



2021

Cilt/Volume : 9

Sayı/Number : 2

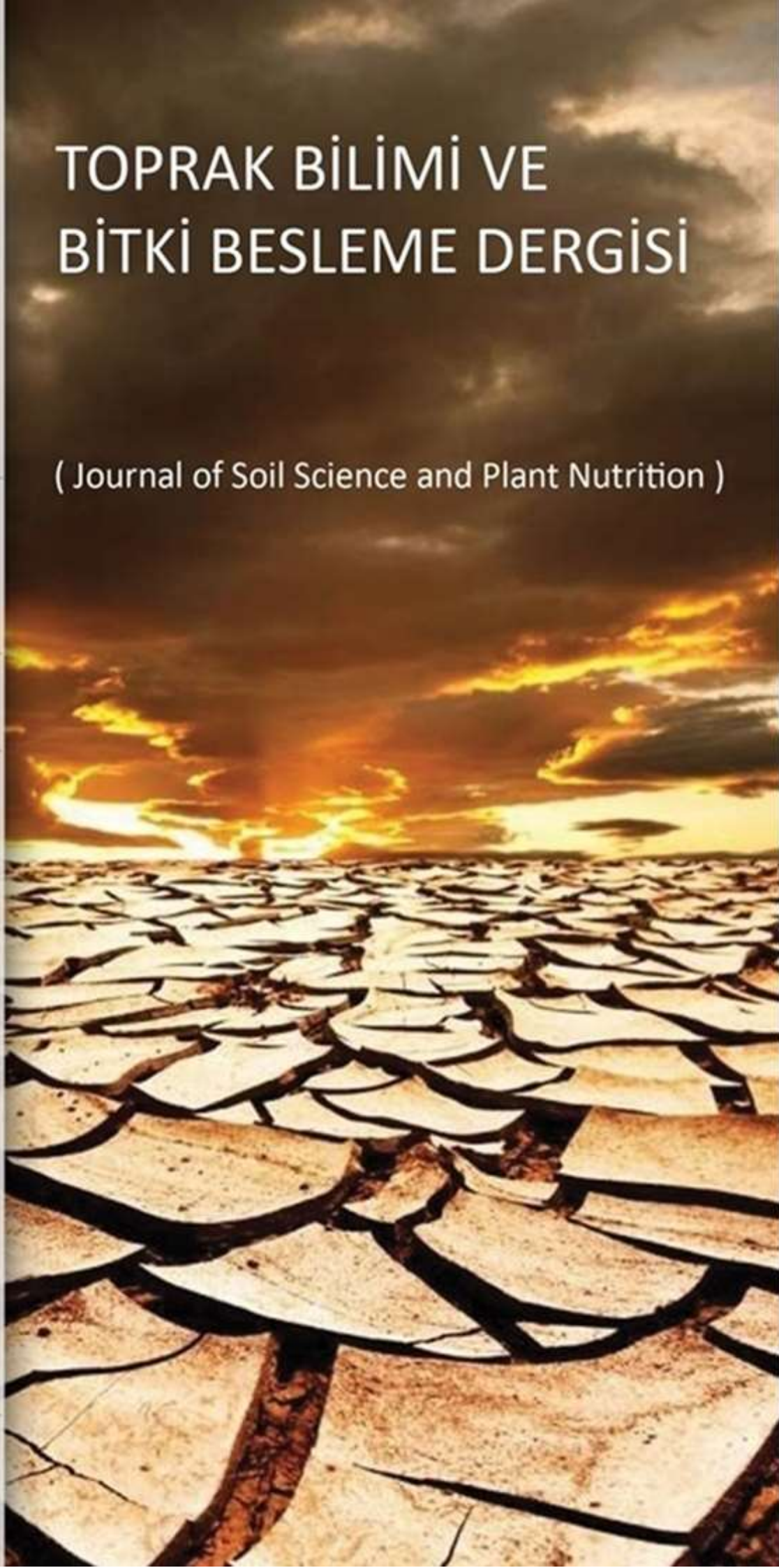
eISSN : 2146 - 8141

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

Türkiye Toprak Bilimi  
Derneği Yayınıdır

# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

( Journal of Soil Science and Plant Nutrition )





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



## SAHİBİ

Dr. Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

## EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr. Coşkun GÜLSER  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr. Rıdvan KIZILKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

