerlerini önemli derecede etkilemediğini tespit etmişlerdir.

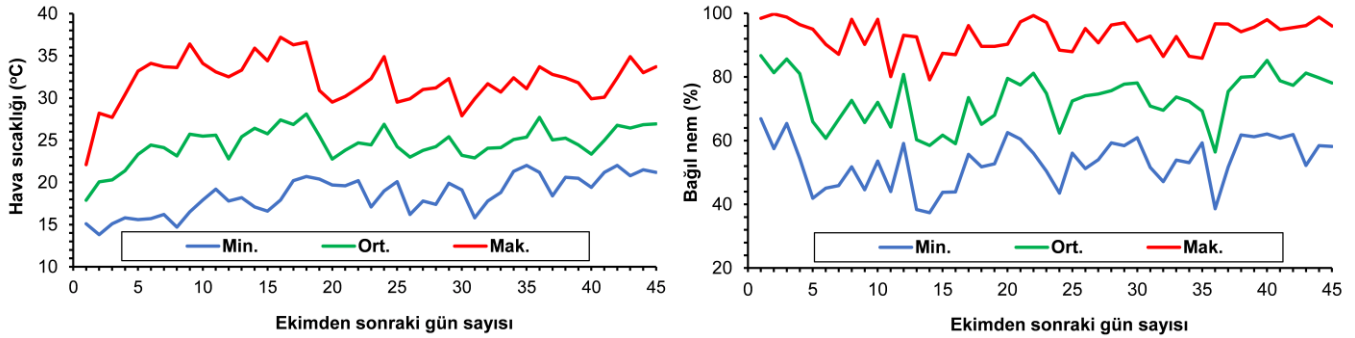
Literatürde, farklı toprak tuzluluğu koşullarında, sorgum tohumlarının farklı KNO₃ dozları ile priming yapılmış tohumlarının büyüme ve fide gelişimi ile ilgili yeterli araştırma bulunmamaktadır. Bu nedenle, bu

çalışmada, farklı toprak tuzluluğu koşullarında sorgum tohumlarının bitki su tüketimi, su kullanım etkinliği ve büyüme parametreleri üzerine etkileri incelenmiştir. Bununla birlikte, tuzluluk stresine karşı farklı potasyum nitrat dozlarının sorgum tohumlarının fide gelişimini attırabilme potansiyelleri değerlendirilmiştir. Bu çalışmanın bulguları, tuzluluk sorunu yaşayan tarımsal üretim alanlarındaki çiftçilerin, sorgum bitkisinin fide büyümesini iyileştirmek için kullanabilecek, kolay ve uygun maliyetli bir yöntem olan KNO_3 ile priming uygulamasının etkilerini tespit etmeyi amaçlamıştır.

Materyal ve Yöntem

Yetiştirme koşulları ve tohum ön uygulamaları

Bu çalışma, Mayıs 2024 ile Temmuz 2024 arasında Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'ne ait deneme alanında dört tarafı açık yağmurdan korunaklı 120 m²'lik alanda yürütülmüştür. Deneme süresince günlük sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin değişimi Şekil 1'de gösterilmiştir. Çalışma, taban çapı 15 cm ve yüksekliği 18 cm olan altı delikli plastik saksılarda gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Deneme periyodu boyunca sıcaklık ve bağıl nem değerlerinin zamansal değişimi

Tohum materyali olarak Öğretmenoğlu 77 sorgum çeşidi tohumları kullanılmıştır. Tohumlar saksıya ekilmeye önce, 480 adet zarar görmemiş ve aynı boyutlarda tohum seçilerek yüzey sterilizasyonu için %10'luk hidrojen peroksit çözeltisinde 10 dakika bekletilmiştir. Daha sonra tohumlar üç defa saf su ile yıkanmıştır. Sterilizasyon işleminden sonra, tohumlar 4 farklı gruba ayrılmış ve 12.5, 25 ve 50 mM KNO_3 çözeltisinde 24 saat boyunca bekletilmiştir. Ancak, 0 mM KNO_3 konusunda tohumlar herhangi bir ön uygulamaya tabi tutulmamıştır. Her saksıya 10 adet sorgum tohumu ekilmiştir. Tohum ekiminden 7 gün sonra her saksıda 5 fide olacak şekilde seyreltme işlemi gerçekleştirilmiştir.

Toprak tuzluluğu uygulamaları

Çalışmada kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Denemede, %25.2 kil, %30.2 silt ve %44.6 kum içeriğine sahip tınlı toprak kullanılmıştır. Saksılara toprağı doldurmadan önce, hava kuru hale gelene kadar kurutulmuş ve daha sonra 4 mm göz açıklığına sahip elek ile elenmiştir. Araştırmada, 4 farklı toprak tuzluluğu düzeyi (S_0 , S_1 , S_2 ve S_3) oluşturulmuştur. Bunun için, S_0 konusunda doğrudan elenmiş toprak kullanılmış ve herhangi bir tuz ilavesi yapılmamıştır. Ancak, S_1 , S_2 ve S_3 konularına sırasıyla 1, 3 ve 5 g kg^{-1} NaCl tuzu ilave edilerek, farklı tuzluluk düzeyine sahip tuzlu topraklar elde edilmiştir. Konularına göre her saksıya 1250 g toprak ile doldurulmuştur.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Kil, %	25.2	Toprak pH	7.58
Silt, %	30.2	Organik madde içeriği, g kg^{-1}	18.4
Kum, %	44.6	Toplam azot, mg kg^{-1}	26.4
Tekstür	Tın	Elverişli fosfor, mg kg^{-1}	19.8
Tarla kapasitesi, %	33.8	Elverişli potasyum, mg kg^{-1}	22.3
Solma noktası, %	16.1	Kalsiyum karbonat, g kg^{-1}	51.2
Elektriksel iletkenlik, dS m^{-1}	0.63		

Saksılarda meydana gelen toprak tuzluluğunu belirlemek için her konu için 3 tekerrürlü saksı hazırlanmış ve çeşme suyu ile tarla kapasitesine kadar sulanmıştır. Daha sonra her saksıdan toprak örnekleri alınarak hava kuru hale gelene kadar kurutulmuş, 2 mm'lik gözenek açıklığına sahip elek ile elenmiş ve her örnek için satürasyon çamuru hazırlanarak toprakların elektriksel iletkenlik değerleri belirlenmiştir. Buna göre, S_0 , S_1 , S_2 ve S_3 konuları için elektriksel iletkenlik değeri üç tekerrürün ortalaması hesaplanarak sırasıyla 0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir.

Deneme deseni ve kültürel işlemler

Araştırma, tesadüf bloklarında iki faktörlü faktöriyel deneme desenine göre yürütülmüştür. Çalışmada, 4 farklı potasyum nitrat dozu (0,12.5, 25 ve 50 mM) ve 4 farklı toprak tuzluluğu değerleri (0.63, 5.10, 9.55 ve 14.02 dS m⁻¹) bulunmaktadır. Her konu üç tekerrürlü olarak yürütülmüş ve toplamda 48 saksı kullanılmıştır.

Sorgum bitkisi için yetiştirme periyodunda ihtiyaç duyduğu gübre miktarları [Gucdemir \(2006\)](#)'in belirttiği miktarlar [N: 18 kg da⁻¹; P₂O₅: 10 kg da⁻¹; K₂O: 12 kg da⁻¹] dikkate alınarak gübreleme yapılmıştır. Bu bağlamda, çalışmada uygulanacak gübre miktarı toprağın kimyasal analizine göre belirlenmiştir. Bunun için, denemeye başlanmadan önce toprağın kimyasal analizleri yapılmıştır. Her saksı için potasyum ve fosfor gübre gereksiniminin tamamı her saksıya ait toprak (1.250 kg) ile karıştırılmış ve doldurulmuştur. Azot gübresi (üre) ise yarısı tohum çimlenmesinden sonra, diğer yarısı 2 yapraklı dönemde olmak üzere iki kez uygulanmıştır. Fosfor, potasyum ve azot gübre ihtiyacı için sırasıyla mono amonyum fosfat (%45 P₂O₅), potasyum sülfat (%45 K₂O) ve üre (%46 N) gübreleri kullanılmıştır.

Saksıların tarla kapasitesini belirlemek için, 3 saksı deneme toprağı ile doldurulmuş ve çeşme suyu (0.18 dS m⁻¹) ile doyurulmuştur. Saksı altlarından drenaj suyu akışı durduktan (48 saat) sonra her saksının ağırlığı hassas terazi ile tartılmış ve 3 saksının ağırlık ortalaması alınarak tarla kapasitesi belirlenmiştir ([Kurunc ve ark., 2011](#); [Kurunc, 2021](#)). Tohum ekiminden sonra tüm saksılar bir hafta boyunca eşit su miktarı ile sulanmıştır. Daha sonra tüm saksılar ayrı ayrı 0.001 hassasiyete sahip elektronik terazi ile tartılarak her biri tarla kapasitesi düzeyine kadar sulanmıştır. Sulama suyu için 0.18 dS m⁻¹'lik çeşme suyu kullanılmıştır. Deneme periyodu boyunca (KNO₃)₀×S₀, (KNO₃)_{12.5}×S₀, (KNO₃)₂₅×S₀ ve (KNO₃)₅₀×S₀ konularında kullanılabilir toprak nem içeriği %40 azaldığında, ilgili saksılar hassas terazi ile tartılarak mevcut toprak nem içeriğini tarla kapasitesinde getirecek şekilde sulama suyu uygulanmıştır.

Verilerin toplanması

Bitki su tüketimi

Her konuya ait bitki su tüketimi (ET) değeri aşağıdaki su bütçesi eşitliği kullanılarak belirlenmiştir ([Ünlükara ve ark., 2010](#))

$$ET = \frac{\left[\frac{W_n - W_{n+1}}{\rho_w} \right] + [SS - DS]}{A}$$

Burada; W_n ve W_{n+1} sulamadan önceki n ve n+1 gündeki saksı ağırlığını ifade etmektedir (kg); SS ve DS sırasıyla sulama suyu miktarı ve drenaj suyu miktarını ifade etmektedir (lt); ρ_w ise suyun hacim ağırlığı (1 kg L⁻¹); A ise toprak yüzey alanını temsil etmektedir (m²).

Fide büyüme ve fizyolojik parametreler

Sorgum fideleri, tohum ekiminden 45 gün sonra her saksıdan hasat edilmiştir. Toplam 225 fide hasat edilerek her konuya ait bitki boyu, gövde çapı, toprak üstü yaş-kuru ağırlık, yaprak alanı değerleri belirlenmiştir. Bitkiler hasat edilmeden önce, her konuya ait stoma iletkenliği [AP4 porometre Delta-T cihazları, İngiltere] ve SPAD [SPAD-502 klorofil metre, Konica Minolta Sensing, Inc. Japonya] değerleri ölçülmüştür. Bunun için, 10.00-12.00 arasında her saksıdan tesadüfi olarak gelişimini tamamlamış 5 farklı yaprakta okumalar yapılmış ve ortalaması alınarak her saksıya ait stoma iletkenliği ve SPAD değerleri tespit edilmiştir. Her saksıdaki 5 fidenin bitki boyu ve gövde çapı sırasıyla metre ve elektronik kumpas ile belirlenmiştir ve daha sonra ortalaması alınmıştır. Toprak üstü yaş ağırlık değeri, her saksıdaki 5 fidenin toplam gövde ve yaprak ağırlıkları tartılarak belirlenmiştir. Toprak üstü kuru ağırlık değeri ise 5 fidenin 70 °C etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve daha sonra tartılarak tespit edilmiştir. Yaprak alanı ise, her saksıdan tesadüfi olarak bir bitki seçilmiş ve görüntü işleme yöntemi kullanılarak yaprak alanı belirlenmiştir ([Kiremit, 2024](#)).

Veri analizi

Araştırmada, farklı potasyum nitrat dozları, toprak tuzluluğu ve bunların interaksyonunun sorgum fidelerinin bitki su tüketimi ve büyüme parametreleri üzerine etkileri iki yönlü varyans analizi yöntemi ile belirlenmiştir ([Takma et al., 2023](#)). Konular arasındaki farklılıklar P<0.05 önemlilik düzeyinde Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analiz için SPSS 25.0 paket programı kullanılmıştır. Bar

grafiklerinin çizilmesinde ise Microsoft Office 365 paket programı kullanılmıştır. Stoma iletkenliği ve SPAD değerlerine ait 3 ve 2 boyutlu grafikler Design Expert 13.0 paket programı yardımıyla çizilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi

Toprak tuzluluğu (TT), potasyum nitrat dozları (PND) ve TT×PND interaksyonunun sorgum fidelerine ait sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi üzerine istatistiksel etkileri Çizelge 2’de gösterilmiştir. Buna göre, toprak tuzluluğu sorgum fidelerinin sulama suyu miktarını önemli derecede etkilerken, potasyum dozları ve interaksyonun etkisinin sulama suyu miktarını üzerine istatistiksel etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 2). En yüksek sulama suyu miktarı 88.4 mm ile S_0 konusundan elde edilirken, en düşük değer ise 63.5 mm ile S_3 konusunda gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Sorgum fidelerine ait bitki su tüketimi değerleri irdelendiğinde, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması bitki su tüketimini kontrol koşullarına kıyasla arttırmıştır (Çizelge 2). Ancak, $(KNO_3)_{12.5}$, $(KNO_3)_{25}$ ve $(KNO_3)_{50}$ dozlarına ait bitki su tüketimi değerleri arasında istatistiksel farklılık olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprak tuzluluğunun artması ile sorgum fidelerinin bitki su tüketimi azalmıştır. İnteraksiyona göre bitki su tüketimi değerleri incelendiğinde, 4 farklı potasyum nitrat dozu koşullarında, en düşük bitki su tüketimi değerleri S_3 koşullarında elde edilmiştir. Ancak, 0.63 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında sorgum tohumlarının 50 mM potasyum nitrat ile ön uygulama yapılması 0, 12.5 ve 25 mM konularına kıyasla daha yüksek bitki su tüketimine sahip olduğu gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarı değerlerinde elde edilen azalmalar, kök bölgesinde tuz miktarının artması toprağın ozmotik potansiyelinin azalmasına sebep olarak kök bölgesinde kullanılabilir su miktarının azalması ile ilişkilendirilmektedir (Minhas ve ark., 2020). Toprak suyunun serbest enerjisinin azalması, bitkilerin toprak çözeltisinden su almak için daha fazla enerji harcamasına neden olmaktadır. Bu durumda, bitki su tüketiminin azalmasına neden olmaktadır (Liu ve ark., 2021; Parihar ve ark., 2015). Çalışmamızda, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması, tohumların potasyum içeriğinin artmasına ve fide döneminde hücre içi ozmotik basıncı düzenleyerek fidelerin su alımını arttırdığı söylenebilir. Özellikle, potasyum nitratın pozitif etkisi 0.63 dS m^{-1} koşullarda fotosentetik pigmentleri iyileştirilmesi ile daha etkin bir şekilde görülmektedir. Fakat, tuzluluk stresinin artması ile, potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin su alımı ve gelişimi üzerine önemli derecede etki etmemiştir.