## BÖLÜM EDİTÖRLERİ

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

## EDİTÖRLER KURULU

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

## DERGİ HAKKINDA

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

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



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2021

CİLT : 9

SAYI : 2

SAYFA : 1 - 91

## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- Trakya Bölgesinde kuru koşullarda farklı toprak ordolarında yetiştirilen ayçiçeği çeşitlerinin verimi ile toprak nemi arasındaki ilişkiler** 1  
*Ferruh Feza Yılmaz, Duygu Boyraz Erdem*
- Buğday üretiminde farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin verim, maliyet ve net kar yönünden karşılaştırılması** 12  
*Orhan Kara, Emine Arslan*
- Yarı-kurak tepe-eğim (hillslope) bir arazide hidropedolojik değişkenlerin faktör analizi** 22  
*Seval Sünal Kavaklıgil, Ülkü Yılmaz, Sabit Erşahin*
- Şeker fabrikası atığı vinasın (şilempe) inkübasyon süresince toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri** 30  
*Çağla Ateş, Ayten Namlı*
- Soya bitkisinin (*Glycine max. L. Merrill*) verim parametreleri ile bazı fiziksel toprak özellikleri arasındaki deneysel ilişkilerin belirlenmesi** 42  
*İmanverdi Ekberli, Nalan Kars*
- Çeltik yetiştiriciliğinde organik tarım olanaklarının araştırılması ve konvansiyonel tarım ile karşılaştırılması** 54  
*Şerif Kahraman, Şehmus Atakul, Sevda Kılınç, Aydın Alp, Mehmet Duman, Behzat Baran, Cumali Özasan*
- Çay fabrikasyon atığının windrow yöntemine göre kompostlanması** 62  
*Songül Rakıcioğlu, Rıdvan Kızılkaya*
- Tahıl yetiştirilen toprakların bazı özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılım durumlarının değerlendirilmesi** 69  
*Gafur Gözükkara*

### DERLEMELER

- Toprak ekosistemi üzerine mikroplastiklerin etkileri** 79  
*Muhittin Onur Akça, Sonay Sözüdoğru Ok*



# Trakya Bölgesinde kuru koşullarda farklı toprak ordolarında yetiştirilen ayçiçeği çeşitlerinin verimi ile toprak nemi arasındaki ilişkiler†

✉ Ferruh Feza Yılmaz<sup>1</sup>, ✉ Duygu Boyraz Erdem<sup>2\*</sup>

<sup>1</sup>Trakya Birlik Toprak Laboratuvarı, Tekirdağ

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

## Özet

Son yıllarda iklim değişikliğinin etkilerinin giderek artmasıyla bitkisel üretim için toprak neminin önemini daha da ön plana çıkarmaktadır. Kısıtlı ve düzensiz yağışlar nedeniyle bitkinin suya ihtiyaç duyduğu dönemlerde yeterince su sağlanamamaktadır. Bu çalışmada üç farklı toprak ordusunda yetiştirilen farklı ayçiçeği çeşitlerinin gelişim periyodundaki toprak nem durumları değerlendirilmiştir. Topraktaki nemin durumu birçok faktöre bağlı olmakla birlikte toprak tekstürü en önemli etkidir. Su tutma kapasitesi yüksek olan kil tekstüre sahip çalışma alanı toprakları ayçiçeği gelişim periyotlarında yeterli nemi içermesinden dolayı verim ve diğer kalite parametrelerinde ortalama değerleri sağlamaktadır. Çalışma alanı topraklarından Entisol Ordusu topraklarının çimlenme dönemi ile olgunlaşma dönemi arasında yüzey toprağında içerdiği nem değeri 166,05-95,31 mm arasında, Inceptisol Ordusunun yüzey toprağında ise 143,08-56,43 mm arasında ve Vertisol toprağında ise 169,47-46,92 mm arasında ölçülmüştür. Sulama yapılmayan toprağın yüzey horizonlarındaki nem içeriğinin bitki gelişimi periyodunda ki ihtiyaç duyduğu nemi karşılamasıyla birlikte verime etkileri değerlendirildiğinde; nem içeriği en yüksek aralıkta olan Entisol toprağında en yüksek verimi Bosfora (255 kg/da) ve P64LL05 (253 kg/da) çeşitlerinden elde edildiği görülmüştür. Inceptisol ve Vertisol topraklarında ise özellikle çiçeklenme dönemlerinde toprak nemin azaldığı belirlenmiştir. Bu iki toprak genelde daha düşük nem içeriklerine sahip olmasına rağmen Maxtor çeşidinde Inceptisol toprağında 251 kg/da Vertisol toprağında 254 kg/da verim değerleriyle daha yüksek verim elde edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak nemi, ayçiçeği çeşitleri, tekstür sınıfı, kuraklık, toprak ordosu

## Relationship between soil moisture and yield of sunflower varieties grown on different soil orders under rain-fed conditions in Thrace Region

### Abstract

In recent years, the increasing effects of climate change have increased the importance of soil moisture for vegetative production. Due to limited and irregular rains, sufficient water cannot be provided during the periods when the plant needs water. In this study, soil moisture conditions during the development period of different sunflower cultivars grown in three different soil orders were evaluated. Although the state of moisture in the soil depends on many factors, the soil texture is the most important factor. Study area soils with clay texture with high water holding capacity provide average values in yield and other quality parameters since they contain sufficient moisture in sunflower growth periods. The moisture content between the germination period and the ripening period was measured between 166,05-95,31 mm for Entisol Order soils, between 143,08-56,43 mm for the Inceptisol Order soils and 169,47-46,92 mm for the Vertisol Order soils. When the moisture content in the surface horizons of the non-irrigated soil meets the moisture needed in the plant development period and its effects on yield are evaluated; it was observed that the highest yield was obtained from Bosfora (255 kg/da) and P64LL05 (253 kg/da) varieties in Entisol Order soils with the highest moisture content. In Inceptisol and Vertisol Order soils, it has been determined that the soil moisture decreases especially during the flowering periods. Although it generally has lower moisture contents, higher yields were obtained with 251 kg/da in Inceptisol Order soils and 254 kg/da in Vertisol order soil in Maxtor variety.