Bitki boyu ve gövde çapı

Sorgum fidelerine ait bitki boyu değerleri istatistiksel olarak toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarından etkilenirken, TT×PND interaksyonundan etkilenmemiştir (Çizelge 2). En uzun bitki boyu değeri 41.4 cm ile S_0 konusundan elde edilmiştir (Çizelge 2). Buna göre, S_0 konusuna kıyasla, S_1 , S_2 ve S_3 konularına ait bitki boyu değerleri sırasıyla %3.9, %12.9 ve %37.5 oranında azalmıştır (Çizelge 2). Potasyum nitrat dozuna göre ise, en uzun bitki boyu (38.1 cm) 50 mM KNO_3 konusunda elde edilmiştir ve $(KNO_3)_0$ konusuna kıyasla %13.1 oranında artmıştır (Çizelge 2). En kısa bitki boyu değeri ise $(KNO_3)_0 \times S_3$ konusundan elde edilmiştir. Bununla birlikte, $(KNO_3)_0 \times S_3$ konusuna kıyasla, $(KNO_3)_0 \times S_0$, $(KNO_3)_{12.5} \times S_0$, $(KNO_3)_{25} \times S_0$ ve $(KNO_3)_{50} \times S_0$ konularına ait bitki boyu değerlerinde %76.6, %86.7, 69.8% ve 88.1% oranında artış gözlemlenmiştir (Çizelge 2). Kiremit ve ark. (2024) yaptıkları çalışmada, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum bitkisinin fide boyunun önemli derecede azaldığını ve 8 dS m^{-1} toprak tuzluluğu koşullarında bitki boyunun %40.8 azaldığını belirlemişlerdir. Sezer ve ark. (2021) toprak tuzluluğunun şeker mısır fidelerinin gelişimini önemli derecede sınırlandırdığını ve 2.5 dS m^{-1} ’den daha yüksek toprak tuzluluğunun tatlı mısır fide gelişimini azalttığını rapor etmişlerdir. Steiner ve ark. (2019) buğday tohumlarını $10 \text{ g L}^{-1} KNO_3$ ile ön uygulamaya tabi tutulması, buğday tohumlarının kök ve fide uzunluğunu önemli derecede arttırdığını ve buğday tohumlarının gelişim kabiliyetini arttırdığını belirlemişlerdir.

Çizelge 2’de görüldüğü üzere, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum fidelerine ait gövde çapı değerleri azalmıştır. En kalın gövde çapı değeri 4.7 mm ile S_0 konusundan belirlenmiştir. S_0 konusuna kıyasla, gövde çapı değeri S_1 , S_2 ve S_3 konularında sırasıyla %5.5, %10.0 ve %32.3 oranlarında azalmıştır (Çizelge 2). Potasyum nitrat dozu ile sorgum fidelerinin gövde çapı arasında parabolik bir ilişki olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Sorgum fidelerinin gövde çapı değerleri 25 mM KNO_3 dozuna kadar artmış ve 50 mM KNO_3 dozunda azaldığı gözlemlenmiştir. Ancak, en kalın gövde çapı değerleri (4.9 ve 4.8 mm) sırasıyla $(KNO_3)_{25} \times S_0$ ve $(KNO_3)_{50} \times S_0$ konularında belirlenmiştir (Çizelge 2). Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında, 50 mM potasyum nitrat ile önceden işlenmiş tohumların, daha iyi bitki boyu ve gövde çapına sahip olduğu belirlenmiştir. Potasyum

nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulan tohumların bitki gelişimindeki bu iyileşme, hücre genişlemesini ve uzamasını teşvik etmesi ile membran bütünlüğünü korumasından kaynaklandığı söylenebilir.

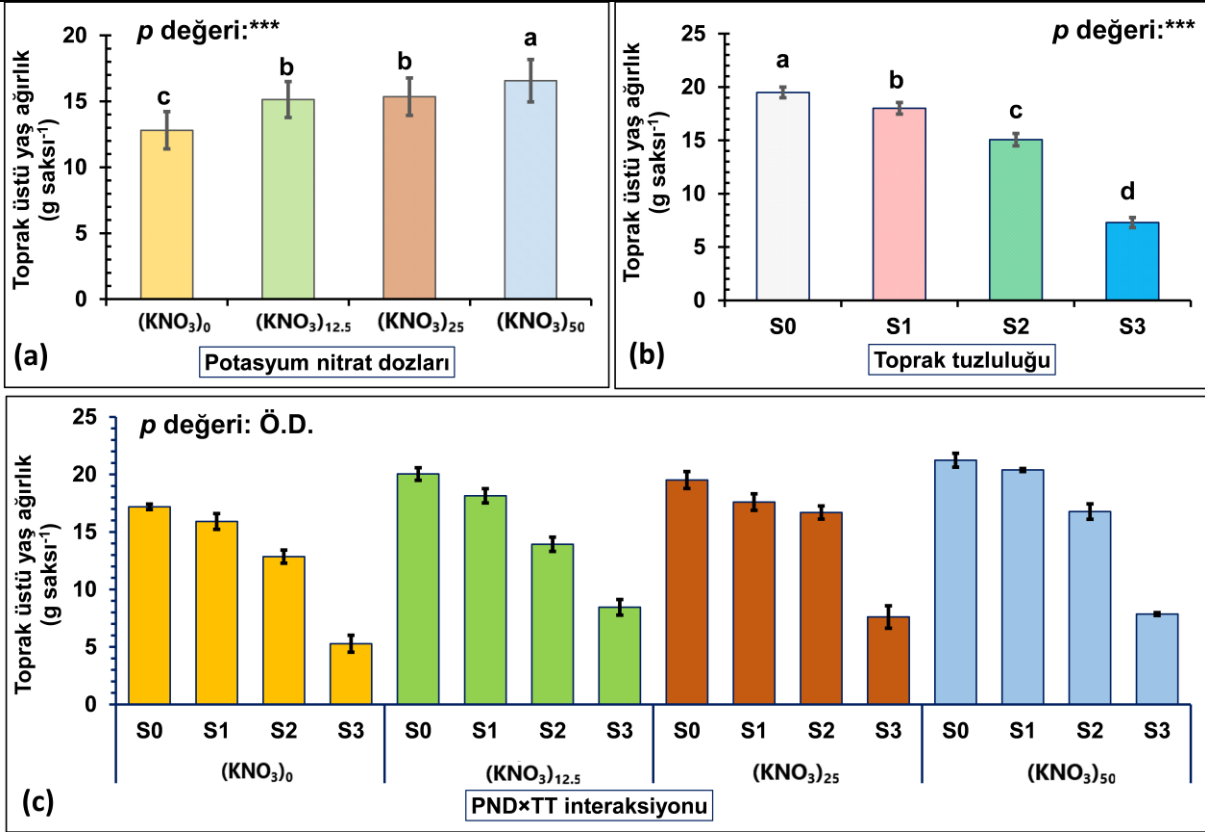
Çizelge 2. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin bitki su tüketimi, sulama suyu miktarı, bitki boyu ve gövde çapı üzerine etkileri

Toprak Tuzluluğu	Sulama suyu miktarı (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	84.3	90.6	88.6	90.1	88.4 A
S ₁	75.8	79.8	81.3	79.1	79.0 B
S ₂	74.4	75.3	74.3	74.9	74.7 C
S ₃	62.2	64.1	65.3	62.3	63.5 D
Ortalama	74.2	77.5	77.4	76.6	
Toprak tuzluluğu	Bitki su tüketimi (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	77.6	84.6	81.9	87.1	82.8 A
S ₁	68.5	73.5	74.5	75.2	72.9 B
S ₂	68.1	69.1	67.6	70.5	68.8 C
S ₃	54.5	57.8	58.2	56.8	56.8 D
Ortalama	67.2 B	71.2 A	70.6 A	72.4 A	
Toprak tuzluluğu	Bitki boyu (cm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	40.6	42.9	39.0	43.2	41.4 A
S ₁	37.2	40.7	39.3	42.0	39.8 B
S ₂	33.9	36.7	34.9	38.8	36.1 C
S ₃	23.0	26.3	26.0	28.4	25.9 D
Ortalama	33.7 B	36.7 A	34.8 B	38.1 A	
Toprak tuzluluğu	Gövde çapı (mm)				Ortalama
	Potasyum nitrat dozu				
	(KNO ₃) ₀	(KNO ₃) _{12.5}	(KNO ₃) ₂₅	(KNO ₃) ₅₀	
S ₀	4.5 cd	4.6 bc	4.9 a	4.8 ab	4.7 A
S ₁	4.5 cd	4.3 def	4.6 bcd	4.5 cd	4.4 B
S ₂	4.3 def	4.1 f	4.1 ef	4.4 cde	4.2 C
S ₃	2.7 h	3.6 g	3.8 g	2.6 h	3.2 D
Ortalama	4.0 C	4.2 B	4.3 A	4.1 BC	
İki yönlü ANOVA	Sulama suyu miktarı	Bitki su tüketimi	Bitki boyu	Gövde çapı	
TT	***	**	***	***	***
PND	Ö.D.	***	***	***	***
TT×PND İnt.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	Ö.D.	***

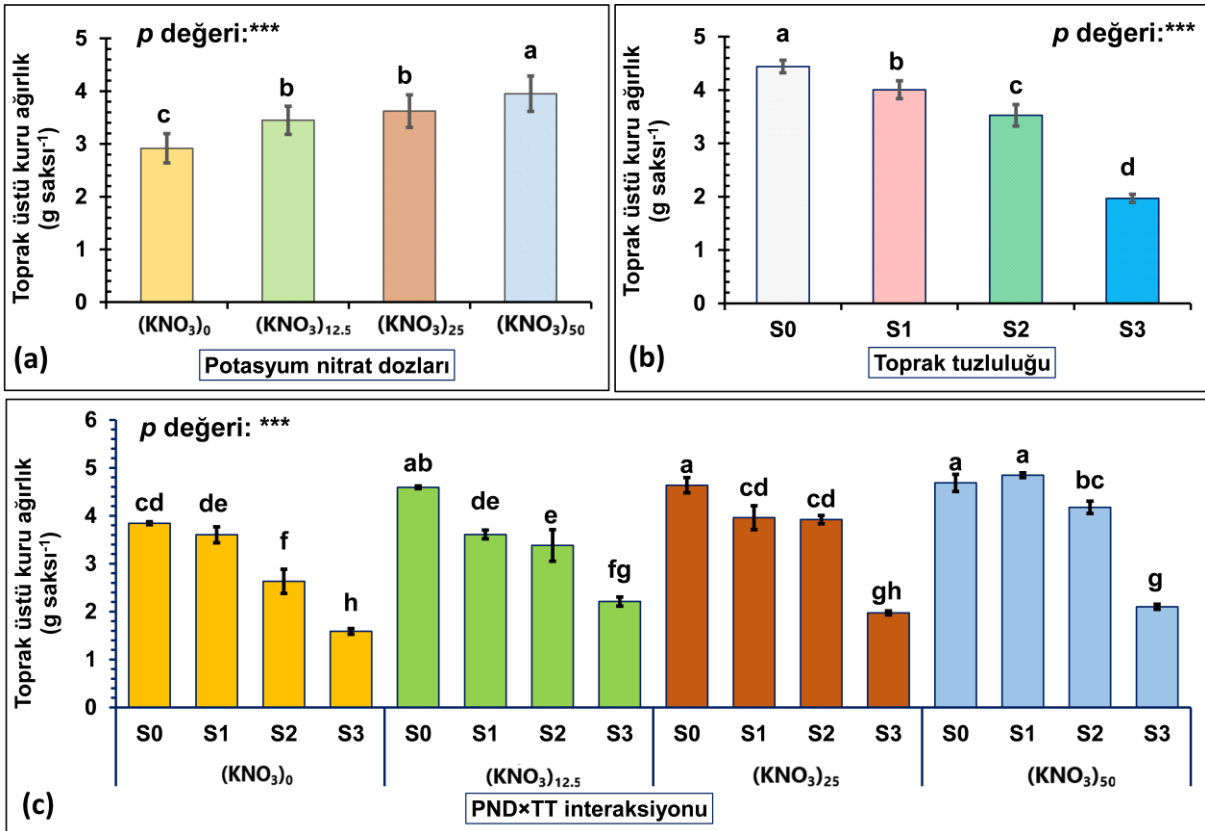
Satır ve sütunlarda büyük/küçük farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında, Duncan çoklu karşılaştırma testine göre 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. TT: Toprak tuzluluğu; PND: potasyum nitrat dozu. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: P < 0.001; **: P < 0.01; Ö.D: Önemli değil.

Toprak üstü yaş ve kuru ağırlık

Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozu artışı ile sorgum fidelerinin birlikte toprak üstü yaş ve kuru ağırlıklarında önemli farklılıklar gözlemlenmiştir (Şekil 2 ve Şekil 3). En yüksek toprak üstü yaş ağırlığı değeri (19.5 g saksı⁻¹) S₀ konusundan elde edilmiştir (Şekil 2b). Bu değer, S₁, S₂ ve S₃ konularından sırasıyla %8.2, %29.4 ve %167.1 oranlarında daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Şekil 2b). Bununla birlikte, en yüksek toprak üstü yaş ağırlığı değeri (16.6 g saksı⁻¹) (KNO₃)₅₀ uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 2a). En düşük değer ise 12.8 g saksı⁻¹ ile (KNO₃)₀ uygulamasından elde edilmiş ve bu değere kıyasla (KNO₃)_{12.5}, (KNO₃)₂₅ ve (KNO₃)₅₀ konularına ait toprak üstü yaş ağırlık değeri %18.2, %19.8 ve %29.3 oranlarında artmışlardır (Şekil 2a). İnteraksiyona göre, en yüksek toprak üstü yaş ağırlık değeri (21.2 g saksı⁻¹) ile (KNO₃)₅₀×S₀ konusundan, en düşük değer (5.3 g saksı⁻¹) ise (KNO₃)₀×S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 2c).



Şekil 2. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin toprak üstü yaş ağırlığına etkisi. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: *P* < 0.001; **: *P* < 0.01; Ö.D: Önemli değil.



Şekil 3. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin toprak üstü kuru ağırlığına etkisi. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: *P* < 0.001; **: *P* < 0.01; Ö.D: Önemli değil.

Şekil 3a'da görüldüğü gibi, potasyum nitrat dozu arttıkça toprak üstü kuru ağırlık değeri artmıştır. En yüksek toprak üstü kuru ağırlık değeri 4.0 g saksı⁻¹ ile (KNO₃)₅₀ konusundan elde edilmiştir (Şekil 3a). Bununla birlikte, (KNO₃)_{12.5} ve (KNO₃)₂₅ konularına ait toprak üstü kuru ağırlık değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Şekil 3a). Ancak, toprak tuzluluğu arttıkça toprak üstü kuru ağırlık değeri önemli derecede azalmış, en düşük değer S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 3b). S₃ konusuna kıyasla, toprak üstü kuru ağırlık değerleri S₂, S₁ ve S₀ konularında sırasıyla %79.3, %103.5 ve %125.7 oranında artmıştır (Şekil 3b). İnteraksiyona göre toprak üstü kuru ağırlık değerleri incelendiğinde, en yüksek toprak üstü kuru ağırlık değerleri 12.5, 25 ve 50 mM KNO₃ koşullarında S₀ konularında elde edilmiştir (Şekil 3c). Ancak, sorgum tohumlarının 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, kuru madde birikimi açısından 0, 12.5 ve 50 mM KNO₃ konularına kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Özellikle, sorgum tohumlarını 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması S₁ koşullarında pozitif etki göstererek fide gelişimini diğer konulara kıyasla daha fazla teşvik ettiği söylenebilir. Önceki çalışmalar incelendiğinde, [Guo ve ark. \(2022\)](#) ve [Dehnavi ve ark. \(2022\)](#) yaptıkları çalışmalarda, toprak tuzluluğunun sorgum bitkisinin taze ve kuru ağırlıklarını olumsuz etkilediğini göstermişlerdir. [Rehman ve ark. \(2024\)](#), mısır tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulama yapılması, tuzluluk koşullarında bitkilerde düşük düzeyde lipid peroksidasyonu birikimine ve minimum membran zararlanmasına neden olarak fide gelişimini teşvik ettiğini ifade etmişlerdir. Çalışmamızda, sorgum tohumlarının potasyum nitrat dozları ile ön uygulamaya tabi tutulması, fide gelişim döneminde hücre turgorunu dengeleyerek, bitkileri oksidatif strese karşı korumuş ve fidelerin tuz toleransını arttırmıştır. Bu durum, tuz stresi koşullarında, fidelerin gelişiminin artmasını teşvik etmiştir. Bu nedenle, sorgum tohumlarının tuz içeriği yüksek tarım arazilerinde ekilmeden önce 50 mM potasyum nitrat ile ön uygulamaya yapılması önerilebilir.

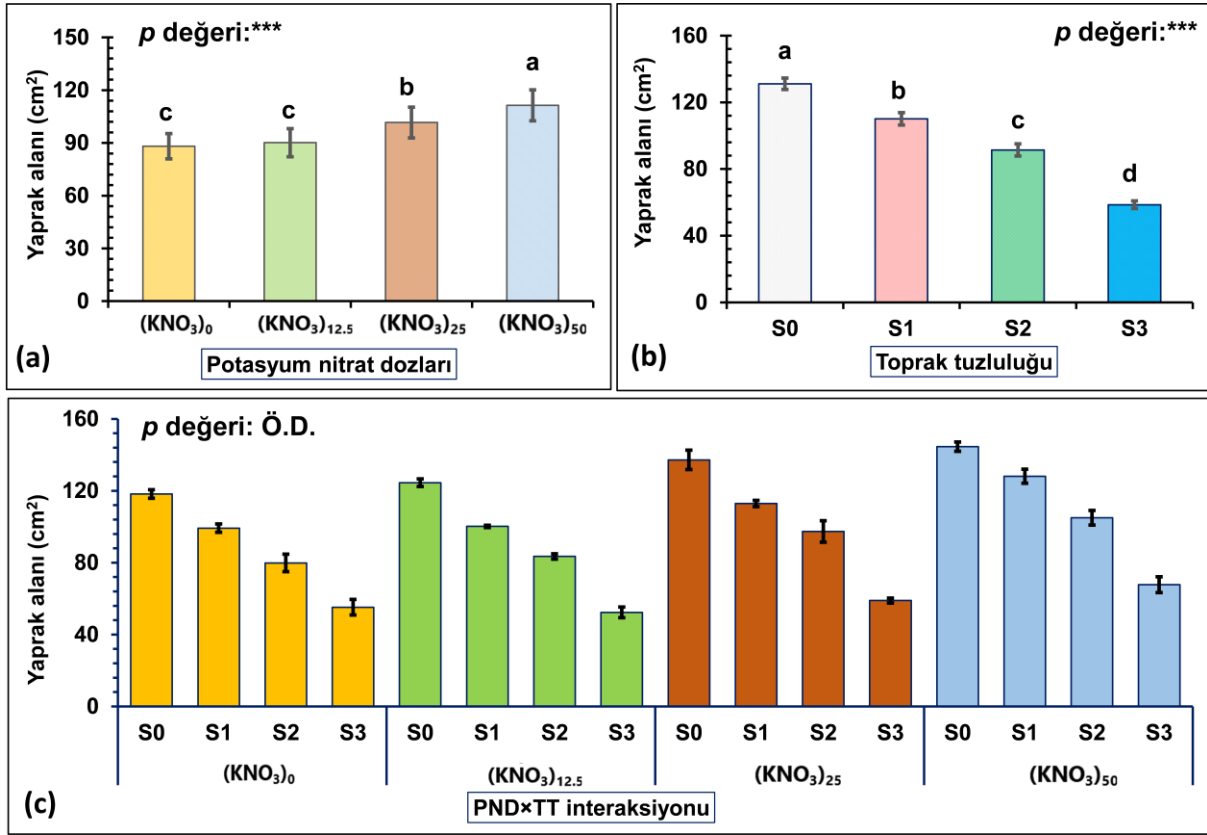
Yaprak alanı

Sorgum fidelerine ait yaprak alanının toprak tuzluluğu, potasyum nitrat ve interaksiyona göre değişimi Şekil 4'te gösterilmiştir. Potasyum nitrat dozu arttıkça sorgum fidelerinin yaprak alanı artmıştır (Şekil 4a). Ancak, (KNO₃)₀ ve (KNO₃)_{12.5} dozlarına ait yaprak alanı değerleri arasında istatistiksel farklılık bulunmamaktadır (Şekil 4a). Toprak tuzluluğuna göre ise; en düşük yaprak alanı değeri 58.6 cm² ile S₃ konusundan elde edilmiştir (Şekil 4b). Buna göre, S₃ konusuna kıyasla, S₀, S₁ ve S₂ konularına ait yaprak alanı değerleri sırasıyla %123.9, %88.0, ve %56.1 oranlarında artış göstermiştir (Şekil 4b). İnteraksiyona göre ise, yaprak alanı değeri (KNO₃)₀ koşullarında 118.2-55.2 cm², (KNO₃)_{12.5}'te 124.5-52.3 cm², (KNO₃)₂₅'te 137.2-58.9 cm², (KNO₃)₅₀'de ise 144.6-67.7 cm² arasında değişmiştir. En düşük yaprak alanı değeri (52.3 cm²) (KNO₃)_{12.5}×S₃ konusunda elde edilmiştir (Şekil 4c). (KNO₃)_{12.5}×S₃ konusuna kıyasla, (KNO₃)₀×S₀, (KNO₃)_{12.5}×S₀, (KNO₃)₂₅×S₀, (KNO₃)₅₀×S₀ konularına ait yaprak alanı değeri sırasıyla %125.8, %137.9, %162.1 ve %176.2 oranlarında artmıştır (Şekil 4c). [Rehman ve ark. \(2024\)](#), 100 mM NaCl stres koşullarında, MNH360 mısır çeşidinin %1.50 KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması yaprak alanını %0.50 ve 1.0% KNO₃ göre daha fazla arttırdığını tespit etmişlerdir. [Ahmadvand ve ark. \(2012\)](#), soya fasulyesi tohumlarının 6 g L⁻¹ KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması, 8 dS m⁻¹ tuzluluk koşullarında yaprak alanı değerini kontrol konusuna kıyasla %78.4 oranında arttırdığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, [Abeed ve ark. \(2023\)](#), tohumların potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması, bitkilerin su ve besin alımını arttırarak ve bitkinin fizyolojik mekanizmalarını geliştirerek yüksek tuzluluk seviyelerine rağmen yaprakların daha iyi büyümesine ve gelişmesine olanak sağlayabildiğini belirtmişlerdir. Bu durumda, bitkilerin daha geniş yaprak alanına sahip olmalarını sağladığını gözlemlemişlerdir. Çalışmamızda, sorgum tohumlarının 50 mM KNO₃ ile ön uygulamaya tabi tutulması yaprak alanını 0, 12.5 ve 25 mM KNO₃ kıyasla belirgin bir şekilde arttırmıştır. Sonuç olarak, bu çalışmada 50 mM KNO₃ dozunun sorgum fide gelişimini teşvik ettiği ortaya koyulmuştur. Gelecek arazi veya saksı çalışmalarda, potasyum nitratın farklı uygulama ve doz koşullarında uygulayarak sorgum bitkisi için optimum doz ve uygulama yönteminin belirlenmesi önerilebilir.

Stoma iletkenliği ve SPAD

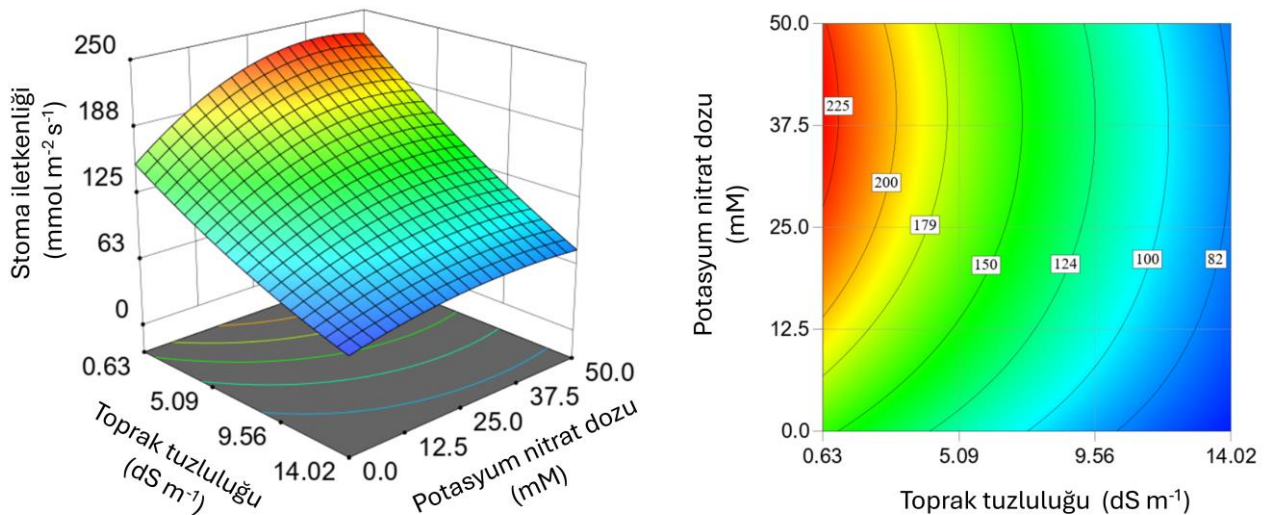
Farklı toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin stoma iletkenliği ve SPAD değerleri üzerine etkileri sırasıyla Şekil 5 ve Şekil 6'da gösterilmiştir. Şekil 5a'da stoma iletkenliğine ait grafik incelendiğinde, en yüksek stoma iletkenliği değeri (223.3 mmol m⁻² s⁻¹) 50 mM potasyum nitrat dozu ve 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu olduğu koşullarda elde edilmiştir. En düşük stoma iletkenliği değerleri ise, 0 mM potasyum nitrat dozu koşullarında gözlemlenmiştir (Şekil 5a). Özellikle, toprak tuzluluğu arttıkça sorgum fidelerine ait stoma iletkenliği değerleri azalmıştır. En düşük stoma iletkenliği değeri 61.7 mmol m⁻² s⁻¹ ile 0 mM potasyum nitrat ve 14.02 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu interaksiyonundan elde edilmiştir (Şekil 5a). Şekil 5b'de görüldüğü üzere, stoma iletkenliği değeri 5.09 dS m⁻¹ toprak tuzluluğundan sonra önemli azalış göstermiştir. Ancak potasyum nitrat dozu ile stoma iletkenliği değerleri arasında eğrisel bir ilişki olduğu

gözlemlenmiştir (Şekil 5b). Potasyum nitrat dozu arttıkça stoma iletkenliği değeri artmış ancak doz miktarının 50 mM'dan daha yüksek olması sorgum fidelerinin stoma iletkenliğinin azalmasına neden olacağı söylenebilir. Elde edilen regresyon eşitliğine göre, toprak tuzluluğu sorgum fidelerinin stoma iletkenliğini potasyum nitrat dozuna göre %135.8 oranında daha fazla etkilediği tespit edilmiştir.



Şekil 4. Farklı toprak tuzluluğu koşullarında potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin yaprak alanına etkisi.

Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, sütunlarda farklı harflerle gösterilen konulara ait ortalama değerler arasında 0.05 önemlilik düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılık bulunmaktadır. (KNO₃)₀: 0 mM; (KNO₃)_{12.5}: 12.5 mM; (KNO₃)₂₅: 25 mM; (KNO₃)₅₀: 50 mM. S₀: 0.63 dS m⁻¹, S₁: 5.10 dS m⁻¹, S₂: 9.55 dS m⁻¹, S₃: 14.02 dS m⁻¹. ***: P < 0.001; **: P < 0.01; Ö.D.: Önemli değil.



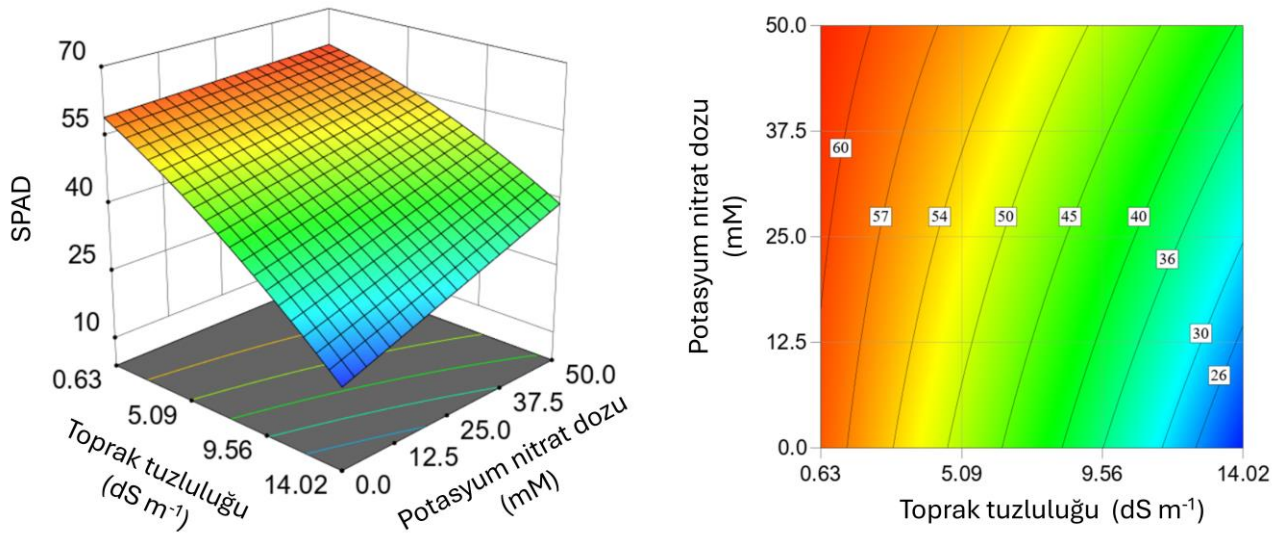
$$Y_{\text{Stoma}} = 160.53 - 9.62 \times \text{TT} + 4.08 \times \text{PND} - 0.22 \times \text{TT} \times \text{PND} + 0.19 \times \text{TT}^2 - 0.05 \times \text{PND}^2 + 0.002 \times \text{TT} \times \text{PND}^2$$

$$R^2 = 0.962^{**}$$

$$\text{SH} = [3.23]^{***} [3.45]^{***} [2.13]^{**} [2.86]^{***} [3.52]^{***} [3.53]^{***} [4.74]^{***}$$

Şekil 5. Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin stoma iletkenliği üzerine etkilerinin üç (a) ve iki (b) boyutlu grafikler ile gösterilmesi. TT: Toprak tuzluluğu, PND: Potasyum nitrat dozu, ***: P < 0.001; **: P < 0.01. SH: Standart hata.

Sorgum fidelerine ait SPAD değerlerinin toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozuna göre değişimi Şekil 6'da gösterilmiştir. Buna göre sorgum fidelerinin SPAD değerleri 20.8 ile 63.0 arasında değişmiştir (Şekil 6a). En yüksek SPAD değerleri 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında elde edilmiştir (Şekil 6a). Özellikle, 0.63 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında, potasyum nitrat dozu arttıkça SPAD değerleri önemli derece artış göstermemiştir (Şekil 6a). Fakat, 14.02 dS m⁻¹ toprak tuzluluğu koşullarında, potasyum nitrat dozu arttıkça sorgum fidelerinin SPAD değerleri artmıştır (Şekil 6b). Elde edilen sonuçlar dikkate alındığında; tuz stresi koşullarında, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile priming yapılması fide çıkış döneminde fidelerin fotosentetik kabiliyetini arttırdığı tespit edilmiştir. Fayez ve Bazaid (2014) yaptıkları çalışmada, tuzluluk ve kuraklık stresine maruz kalan bitkilerin potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulması veya dışsal olarak uygulanması yaprak klorofil ve karotenoid içeriğini arttırdığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde, [Rehman ve ark. \(2024\)](#), 75 ve 100 mM NaCl stresi koşullarında, mısır tohumlarının %1 KNO₃ ile priming yapılması klorofil ve karotenoid içeriğini arttırdığını belirlemişlerdir. Sonuç olarak, 50 mM KNO₃ sorgum fidelerinde fotosentezin düzenlenmesini artırabileceğini ve kloroplastların oluşumunda reaktif oksijen türlerinden koruyarak klorofilin stabilitesini artırmada rol oynayabileceğini göstermektedir. Bu durum, bitkilerin yüksek tuz stresine maruz kaldığında fotosentetik pigment seviyelerinin korunmasına yardımcı olabilir. Dolayısıyla, potasyum nitratın sağladığı stoma düzenlemesinin, besin ve su alımını iyileştirmeye katkıda bulunarak bitkilerin tuz toleransını artırabileceği söylenebilir.



$$Y_{SPAD} = 60.53 - 2.00 \times TT + 0.03 \times PND + 0.02 \times TT \times PND - 0.06 \times TT^2$$

$$SH = [0.77]^{***} [0.65]^{***} [0.64]^{***} [0.87]^{***} [1.08]^{***}$$

$$R^2 = 0.940^{**}$$

Şekil 6. Toprak tuzluluğu ve potasyum nitrat dozlarının sorgum fidelerinin SPAD değeri üzerine etkilerinin üç (a) ve iki (b) boyutlu grafikler ile gösterilmesi. TT: Toprak tuzluluğu, PND: Potasyum nitrat dozu, ***, P<0.001; **, P<0.01. SH: Standart hata.

Sonuç

Bu çalışmada, toprak tuzluluğunun sorgum bitkisinin fide gelişimini ve bitki su tüketimini önemli derecede sınırladığı, ayrıca toprak tuzluluk seviyesinin 5 dS m⁻¹'in üzerinde olduğu durumlarda fide gelişim potansiyelinin azaldığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte, sorgum tohumlarının potasyum nitrat ile ön uygulamaya tabi tutulmasının, tuzluluk stresine karşı sorgum bitkisinin fide gelişim döneminde stoma iletkenliği ve SPAD değerlerini artırarak vejetatif gelişimi desteklediği belirlenmiştir. Özellikle 50 mM potasyum nitrat uygulaması, tuzluluk stresinin olumsuz etkilerini önemli ölçüde azaltmış, fotosentetik aktiviteyi ve yaprak alanını artırarak fidelerin tuzluluğa karşı direncini güçlendirmiştir. Bu bulgular, tuzdan etkilenen bölgelerdeki çiftçiler tarafından sorgum fide gelişimini iyileştirmek amacıyla KNO₃ ile ön uygulamanın, kolay ve uygun maliyetli bir teknik olarak benimsenebileceğini göstermiştir. Gelecekte yapılacak araştırmalarda farklı potasyum nitrat konsantrasyonları ve uygulama yöntemlerinin sorgum fideleri üzerindeki etkilerinin daha ayrıntılı olarak incelenmesi faydalı olacaktır. Ayrıca, farklı tuzluluk seviyelerinde ve diğer abiyotik stres koşulları altında potasyum nitrat uygulamasının sorgum gelişimi ve su tüketimi üzerindeki etkilerinin araştırılması, bu tekniğin etkinliğini daha kapsamlı bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olabilir.

Kaynaklar

- Abeed AHA, Saleem MH, Asghar MA, Mumtaz S, Ameer A, Ali B, Alwahibi MS, Elshikh MS, Ercisli S, Elsharkawy MM, Ali S, Soudy FA, 2023. Ameliorative effects of exogenous potassium nitrate on antioxidant defense system and mineral nutrient uptake in radish (*Raphanus sativus* L.) under salinity stress. *ACS Omega*. 8: 22575–22588.
- Ahmadvand G, Soleimani F, Saadatian, B., Pouya, M., 2012. Effect of seed priming with potassium nitrate on germination and emergence traits of two soybean cultivars under salinity stress conditions. *J. Agric. and Environ. Sci.* 12: 769–774.
- Ambreen S, Athar H ur R, Khan A, Zafar ZU, Ayyaz A, Kalaji HM, 2021. Seed priming with proline improved photosystem II efficiency and growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *BMC Plant Biol.* 21: 1–12.
- Angon PB, Tahjib-Ul-Arif M, Samin SI, Habiba U, Hossain MA, Brestic M, 2022. How do plants respond to combined drought and salinity stress?—a systematic review. *Plants*. 11: 2884.
- Anosheh HP, Sadeghi H, Emam Y, 2012. Chemical priming with urea and KNO₃ enhances maize hybrids (*Zea mays* L.) seed viability under abiotic stress. *Journal of Crop Sci. and Biotech.* 14(4): 289–295.
- Dehnavi AR, Zahedi M, Ludwiczak A, Perez SC, Piernik A, 2020. Effect of salinity on seed germination and seedling development of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) moench) genotypes. *Agronomy*. 10: 859.
- Dehnavi AR, Zahedi M, Ludwiczak A, Piernik A, 2022. Foliar application of salicylic acid improves salt tolerance of sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). *Plants*. 11: 368.
- Fayez KA, Bazaid SA, 2014. Improving drought and salinity tolerance in barley by application of salicylic acid and potassium nitrate. *Journal of the Saudi Society of Agric. Sci.* 13: 45–55.
- Gucdemir İ, 2006. Türkiye fertilizer and fertilization guide, Updated and expanded edition. Soil Fertilizer and Water Resources Central Research Institute Directorate. General publication no: 213, Technical publication no: T69. Ankara, Türkiye.
- Guo X, Zhi W, Feng Y, Zhou G, Zhu G, 2022. Seed priming improved salt-stressed sorghum growth by enhancing antioxidative defense. *PLoS One*. 17: e0263036.
- Hasanuzzaman M, Bhuyan MHMB, Nahar K, Hossain MS, Al Mahmud J, Hossen MS, Masud AAC, Moumita FM, 2018. Potassium: a vital regulator of plant responses and tolerance to abiotic stresses. *Agronomy*. 8: 31.
- Huang RD, 2018. Research progress on plant tolerance to soil salinity and alkalinity in sorghum. *J Integr Agric.* 17(4), 739-746.
- Hussain MI, Elnaggar A, El-Keblawy A, 2020. Eco-physiological adaptations of *Salsola drummondii* to soil salinity: role of reactive oxygen species, ion homeostasis, carbon isotope signatures and anti-oxidant feedback. *Plant Biosystems-An International Journal Dealing with all Aspects of Plant Bio*, 155(6): 1133-1145.
- Ibrahim EA, 2016. Seed priming to alleviate salinity stress in germinating seeds. *J Plant Physiol.* 192: 38-46.
- Javed SA, Jaffar MT, Shahzad SM, Ashraf M, Piracha MA, Mukhtar A, Rahman SU, Almoallim HS, Ansari MJ, Zhang J, 2024. Optimization of nitrogen regulates the ionic homeostasis, potassium efficiency, and proline content to improve the growth, yield, and quality of maize under salinity stress. *Environ. Exp. Bot.* 226: 105836.
- Johnson R, Puthur JT, 2021. Seed priming as a cost effective technique for developing plants with cross tolerance to salinity stress. *Plant Physio. and Biochem.* 162: 247–257.
- Kiremit MS, 2024. Effect of melatonin on increasing leaf development of sweet corn seedlings under salt stress conditions. *International Congress of Sustainable Agriculture*, 310-336. 01-03 March 2024, Iğdır.
- Kiremit MS, Öztürk E, Arslan H, Subrata BAG, Akay H, Bakirova A, 2024. Effects of melatonin, proline, and salicylic acid on seedling growth, photosynthetic activity, and leaf nutrients of sorghum under salt stress. *Plant Direct* 8: e574.
- Krishnamurthy L, Serraj R, Hash CT, Dakheel AJ, Reddy BVS, 2007. Screening sorghum genotypes for salinity tolerant biomass production. *Euphytica*. 156: 15–24.
- Kurunc A, 2021. Effects of water and salinity stresses on growth, yield, and water use of iceberg lettuce. *J Sci Food Agric.* 101: 5688–5696.
- Kurunc A, Unlukara A, Cemek B, 2011. Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agric Scand B Soil Plant Sci.* 61: 514–522.
- Läuchli A, Grattan SR, 2007. Plant growth and development under salinity stress. *Advances in Molecular Breeding Toward Drought and Salt Tolerant Crops*. 1–32.
- Liu J, Zhang W, Long S, Zhao C, 2021. Maintenance of cell wall integrity under high salinity. *Inter. Journal of Molecular Sci.* 22: 3260.

- Mansour MMF, Emam MM, Salama KHA, Morsy AA, 2021. Sorghum under saline conditions: responses, tolerance mechanisms, and management strategies. *Planta*. 254: 1-38.
- Minhas PS, Ramos TB, Ben-Gal A, Pereira LS, 2020. Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agric. Water Manag.* 227: 105832.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanisms of salinity tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.* 59: 651-681.
- Parihar P, Singh S, Singh R, Singh VP, Prasad SM, 2015. Effect of salinity stress on plants and its tolerance strategies: a review. *Envir. Sci. and Pollution Res.* 22: 4056-4075.
- Rehman B, Zulfiqar A, Attia H, Sardar R, Saleh MA, Alamer KH, Alsudays IM, Mehmood F, Uz Zaman Q, 2024. seed priming with potassium nitrate can enhance salt stress tolerance in maize. *Phyton-Inter. Journal of Exper. Bot.* 93:1819-1838.
- Rhaman MS, Imran S, Rauf F, Khatun M, Baskin CC, Murata Y, Hasanuzzaman M, 2021. Seed priming with phytohormones: an effective approach for the mitigation of abiotic stress. *Plants*. 10: 1-17.
- Roy RC, Sagar A, Tajkia JE, Razzak MA, Hossain AZ, 2018. Effect of salt stress on growth of sorghum germplasms at vegetative stage. *Journal of the Bangladesh Agri. Uni.* 16: 67-72.
- Sezer İ, Kiremit MS, Öztürk E, Subrata BAG, Osman HM, Akay H, Arslan H, 2021. Role of melatonin in improving leaf mineral content and growth of sweet corn seedlings under different soil salinity levels. *Sci. Hortic.* 288:110376.
- Singh A, 2022. Soil salinity: A global threat to sustainable development. *Soil Use Manag.* 38: 39-67.
- Steiner F, Zuffo AM, Da CE, Oliveira S, Honda GB, Machado JS, 2019. Potassium nitrate priming mitigates salt stress on wheat seedlings. *Revista de Ciências Agrárias.* 41: 989-1000.
- Takma Ç, Gevrekçi Y, Hızlı H, 2023. Statistical analysis in agricultural research, 1stEdition ed. Holistence Publications, Çanakkale, Türkiye.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E, Suarez DL, 2010. Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. *Irrigation and Drainage.* 59: 203-214.
- Zeeshan M, Lu M, Sehar S, Holford P, Wu F, 2020. Comparison of biochemical, anatomical, morphological, and physiological responses to salinity stress in wheat and barley genotypes deferring in salinity tolerance. *Agronomy.* 10(1): 127.



Farklı toprak düzenleyicilerinin yetiştirme ortamında ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin bazı özelliklerinde meydana getirdiği değişimler

Fusun GÜLSER*, **Siyami KARACA**, **Bulut SARĞIN**

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

Öz

Bu çalışmada yetiştirme ortamında toprak düzenleyici olarak kullanılan pomza, vermikülit ve vermikompostun marul bitkilerinin gelişimine, besin içeriklerine ve yetiştirme ortamı özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, 3 kg kapasiteli 27 adet plastik saksıda, üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Toprak düzenleyici olarak kullanılan materyallerin (pomza, vermikülit ve vermikompost) her biri %0 (kontrol)- %2- % 4 olmak üzere üç farklı dozda uygulanmıştır. Deneme 7 hafta sonra sonlandırılarak hasat edilen bitkilerde bitki gelişim kriterleri, yaprak klorofil içeriği, makro ve mikro besin elementleri, kül ve C içeriği belirlenmiştir. Farklı uygulamalara ait toprak örneklerinde kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla en yüksek toprak organik maddesi (%1.12), fosfor içeriği (24.89 mg kg⁻¹), tuz (EC 1.32 dSm⁻¹) ve kireç (%14.72) içeriğinin ikinci doz vermikompost uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir. Bu çalışmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza> vermikülit> vermikompost sıralamasında yer almışlardır. En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, bitki çapı, bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ortalamaları pomza uygulamasında sırası ile 13.05 g, 2.18 g, 13.23 cm, 138.1 g ve 28 adet olarak elde edilmiştir. Uygulamaların bitki besin elementi içeriklerine etkileri incelendiğinde, artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozlarının marul bitkisinin kök ve yaprak P içeriğinde kontrole kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir. En yüksek kök P konsantrasyonu ortalamaları % 0.27 olarak vermikompost ve pomza uygulamalarında elde edilmiştir. En yüksek yaprak P konsantrasyonu ortalaması % 0.38 olarak vermikompost uygulamasında elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak düzenleyici, bitki gelişimi, marul, fizyolojik parametre, besin elementi.

Changes caused by different soil amendments in some properties of the growing media and lettuce (*Lactuca sativa* L.) plant

Abstract

In this study, the effects of pumice, vermiculite and vermicompost, used as soil conditioners in the growing environment, on the development of lettuce plants, their nutrient content and the properties of the growing environment were investigated. The experiment was carried out according to the randomized plot design in 27 plastic pots containing 3 kg soil with three replications. Each of the materials used as soil conditioners (pumice, vermiculite and vermicompost) were applied at three different doses as 0% (control), 2 % and 4 %. The experiment was ended after 7 weeks and plant development criteria, leaf chlorophyll content, macro and micro nutrients, ash and C content were determined in the harvested plants. In soil samples from different applications, it was determined that the highest soil organic matter (1.12%), phosphorus content (24.89mg kg⁻¹), salt (EC 1.32 dSm⁻¹) and lime (14.72%) content were obtained in the second dose vermicompost application compared to the control and other applications. In this study, the soil conditioners applied in terms of their positive effects on plant development criteria were generally ranked in the order of pumice > vermicult > vermicompost. The highest means of root fresh and dry weight, plant diameter, plant weight and number of leaves were obtained in pumice application as 13.05 g, 2.18 g, 13.23 mm, 138.1 g and 28, respectively. When the effects of the applications on plant nutrient contents were considered, it was determined that increasing doses of vermicompost, vermiculite and pumice increased the root and leaf P contents of lettuce plants compared to the control.

Keywords: Soil conditioner, plant growth, lettuce physiological parameters, nutrient.

© 2024 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : +90 (432) 444 5065 - 61
E-posta : gulserf@yahoo.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 11 Ekim 2024
Kabul Tarihi : 14 Kasım 2024

e-ISSN : 2146-8141
DOI : 10.33409/tbbbd.1565523

Giriş

Tarımsal üretimin sürdürülebilirliği, ancak uygun tarım yöntemlerinin uygulanmasıyla mümkün olabilecektir. Toprak verimliliğinin artırılması ve fiziksel yapısının devam ettirilmesi için, organik ve inorganik maddelerin toprağa ilave edilmesine, zararlı, kirletici ve zehirli maddelerden arınmasına, sulamanın aza indirgenmesine, verimli ve kaliteli hasadın artırılmasına yardımcı olan toprak düzenleyiciler, tarımda büyük önem taşımaktadır. Tarımsal uygulamalarda gübrelerin toprak düzenleyicilerden en önemli farkı sürdürülebilirliğin olmamasıdır. Gübreler yeterli uygulanmadığında verim ve kalitede önemli kayıplara neden olmakta, buna karşın fazla uygulanması durumunda ise özellikle azot ve fosforlu gübrenin yıkanması ile taban ve yüzey sularının kirliliğine, azot oksit (NO, N₂O, NO₂) emisyonu ile hava kirliliğine neden olmaktadır. Ayrıca gübrelerin fazla kullanılması durumunda yapraktaki nitrat miktarı özellikle yaprağı yenen sebzelerde insan sağlığını tehdit edecek düzeye ulaşmaktadır (Gülser, 2005). Gereğinden fazla uygulanan gübreler toprakta çoraklaşmaya, ağır metal birikimine ve sularda kirliliğe yol açan ötrofikasyona da neden olmaktadır. Kimyasal gübrelerin üretimleri sürecinde ihtiyaç duyulan ithal hammaddeler dolayısı ile yüksek ekonomik maliyetler ortaya çıkmaktadır (Gülser, 2005; Conley ve ark., 2009; Akşahin ve Gülser., 2019). Bu nedenler kimyasal gübre tüketimini aza indirmek ve gübrelere alternatif olabilecek çevre dostu materyaller kullanılması fikrini doğurmuş ve son yıllarda bu alandaki araştırmalar yaygınlaşmıştır. Toprak düzenleyiciler, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısını iyileştiren, sınırlı miktarda bitki besin maddesi içeren ve aynı zamanda bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilen malzemeler olarak tanımlanmaktadır (Shinde ve ark., 2019).

Toprak verimliliğinin artırılması ve fiziksel yapısının devam ettirilmesi için; organik ve inorganik maddelerin toprağa ilave edilmesine, zararlı, kirletici ve zehirli maddelerden arındırılmasına, sulamanın aza indirgenmesine, verimli ve kaliteli ürün hasadının artırılmasına yardımcı olan toprak düzenleyiciler, tarımda büyük önem taşımaktadır. Toprak düzenleyiciler asidik ve/veya alkali toprakların toprak pH'sını korumada, topraktaki faydalı mikroorganizmaların ve solucanların çoğalması ve yaşaması için uygun ortamın oluşmasında da etkilidirler. Toprak düzenleyiciler çay atığı, çeltik atıkları, fındık zuru, üzüm cibresi, kompostlar gibi canlıdan veya bir zamanlar canlı olan bir kaynaktan elde edilmiş iseler organik toprak düzenleyici olarak tanımlanmaktadır (Gülser ve ark. 2010; Candemir and Gülser, 2011; Demir and Gülser, 2021; Yörük ve ark. 2024). Klinoptilolit, Glakonit, Langbenit, Pomza, Diatomit, Vermikülit, Jips, Perlit ve Dolomit gibi maden kaynaklı veya insan yapımı iseler inorganik toprak düzenleyici olarak isimlendirilirler (Gabriels ve ark., 1977; Gülser ve ark., 2015; Yang ve ark., 2020). Shinde ve ark., (2019) polisakaritler (PSD), poliakrilamidler (PAM), polivinil klorür, (PVC), polifenol hidroklorür (PPH), hidrolize poliakrilonitrile (HPAN), Polivinil alkol (PVA) ve Vinil asetat-maleik asit (VAMA) kopolimerlerinin sentetik toprak düzenleyiciler olarak kullanıldığını bildirmiştir. Bu materyaller birim kuru madde yapımı için gerekli transpirasyonu azaltarak, bitki su tüketimini azaltıp, kökte hücre geçirgenliğini değiştirerek hem seçiciliği hem de minerallerin ve suyun absorpsiyonunu artırmakta, aynı zamanda fotosentez ve karbonhidrat metabolizması üzerindeki etkisinden dolayı mineral madde tüketimini azaltmaktadır. Toprak düzenleyiciler, buğday da dahil olmak üzere birçok bitkide çinko başta olmak üzere mikro besin elementlerinin alımını etkileyerek, verim ve verim öğelerinde artışlara neden olmaktadır. Toprak düzenleyiciler kullanım amaçlarına göre; organik toprak düzenleyiciler, pH toprak düzenleyici ve mineral toprak düzenleyiciler olarak sınıflandırılabilir. Bu çalışmada toprak düzenleyici olarak pomza, vermikülit ve vermikompostun marul bitkisinin gelişimi ve bazı fizyolojik parametreleri üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada deneme bitkisi olarak Yedikule marul (*Lactuca sativa L.*) çeşidi, toprak düzenleyici olarak pomza, vermikülit ve vermikompost kullanılmıştır. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre, 27 adet plastik saksıda yürütülmüştür (Şekil 1). Denemede toprak düzenleyici olarak kullanılan materyallerin (pomza, vermikülit ve vermikompost) her biri %0 (kontrol)- %2 - %4 olmak üzere üç farklı dozda, 3 kg kapasiteli plastik saksılara üç tekrarlamalı olarak aşağıda belirtildiği şekilde uygulanmıştır:

- %0 Vermikompost + 3kg toprak, %2 Vermikompost + 2.940 kg toprak, %4 Vermikompost + 2.880 kg toprak
- %0 vermikülit + 3kg toprak, %2 vermikülit + 2.940 kg toprak, %4 vermikülit + 2.880 kg toprak
- %0 pomza + 3kg toprak, %2 pomza + 2.940 toprak, %4 pomza + 2.880 kg toprak.

Deneme toprağının ve denemede kullanılan vermikomposta ait bazı özellikleri Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

Tekstür	pH	EC, dS m ⁻¹	CaCO ₃ , %	OM, %	mg kg ⁻¹							
					P	K	Ca	Mg	Fe	Mn	Zn	Cu
Tınlı	7.81	0.36	3.86	1.32	5.50	298	3034	405	5.58	29.84	0.58	0.81

Toprak analiz sonuçlarına göre deneme toprağının tınlı, hafif alkali, tuzsuz, orta derecede kireçli, organik madde, fosfor ve çinko içeriği bakımından yetersiz, diğer besin maddeleri açısından yeterli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 2. Denemede kullanılan vermikomposta ait bazı analiz sonuçları

pH	7.14	Nem, %	80.41
EC, dS m ⁻¹	0.24	Organik C (%)	36.06
Organik madde, %	62.16	Azot (%)	1.02

Marul bitkilerine temel gübreleme olarak her bir saksı için 200 mg kg⁻¹ azot, 100 mg kg⁻¹ fosfor, 80 mg kg⁻¹ potasyum olacak şekilde amonyum sülfat (NH₄)₂SO₄, Triple Süper Fosfat (TSP) ve Potasyum Sülfat (K₂SO₄) gübrelere uygulanmıştır. Bitkilerin sulanması için saf su kullanılmıştır. Marul fideleri, büyüme ve gelişme sürecinde %45-55 nem, 16 saat aydınlık ve 8 saat karanlık foto periyod, 25±1°C sıcaklık ve 10.000 Lux / gün ışığı yoğunluğuna ayarlanmış kontrollü koşullarda yetiştirme odasında yetiştirilmiştir. Bitki yetiştirme odasında sıcaklık, nem, ışık ve sterilizasyon kontrolleri yapılmıştır. Deneme 7 hafta sonra sonlandırılarak hasat edilen bitkilerde bitki boyu, bitki çapı, bitki yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak sayısı, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu ve kök boğaz çapı, tüketilebilir ağırlık ve iskarta yaprak sayısı belirlenmiştir.

Bitki örneklerinde klorofil içeriği SPAD metre yardımı ile ölçülmüştür. Deneme sonrası saksılardan alınan toprak örneklerinde tane boyutu dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi ile (Gee ve Bauder, 1986), toprak reaksiyonu 1:2.5 (W:V) toprak: su süspansiyonunda pH metre ile, toprak tuzluluğu, aynı süspansiyonda EC metre ile (Black, 1965), kireç içeriği Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Goh ve ark., 1993), organik madde Walkley-Black yöntemine göre (Tiessen ve Moir, 1993), yarıyıllı fosfor Olsen yöntemi ile (Olsen ve Sommers, 1982) total azot Kjeldahl yöntemine (Kacar, 2009) göre analiz edilmiştir. Kurutulmuş ve öğütülmüş yaprak ve kök örneklerinde demir (Fe), mangan (Mn), çinko (Zn), bakır (Cu), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içerikleri atomik absorpsiyon spektrofotometresi (Thermo ICE 3000 series) kullanılarak, azot (N) ve fosfor (P) içerikleri sırasıyla Kjeldahl yöntemi ve spektrofotometrik yöntem kullanılarak Kacar ve İnal (2008) tarafından bildirilen yöntemlere göre analiz edilmiştir.

Elde edilen verilerin istatistiksel analizlerinde SPSS paket programından yararlanılmış ve elde edilen sonuçlar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplandırılmıştır (SPSS 2018).



Şekil 1. Vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarında marul bitkisinin gelişimi.

Bulgular ve Tartışma

Farklı uygulamaların toprak özelliklerine etkilerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 3' de verilmiştir. Vermikompost uygulamalarının istatistiksel olarak toprak tuzluluğu ve P içeriğinde %5 düzeyinde, organik madde ve azot içeriğinde ise %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirmiştir. Pomza uygulamalarının toprak kireç, organik madde, P ve N içerikleri üzerine etkisinin %1 düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Vermikülit uygulamalarının toprak özellikleri üzerindeki etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmamıştır.

Çizelge 3. Farklı toprak düzenleyicilerin eklendiği yetiştirme ortamının bazı özelliklerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	pH	EC	CaCO ₃	OM	P	N
Vermikompost	2	2.53	5.82*	2.13	141.35**	15.75*	141.35**
Vermikülit	2	3.09	0.56	0.31	2.07	0.34	2.07
Pomza	2	3.88	3.10	10.15*	6.99*	6.17*	6.99*

** %1; * %5

Farklı toprak düzenleyicilerin toprak özellikleri üzerine etkileri incelendiğinde, vermikompost ikinci doz uygulamasında kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla toprak organik maddesi (%1.12), fosfor içeriği (24.89 mg kg⁻¹), tuz (EC 1.32 dSm⁻¹) ve kireç (%14.72) içeriğinde en yüksek değerlerin elde edildiği belirlenmiştir. Artan vermikompost dozları ile toprak tuzluluğu, toprak organik maddesi, P ve N içeriği artarken, artan pomza dozları ile toprak organik maddesi, P ve N içeriğinde azalmalar olmuştur. Genel olarak en yüksek pH ortalaması ve en düşük EC ortalaması sırası ile 8,25 ve 0.63 dS m⁻¹ olarak pomza uygulamasında elde edilmiştir. En düşük pH ortalaması ise vermikompost uygulamasında 8.10 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı toprak düzenleyicilerin toprağın kimyasal özelliklerine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	pH	EC	CaCO ₃	O.M	N	P
			dS m ⁻¹		%		mg kg ⁻¹
Vermikompost	0	8.13	0.80b	15.53	0.36c	0.02c	14.49b
	2	8.14	1.00ab	14.07	0.64b	0.03b	16.27b
	4	8.03	1.32a	14.72	1.12a	0.06a	24.89a
	Ort.	8.10B	1.04A	14.77	0.71A	0.04A	18.55A
Vermikülit	0	8.13	0.80	15.53	0.36	0.02	14.49
	2	8.24	0.68	16.06	0.35	0.02	14.81
	4	8.12	0.86	16.67	0.25	0.01	16.36
	Ort.	8.16AB	0.78A	16.09	0.32B	0.02B	15.22AB
Pomza	0	8.13	0.80	15.53b	0.36a	0.02a	14.49a
	2	8.27	0.53	15.27b	0.31a	0.02a	12.94a
	4	8.34	0.57	16.83a	0.14b	0.01b	8.44b
	Ort.	8.25A	0.63B	15.88	0.27B	0.02B	11.96B

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametreleri ve klorofil içeriği üzerine etkileri incelendiğinde, vermikompost uygulamaları ile kök kuru ağırlığında %5 düzeyinde, vermikülit uygulamaları ile bitki çapında ve klorofil içeriğinde %5 düzeyinde istatistiksel anlamda önemli değişimler belirlenmiştir. Yaprak klorofil içeriğinde vermikülit uygulamaları ile de istatistiksel anlamda %5 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametrelerine etkisine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	KYA	KKA	KU	KBÇ	BB	BÇ	BTA	YS	IYS	Klf
Vermikompost	2	3.04	6.79*	4.85	0.24	1.91	4.14	0.72	2.54	0.76	1.43
Vermikülit	2	0.26	1.47	0.47	1.42	0.62	6.97*	0.19	1.04	2.04	5.22*
Pomza	2	4.74	2.93	0.89	3.68	0.67	10.85**	2.93	0.32	0.15	0.10

** %1; * %5, SD, serbestlik derecesi; KYA, Kök Yaş Ağırlığı; KKA, Kök Kuru Ağırlığı; KB, Kök Uzunluğu; KBÇ, Kök Boğaz Çapı; BB, Bitki Boyu; BTA, Bitki Tüketilebilir ağırlığı; YS, Yaprak Sayısı; IYS, Iskarta Yaprak Sayısı; Klf, Klorofil; BÇ: Bitki Çapı

Genel olarak kullanılan materyallerin bitki gelişim kriterlerinde kontrol uygulamasına kıyasla olumlu etkileri olduğu belirlenmiştir. Bitki gelişim parametrelerine ilişkin veriler incelendiğinde, genel olarak en yüksek ortalamaların pomza uygulamalarında en düşük ortalamaların ise kontrol uygulamalarında elde edildiği

belirlenmiştir. Bu çalışmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza> vermikülit> vermikompost sıralamasında yer almışlardır (Çizelge 6). En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, bitki çapı, bitki ağırlığı ve yaprak sayısı ortalamaları pomza uygulamasında sırası ile 13.05 g, 2.18 g, 13.23 mm, 138.1 g ve 28 adet olarak elde edilmiştir. Artan vermikülit dozları klorofil içeriğinde azalmalara neden olmuş, en düşük SPAD değeri 51.41 olarak vermikülitin ikinci dozunda, en yüksek SPAD değeri 56.28 olarak kontrolde elde edilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 6. Farklı toprak düzenleyicilerin bitki gelişim parametrelerine etkisi

TD	Doz, %	KYA g	KKA g	KU cm	KBÇ mm	BB cm	BÇ cm	BTA g	YS adet	IYS adet	Klf spad
Vermikompost	0	11.60	1.95a	17.67	11.76	26.67	11.44	123.9	27.67	4.00	56.28
	2	9.00	1.40b	13.67	12.19	25.33	11.77	121.6	25.67	3.00	52.43
	4	11.10	1.87a	12.67	12.48	25.00	13.55	132.2	27.00	2.33	54.69
	Ort.	10.57B	1.74B	14.67B	12.14	25.67	12.25	125.9	26.78	3.11B	54.47
Vermikülit	0	11.60	1.95	17.67	11.76	26.67	11.44b	123.9	27.67	4.00	56.28a
	2	12.43	1.93	21.67	12.78	26.33	12.64ab	125.6	24.67	5.33	53.51ab
	4	11.99	1.63	20.00	12.36	25.33	13.99a	117	28.33	8.00	51.41b
	Ort.	12.01AB	1.84AB	19.78A	12.3	26.11	12.69	122.2	26.89	5.78A	53.73
Pomza	0	11.6	1.95	17.67	11.76	26.67	11.44b	123.9	27.67	4.00	56.28
	2	12.47	1.95	15.00	13.32	25.33	12.46b	127.6	27.33	3.33	55.96
	4	15.08	2.63	16.00	15.18	26.67	15.80a	162.7	29.00	3.33	54.98
	Ort.	13.05A	2.18A	16.22B	13.42	26.22	13.23	138.1	28.00	3.55B	55.74

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi sütununda önemlidir. T.D., Toprak Düzenleyiciler; KYA, Kök Yaş Ağırlığı; KKA, Kök Kuru Ağırlığı; KU, Kök Uzunluğu; KBÇ, Kök Boğaz Çapı; BB, Bitki Boyu; BÇ, Bitki Çapı; BTA, Bitki Tüketilebilir Ağırlığı; YS, Yaprak Sayısı; IYS, Iskarta Yaprak Sayısı; Klf, Klorofil

Çizelge 7 ve 9 incelendiğinde, vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarının kök P içeriğinde istatistiksel anlamda %1 düzeyinde önemli değişimler meydana getirdiği belirlenmiştir. Kök potasyum içeriği ise vermikompost uygulamaları ile istatistiksel anlamda %5 düzeyinde değişim göstermiştir. Benzer şekilde yaprak P içeriği vermikompost, vermikülit ve pomza uygulamalarından istatistiksel anlamda %1 düzeyinde etkilenmiştir. Vermikompost uygulamaları ile yaprak Mg ve Mn içeriğinde istatistiksel anlamda %5 düzeyinde önemli değişimler belirlenmiştir.

Çizelge 7. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun kök besin elementi içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları (F değerleri).

VK	SD	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	2	0.68	24.98**	2.25	0.72	6.69*	0.58	1.06	0.53	0.12
Vermikülit	2	0.78	39.75**	0.36	0.47	1.56	0.48	1.04	1.65	0.63
Pomza	2	0.39	64.4**	0.59	1.95	2.06	1.37	0.58	0.79	0.23

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemli; * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Uygulamaların bitki besin elementi içeriklerine etkileri incelendiğinde; artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozlarının marul bitkisinin kök N, P ve Ca içeriğinde kontrole kıyasla artış sağladığı belirlenmiştir. En yüksek kök N ortalamaları vermikompost ve vermikülit uygulamasında % 3.22 olarak, en yüksek P ortalamaları % 0.27 olarak vermikompost ve pomza uygulamalarında elde edilmiştir. Artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozları ile kök Ca ve K içeriklerinde artış sağlanmış, en yüksek kök Ca ve K ortalamaları ise 20.117 mg kg⁻¹ ve 20.933 mg kg⁻¹ olarak vermikompost uygulamalarında elde edilmiştir. Vermikülitin ikinci dozunda kök mikro besin elementleri içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Benzer şekilde ikinci dozlarda, vermikompost uygulamalarında kök Zn, Mn ve Cu içerikleri, pomza uygulamalarında kök Fe ve Mn içerikleri azalmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun kök besin elementi içeriğine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
		%						mg kg ⁻¹		
Vermikompost	0	3.09	0.17c	1.648 b	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.25	0.28b	1.907 b	2.029	0.772	2856	23.1	197	17.3
	4	3.33	0.37a	2.723 a	2.336	1.011	2933	22.8	183	15.8
	Ort.	3.22	0.27	2.093 A	2.011	0.858	2734	22.1	200	16.8
Vermikülit	0	3.09	0.17b	1.648	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.22	0.27a	1.920	1.797	0.685	2565	22.0	187	22.8
	4	3.36	0.26a	2.562	1.937	0.693	2012	17.8	152.1	20.9
	Ort.	3.22	0.23	2.043 A	1.800	0.723	2329	19.9	186.4	20.2
Pomza	0	3.09	0.17b	1.648	1.668	0.792	2412	20.4	220	17.2
	2	3.13	0.31a	1.408	1.886	1.346	3014	22.5	265	20.1
	4	3.23	0.33a	1.262	2.284	0.938	1916	26.7	212	23.7
	Ort.	3.15	0.27	1.439 B	1.946	1.025	2447	23.1	232	20.3

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Çizelge 9. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun yaprak besin elementi içeriğine ilişkin varyans analiz sonuçları

VK	SD	N	P	Ca	Mg	K	Fe	Zn	Mn	Cu
Vermikompost	2	0.22	34.53**	0.22	0.22	1.01	5.30*	4.10	0.23	1.62
Vermikülit	2	1.12	20.22*	1.12	1.12	0.94	1.14	0.78	1.92	1.06
Pomza	2	0.87	26.75**	0.87	0.87	0.31	0.96	1.89	0.52	1.97

** ile gösterilen F değeri %1 düzeyinde önemli; * ile gösterilen F değeri %5 düzeyinde önemlidir.

Artan vermikompost, vermikülit ve pomza dozları ile yaprak P içeriğinde artışlar, diğer besin elementi içeriklerinde ise genel olarak azalmalar belirlenmiştir. En yüksek yaprak P ve K ortalamaları sırası ile %0.38 ve %5.2 olarak, en düşük yaprak Mg, Fe, ve Mn ortalamaları ise sırası ile % 0.77, 342 mg kg⁻¹ ve 127 mg kg⁻¹ olarak vermikompost, uygulamasında elde edilmişlerdir. En yüksek yaprak N ortalaması % 3.23 olarak vermikülit uygulamasında ve en yüksek Ca ortalaması % 1.90 olarak pomza uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 10).

Çizelge 10. Farklı toprak düzenleyicilerin marulun yaprak besin elementi içeriğine etkisi

Toprak düzenleyiciler	Doz, %	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Mn	Cu
		%						mg kg ⁻¹		
Vermikompost	0	3.18	0.21c	4.691	1.692	0.930a	318	18.4	148a	10.3
	2	3.09	0.42b	5.446	1.480	0.731ab	376	21.1	124a	9.9
	4	3.08	0.51a	5.424	1.510	0.641b	330	20.1	109b	10.3
	Ort.	3.11	0.38	5.187A	1.561	0.767	342	19.9A	127	10.2
Vermikülit	0	3.18	0.21b	4.691	1.692	0.930	318	18.4	148	10.3
	2	3.47	0.35a	4.770	1.489	0.804	190	16.1	117	8.3
	4	3.04	0.52a	5.251	1.350	0.731	524	17.8B	122	9.1
	Ort.	3.23	0.36	4.904A	1.510	0.822	344	17.4	129	9.2
Pomza	0	3.18	0.21b	4.691	1.692	0.930	318	18.4	148	10.3
	2	2.98	0.33a	4.344	1.834	0.884	438	18.4	155	9.4
	4	3.00	0.36a	3.743	2.025	0.873	392	16.2	137	8.6
	Ort.	3.05	0.30	4.259B	1.850	0.896	383	17.7B	147	9.4

A, B, a, b, c: Farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark kendi satırında ve sütununda önemlidir.

Bu çalışmada toprak düzenleyici olarak uygulanan materyallerin toprak özellikleri, bitki gelişim kriterleri ve bitki besin elementi içerikleri üzerindeki etkilerinin materyallerin özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Bu çalışmada kullanılan vermikompostun organik madde ve tuzluluk parametrelerinin yüksek olması (Çizelge 1) nedeni ile vermikompost uygulamaları ile toprak organik maddesi ve N içeriği ile tuzluluk düzeyinde en yüksek değerler elde edilmiştir. Artan vermikompost dozları ile toprak organik maddesi ve azot içeriğinde meydana gelen artışlar, farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Ouda ve Mahadeen 2008, Gopinath ve ark., 2009; Candemir ve Gülser, 2011, Angelova ve ark., 2013, Demir, 2019). Atiyeh ve ark., (2001), Gonzalez ve ark., (2010) ve Demir (2019) vermikompostun yüksek tuz ve iyon içeriğinin toprak EC değerlerinde artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Artan vermikompost dozları ile iskarta yaprak sayısı ve kök boyunda kontrol uygulamasına kıyasla azalmalar, bitki ağırlığı ve bitki çapında ise kontrol uygulamasına kıyasla artışlar belirlenmiştir. Vermikompostlar yüksek

gözenekliliğe, havalandırmaya, drenaja ve su tutma kapasitesine sahip ince bölünmüş torf benzeri materyallerdir (Edwards ve Burrows, 1988). Bu özellikleri ile yetiştirme ortamlarının fiziksel, kimyasal (Demir, 2019) ve biyolojik (Tomati ve ark., 1987) özelliklerini iyileştirerek bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedirler. Demir (2019) marul bitkisinde en yüksek verimin %5 oranında vermikompost uygulaması ile elde edildiğini bildirmiştir. Benzer şekilde Ansari (2008) ıspanak, soğan ve patatesten; Dhanalakshmi ve ark., (2014) bamya ve biberde, Köksal ve ark. (2017) pazıda; Durak ve ark., (2017) marulda gelişim kriterlerinin vermikompost uygulamalarından olumlu etkilendiğini belirlemiştir. Solucanların giberellin, sitokinin ve oksin gibi bitki büyüme düzenleyiciler olarak da adlandırılan fitohormonlar salgıladığı (Zhang ve ark., 2015, Ordoñez- Arévalo ve ark., 2018), vermikompostun bitki büyümesi ve gelişiminde olumlu etkili olan humik asitleri yüksek düzeyde içerdiği bildirilmiştir. Humik asitlerin bitki kökünün gelişimini, kök tüyleri sayısını ve kök hücre zarının geçirgenliğini artırmak yolu ile besin elementi alınımını olumlu yönde etkileyebileceği bildirilmiştir (Aguar ve ark., 2013). Ayrıca vermikompostun nitrat, yarıyışlı fosfor, çözünebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi besin elementlerini içerdiği bildirilmiştir (Orozco ve ark. 1996). Bu çalışmada da artan vermikompost dozları ile kökte N, P, K, Ca, Mg, Fe ve Zn, yaprakta P ve K içeriklerinde artış belirlenmiştir. Yaprak örneklerinde vermikompost uygulamalarında N ve diğer besin elementlerinde kontrole kıyasla ortaya çıkan azalmalar bildirilen (Marschner, 2012) verim artışı dolayısı ile bitki biyokütlesindeki artışa bağlı olarak seyrelme etkisinden kaynaklanmaktadır.

Vermikulit katyon değişim kapasitesi yüksek doğal bir silikat kil mineralidir (Chen ve ark., 2020). Vermikulitin katmanlar arasında boşluklar içeren çok katmanlı yapısı suyla temas ettiğinde bozulmaz. Bu benzersiz özelliği nedeniyle üstün havalandırmaya, su geçirgenliğine ve çevresel değişimlere karşı tamponlama özelliğine sahiptir. Ayrıca yüksek adsorpsiyon kapasitesi, büyüme ortamındaki besinlerin yavaşça salınmasına neden olur, bu da sızma yolu ile besin elementi kaybını azaltır ve bitkiler tarafından besin kullanımını kolaylaştırır (Shinzato ve ark., 2020). Vermikulit tarafından adsorbe edilen NH₄ azotu nitrifikasyon yoluyla NO₃ azotuna dönüştürülebilir. NO₃ azotu negatif yüklüdür ve büyüme ortamında eşit şekilde dağıtılabilir. Azotun büyüme ortamındaki eşit dağılımı kök büyümesi için faydalıdır (Lv ve ark., 2013). Vermikulit tarımda yavaş salınan gübre benzeri potasyum kaynağı olarak kullanılabilen, potasyum açısından zengin bir mineral olduğu (Silva ve ark., 2014), besin kaybı olarak nitelendirilecek düzeyde, kolay bir şekilde kaybının söz konusu olmadığı (Rezaeinejad ve al.,2021) bildirilmiştir. Bu çalışmada da vermikulit uygulamaları ile toprak organik maddesi ve N içeriğinde azalmalar, P içeriğinde ise artış belirlenmiştir. Bitki kök uzunluğu, kök çapı, bitki çapı, yaprak sayısı, ıskarta yaprak sayısı, kök ve yaprak P ve K içeriği artan vermikulit dozları ile artarken, klorofil sentezi olumsuz etkilenmiş ve en düşük SPAD değeri vermikulit uygulamalarında belirlenmiştir. Artan vermikulit dozları ile klorofil içeriğinde belirlenen azalma, yaprak azot içeriğindeki azalma ile ilişkilendirilmiştir (Rostami ve ark., 2008). Artan vermikulit uygulamaları ile kökte ve yaprakta besin elementlerinde meydana gelen azalmalar, besin elementleri arasındaki antagonistik ilişkilerden ve artan bitki biyokütlesi dolayısı ile seyrelme etkisinden kaynaklanmıştır (Marschner, 2012).

Bu araştırmada, artan pomza dozları ile toprak organik maddesi, P ve N içeriğinde azalmalar belirlenmiştir. En yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı, kök çapı, bitki çapı ve bitki ağırlığı, kök ve yaprak P içerikleri artan pomza dozları ile artmıştır. Kök ve yaprak besin elementi içeriğinde artan pomza dozları ile meydana gelen azalmalar artan bitki biyokütlesine bağlı olarak seyrelme etkisinden kaynaklanmıştır (Marschner, 2012). Öğütülmüş çam kabuğu, pomza, ince talaş ve perlit ile bunların kombinasyonunun marulun verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri araştırılmış ve en iyi sonucun pomza ortamından alındığı belirlenmiştir (Turhan ve Sevgican, 1999). Şahin ve Anapalı (2006), farklı oranlarda ve tanecik büyüklüğünde toprağa karıştırılan pomzanın kontrol uygulamasına kıyasla toprak fiziksel özelliklerini iyileştirdiğini ve su tutma kapasitesini arttırdığını bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak, çilek bitkisinde en yüksek yaprak sayısı, yaprak alanı, kuru ve yaş kök ağırlıklarının 4-8 mm boyutunda, %45 pomza içeren saksıda elde edildiğini bildirmişlerdir. Açıkta muz yetiştiriciliğinde toprağa bitki başına 7.5 kg pomza uygulamasının meyve gelişim süresini kısalttığı, verim ve kaliteyi kontrole kıyasla arttırdığı belirlenmiştir (Balkaç ve ark., 2021). Denemede sonucunda elde edilen yaprak bitki besin elementlerine ait veriler bildirilen (Jones vd,1991) sınır değerlere göre değerlendirildiğinde, Fe içeriği yüksek (>100 mg kg⁻¹), Mg, Cu ve Mn içerikleri ise sırası ile yeterli olarak tanımlanmış olan %0.5- 0.8, 8-25 mg kg⁻¹ ve 15-250 mg kg⁻¹ aralıklarında yer almışlardır. Noksan olarak değerlendirilen yaprak P içeriği (< %0. 4) vermikompost uygulamaları ve vermikulitin ikinci doz uygulaması ile yeterli düzeye (> % 0. 4) ulaşmıştır.

Su sıkıntısı yaşayan ülkelerin pomzayı sulama suyunun buharlaşmasını engellemek için çeşitli tekniklerle tarımda kullandıkları bildirilmiştir (Özkan ve Tuncer, 2001). Perez-Urrestarazu ve ark. (2019), arapaça ve

barış çiçeği bitkilerinin gelişimi üzerine kil, perlit ve pomza'nın etkilerini incelemişler ve pomzanın diğer uygulamalara göre bitkilerin biyokütlesini arttırdığını bildirmişlerdir. [Tangolar ve ark. \(2019\)](#), bağ toprağına uygulanan organik materyallerin verim, kalite ve besin elementlerinin alınma etkisini incelemek amacı ile farklı organik materyaller (kuru kompost, budama odunu artığı, çiftlik gübresi kompostu, saman, çiftlik gübresi kompostu) ile bunların pomza ile karışımlarını kullanmışlardır. Denemenin birinci yılında en yüksek verim ve salkım ağırlığı; saman ve çiftlik gübresi kompostu karşımı uygulamasında belirlenmişken, denemenin ikinci yılında en yüksek verim ve salkım ağırlığı ile en yüksek fosfor ve potasyum içeriklerinin pomza uygulamasında elde edildiğini bildirmişlerdir. Bu araştırmada da pomza uygulaması ile marul bitkisinde kontrol ve diğer uygulamalara kıyasla en yüksek verim kriterleri elde edilmiştir. Bu araştırmada bitki gelişim kriterleri üzerindeki olumlu etkileri bakımından uygulanan toprak düzenleyiciler genel olarak pomza>vermikülit>vermikompost sıralamasında yer almışlardır. Kompostların toprağına ilave edilmesi durumunda, özellikle kompostun yüksek tuzluluk oranı nedeniyle yüksek dozda kompost uygulandığında toprak EC değerlerinin yükseldiği bildirilmiştir ([Gallardo-Lara ve Nogales, 1987](#)). Vermikompostun bu çalışmada kullanılan diğer toprak düzenleyicilerden daha az etkili olması yüksek tuz içeriğı ile ilişkilendirilmiştir. Çoğu bitkinin ve özellikle genç bitkilerin tuzluluğına karşı toleransının düşük olması nedeniyle yüksek tuz konsantrasyonunun kompostun bitki yetiştirme ortamı olarak kullanımını sıklıkla sınırladığı bildirilmiştir ([Bustamante ve ark., 2021](#)). Vermikompostun yetiştirme ortamlarında kullanılması durumunda tuz faktörünün dikkate alınması ve gerektiğinde yıkama işleminin uygulanması yararlı olacaktır ([Fornes ve ark., 2019](#)). Ayrıca vermikülitin yetiştirme ortamında kullanıldığında, içindeki bal peteğı şeklindeki oluşumların çökmesi nedeni ile yetiştirme ortamında havalanma ve drenajın azaldığı, bundan dolayı torf veya perlit ile karıştırılarak uygulanması durumunda daha da yararlı olacağını bildirilmiştir ([Çelik, 2010](#)).

Sonuç

Bu araştırmada toprak düzenleyici olarak uygulanan materyallerin toprak özellikleri, bitki gelişim kriterleri ve bitki besin elementi içerikleri üzerindeki etkilerinin materyallerin özelliklerine bağlı olarak farklılık gösterdiği belirlenmiştir. Küresel iklim değışikliğinin tarımsal üretim üzerindeki olumsuz etkilerinin giderek daha etkin bir şekilde hissedilmeye başlandığı günümüz koşullarında doğa dostu, sürdürülebilir tarıma olanak sağlayan yeni teknolojilerin ve girdilerin kullanımına yönelik çalışmalar yaygınlaşmakta ve önem kazanmaktadır. Bitkilerde verim ve kalitenin toprak özellikleri ile doğrudan ilişkili olduğu düşünöldüğünde fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini iyileştirmek yolu ile bitki gelişimini teşvik eden ve kimyasal gübre gereksinimini azaltan toprak düzenleyicilerin özellikleri dikkate alınarak bilinçli bir şekilde kullanılması, tarımsal üretimde verim ve kalitenin artırılması ve ekonomik anlamda kazanç sağlanması bakımından yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu çalışmayı FBA 2022-9837 nolu Temel Araştırma Projesi kapsamında destekleyen Van YYÜ BAP koordinatörlüğüne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Aguiar NO, Olivares FL, Novotny EH, Dobbss LB, Balmori DM, Santos-Júnior LG, Façanha AR, Canellas LP. 2013. Bioactivity of humic acids isolated from vermicomposts at different maturation stages. *Plant and Soil*, 362, 161-174.
- Akşahin V, Gülser F. 2019. Bazı organik materyallerin ve inorganik gübrelerin çemenin (*trigonella foenum graecum*) besin elementi içeriğıne etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 47-53.
- Angelova VR, Akova VI, Artinova NS, Ivanov KI. 2013. The effect of organic amendments on soil chemical characteristics. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 19(5), 958-971.
- Ansari AA. 2008. Effect of vermicompost on the productivity of potato (*Solanum tuberosum*), spinach (*Spinacia oleracea*) and turnip (*Brassica campestris*). *World J. of Agricultural Sciences*, 4(3), 333-336.
- Atiyeh RM, Edwards CA, Subler S, Metzger JD. 2001. Pig manure vermicompost as a component of a horticultural bedding plant medium: effects on physicochemical properties and plant growth. *Bioresource Technology*, 78(1), 11-20.
- Balkıç R, Torun M, Demirkaplan G, Gübbük H. 2021. Pomza Kullanımının Muz Yetiştiriciliğinde Morfolojik Özellikler, Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 7(2), 182-188.

- Black CA. 1965. *Methods of Soil Analysis: Part I, Physical and Mineralogical Properties*. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, USA
- Bustamante MA, Gomis MP, Pérez-Murcia MD, Gangi D, Ceglie FG, Paredes C, Bernal MP, Moral R. 2021. Use of livestock waste composts as nursery growing media: Effect of a washing pre-treatment. *Scientia Horticulturae*, 281, 109954. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.109954>
- Candemir F, Gülser C. 2011. 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 M, Guo, Q., Pei, F., Chen, L., Rehman, S., Liang, S., Dang, Z., Wu, P. (2020). The role of Fe (III) in enhancement of interaction between chitosan and vermiculite for synergistic Co-removal of Cr (VI) and Cd (II). *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 606, 125356.
- Conley DJ, Paerl HW, Howarth RW, Boesch DF, Seitzinger SP, Havens KE, Lancelot C, Likens GE. 2009. Controlling eutrophication: nitrogen and phosphorus. *Science*, 323(5917), 1014-1015.
- Çelik H. 2010. *Süs Bitkileri ve Peyzaj (İç Mekân Süs Bitkileri, Tek Yıllık Bahçe Çiçekleri ve Peyzaj)*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 54. sf:202.
- Demir Z, Gülser C. 2021. Effects of Rice Husk Compost on Some Soil Properties, Water Use Efficiency and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield under Greenhouse and Field Conditions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, pp.1-18.
- Demir Z. 2019. Effects of vermicompost on soil physicochemical properties and lettuce (*Lactuca sativa* Var. Crispa) yield in greenhouse under different soil water regimes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(17), 2151-2168.
- Dhanalakshmi V, Remia KM, Shanmugapriyan R, Shanthi K. 2014. Impact of addition of vermicompost on vegetable plant growth. *International Research Journal of Biological Sciences* 3(12):56–61.
- Durak A, Altuntaş Ö, Kutsal İK, Işık R, Karaat FE. 2017. The effects of vermicompost on yield and some growth parameters of lettuce. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 5(12), 1566-1570. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v5i12.1566-1570.1461>.
- Edwards CA, Burrows I. 1988. Potential of earthworm composts as plant growth media. *Earthworms in waste and environmental management*/edited by Clive A. Edwards and Edward F. Neuhauser.
- Fornes F, Carrión C, García-de-la-Fuente R, Puchades R, Abad M. 2010. Leaching composted lignocellulosic wastes to prepare container media: Feasibility and environmental concerns. *Journal of environmental management*, 91(8), 1747-1755. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2010.03.017>
- Gabriels D, Maene L, Lenvain J, De Boodt M. 1977. Possibilities of using soil conditioners for soil erosion control. In *Soil Conservation and Management in the Humid Tropics; Proceedings of the International Conference*.
- Gallardo-Lara F, Nogales R. 1987. Effect of the application of town refuse compost on the soil-plant system: A review. *Biological wastes*, 19(1), 35-62. [https://doi.org/10.1016/0269-7483\(87\)90035-8](https://doi.org/10.1016/0269-7483(87)90035-8)
- Gee GW, Bauder JW. 1986. Particle-size analysis. *Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods*, 5, 383-411.
- Goh TB, Arnaud RS, Mermut AR. 1993. Aggregate stability to water. *Soil Sampling and Methods of Analysis*, 177-180.
- Gopinath KA, Saha S, Mina BL, Kundu S, Selvakumar G, Gupta HS. 2009. Bell pepper yield and soil properties during conversion from conventional to organic production in Indian Himalayas. *Scientia Horticulturae*, 122(3): 339-345. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2009.05.016>
- Gülser C, Candemir F, Kanel Y, Demirkaya S. 2015. Effect of manure on organic carbon content and fractal dimensions of aggregates. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(1), 1-5.
- Gülser C, Demir Z, İç S. 2010. Changes in some soil properties at different incubation periods after tobacco waste application. *Journal of Environmental Biology*, 31:671-674.
- Gülser F. 2005. Effects of ammonium sulphate and urea on NO₃⁻ and NO₂⁻ accumulation, nutrient contents and yield criteria in spinach. *Scientia horticulturae*, 106(3), 330-340. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2020.125356>
- Jones JB Jr, Wolf B, Mills HA. 1991. *Plant Analysis Handbook*. Micro- Nacro Publishing INc., Georgia. 30607.USA.
- Kacar B, İnal A. 2008. *Bitki analizleri*, Cilt 1, Nobel yayını, Ankara, s. 892.
- Kacar B. 2009. *Toprak analizleri (Genişletilmiş İkinci Baskı)*. Nobel Yayın No: 1387, Ankara.
- Köksal SB, Aksu G, Altay H. 2017. Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 5 (2): 123–128.

- Liu R, Lal R. 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the total environment*, 514, 131-139.
- Lv G, Wang X, Liao L, Li Z, He M. 2013. Simultaneous removal of low concentrations of ammonium and humic acid from simulated groundwater by vermiculite/palygorskite columns. *Applied Clay Science*, 86, 119-124. <https://doi.org/10.1016/j.clay.2013.08.043>
- Marschner P, Rengel Z. 2012. Nutrient Availability in Soils, Marschner's Mineral Nutrition of Higher Plants. London, pp. 347-364
- Olsen SR, Sommers LE. 1982. Nitrogen-total. *Methods of soil analysis, Part II* (Page AL, Miller RM, Keeney DR, eds).
- Ordoñez-Arévalo B, Guillén-Navarro K, Huerta E, Cuevas R, Calixto-Romo MA. 2018. Enzymatic dynamics into the *Eisenia fetida* (Savigny, 1826) gut during vermicomposting of coffee husk and market waste in a tropical environment. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 1576-1586.
- Orozco FH, Cegarra J, Trujillo LM, Roig A. 1996. Vermicomposting of coffee pulp using the earthworm *Eisenia fetida*: effects on C and N contents and the availability of nutrients. *Biology and fertility of soils*, 22:162-166.
- Ouda BA, Mahadeen AY. 2008. Effect of fertilizers on growth, yield, yield components, quality and certain nutrient contents in broccoli (*Brassica oleracea*). *International Journal of Agriculture and biology*, 10(6), 627-632.
- Özkan ŞG, Tuncer G. 2001. Pomza madenciliğine genel bir bakış. 4. Endüstriyel Hammaddeler Sempozyumu. Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, İzmir.
- Pérez-Urrestarazu L, Fernández-Cañero R, Campos-Navarro P, Sousa-Ortega C, Egea G. 2019. Assessment of perlite, expanded clay and pumice as substrates for living walls. *Scientia horticulturae*, 254, 48-54.
- Rezaeinejad R, Khademi H, Ayoubi S, Mosaddeghi MR. 2021. Roots under water stress induce K release from phlogopite, bio-transforming to vermiculite. *Rhizosphere*, 17, 100310.
- Rostami, M, Koocheki AR, Mahallati MN, Kafi M. 2008. Evaluation of chlorophyll meter (SPAD) data for prediction of nitrogen status in corn (*Zea mays* L.). *American-Eurasian Journal Agriculture Science*, 3(1), 79-85.
- Sahin U, Anapali O. 2006. Addition of pumice affects physical properties of soil used for container grown plants. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 71(2), 59-64.
- Shinde R, Sarkar PK, Thombare N. 2019. Soil conditioners. *Agriculture and Food: e-newsletter*, 1(10), 1-5.
- Shinzato MC, Wu LF, Mariano TO, Freitas JG, Martins TS. 2020. Mineral sorbents for ammonium recycling from industry to agriculture. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(12), 13599-13616.
- Silva DRG, Spehar CR, Marchi G, Soares DDA, Cancellier EL, Martins EDS. 2014. Yield, nutrient uptake and potassium use efficiency in rice fertilized with crushed rocks. *Africa Journal Agricultural Research*, 9, 455-64.
- SPSS, 2018. IBM Corp. Released 2013. IBM SPSS Statistics for Windows, Version 21.0. Armonk, NY: IBM Corp.
- Tangolar S, Tangolar S, Torun AA, Ada M, Aydın O. 2019. Bağ toprağına uygulanan organik materyallerin verim, kalite ve besin elementleri almına etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32, 135-140.
- Tiessen HJWB. 1993. Characterization of available P by sequential extraction. *Soil sampling and methods of analysis*.
- Tomati U, Grappelli A, Galli E. 1987. The presence of growth regulators in earthworm-worked wastes. In *On earthworms. Proceedings of international symposium on earthworms. Selected symposia and monographs, Unione Zoologica Italiana* (Vol. 2, pp. 423-435).
- Turhan E, Sevgican A. 1999. Effects of different growing media on greenhouse lettuce grown in soilless culture. In *International Symposium Greenhouse Management for Better Yield and Quality in Mild Winter Climates*, Antalya.
- 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), 18207.
- Yörük E, Eren E, Hazneci E, Özer H, Gülser C. 2024. Potential Use of Postharvest Tomato Wastes as a Growing Media in Soilless Culture. *Compost Science & Utilization*, 31(1-2), pp.1-8.
- Zhang H, Tan SN, Teo CH, Yew YR, Ge L, Chen X, Yong JWH. 2015. Analysis of phytohormones in vermicompost using a novel combinative sample preparation strategy of ultrasound-assisted extraction and solid-phase extraction coupled with liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Talanta*, 139, 189-197. <https://doi.org/10.1016/j.talanta.2015.02.052>.

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.

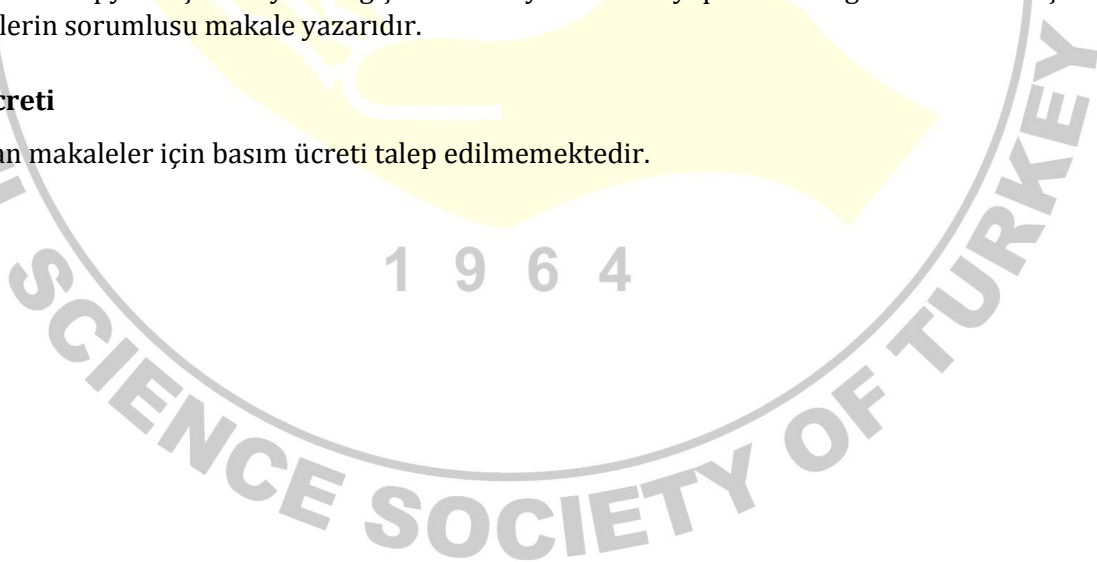
Kabul Sonrası

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





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ *

Makale Başlığı :

Yazarlar ve tam isimleri :

Yayıncıdan sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Adresi :

Telefon :

Cep Telefonu :

Faks :

E-posta:

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

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

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

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

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

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

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

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

Sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Tarih :

İmza:

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