**Keywords:** Soil moisture, sunflower varieties, texture class, drought, soil order

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0282 250 2203

E-posta : [dboyraz@nku.edu.tr](mailto:dboyraz@nku.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ** (†Doktora tezinden üretilmiştir)

Geliş Tarihi : 20 Mayıs 2021

e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 30 Eylül 2021

DOI : 10.33409/tbbbd.939919

## Giriş

Dünyanın karşı karşıya olduğu en önemli problemlerden biri küresel ısınma ve buna bağlı iklim değişikliğidir. Küresel ısınmaya bağlı iklim değişikliğinin, kara ve deniz buzullarının erimesi, deniz seviyesi yükselmesi, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, ani taşkınların ve sellerin daha sık oluşması ve etkilerinin kuvvetlenmesi, kuraklık, çölleşme gibi insan yaşamını, sosyoekonomik koşulları ve ekolojik sistemleri doğrudan ya da dolaylı olarak etkilemesiyle önemli sonuçlarının olacağı öngörülmektedir (Sertel ve Örmeci 2009; Sertel 2008; IPCC 2001).

Ülkemizde günümüze kadar çeşitli kurum ve kuruluşlarca bazı alanlarda sıcaklık, yağış, akım ölçümü yapılmış olmasına karşın diğer bir önemli kuraklık parametresi olan toprak nemine ilişkin düzenli ve sürekli bir izleme çalışması bulunmamaktadır (Kadioğlu 2008; 2012). Toprak nemi birçok hidrolojik ve doğal süreçlerin (jeomorfolojik, iklimsel, çevresel vb.) anlaşılmasında anahtar role sahiptir. Net radyasyon, evapotranspirasyonla alınabilir su miktarı, yüzey ve yüzey altı akış, kimyasalların akiferlere taşınması gibi birçok faktör toprak nemi tarafından kontrol edilir ve birçok model (hidrolojik, erozyon vb.) için anahtar rolündedir. Kuru tarım yapılan alanlarda yağışlar sonucunda infiltrasyonla toprağa giren su bitkisel üretim için tek kaynaktır (Başkan ve ark., 2018). IPCC (2007), küresel ısınma kaynaklı iklim değişikliğinin Türkiye için en önemli etkisi, çoğu bölgelerde yağışın azalması ile ortaya çıkacak olan kuraklık ve su kaynaklarında azalma şeklinde olacağı bilim adamları tarafından bildirilmektedir. Bu durumun, en çok su kaynaklarını ve rezervlerini etkileyeceği tahmin edilmektedir. İklim değişiklikleri sonucunda gerçekleşmesi olası sıcaklık artışı ve yağış azalması, toprak nem içeriğini doğrudan etkileyen parametrelerdir. Bitki gelişim periyodu boyunca bitki için gerekli nemin toprakta yeterli miktarda bulunması, verim açısından çok önemlidir (Kayam ve Aydın, 2017).

Toprak nem dengesini oluşturan toprak ve bitki özellikleri ile atmosfere ilişkin parametreler kullanıldığında, geleceğe ilişkin olası iklim değişikliğinin toprak nem dengesi üzerindeki etkileri ve değişiminin kestirilebileceği ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlara göre, Aydın yöresinde özellikle sıcaklık artışı ile atmosferin buharlaşma talebinde önemli artışlar olacağı ve bu durumun buharlaşma ve terlemeyi içeren bitki su tüketimlerini oldukça artıracığı görülmüştür. Bitkiden olan terlemenin artması yanında, topraktan olan buharlaşmanın da artması, özellikle yüksek taban suyu olan yörede kapilar yükselme ile bitki kök bölgesine daha fazla nem akışının olacağı model çıktıları ile anlaşılmıştır. Topraktaki nem dengesinin, bitki gelişme dönemi boyunca topraktaki dikey su hareketine veya akımlara bağlı olduğu, ancak, bu durumun su sağlama olanakları ile uyumlu olmaması durumunda toprakta depolanan nemde ve tarımsal verimlilikte önemli azalmaların olacağı tahmin edilmektedir (Kayam ve Aydın, 2017). Sürdürülebilir kalkınma için su ve toprak en kritik doğal varlık olarak kabul edilmektedir. Birleşmiş Milletlerin 2030 yılı Kalkınma Hedefinde su ve toprak önemli yer tutmaktadır. İklimsel değişikliğin arttığı ve gelecekteki kuraklık projeksiyonları üzerinde çalışıldığı bir süreçte toprakların sürdürülebilir kullanımı için su kurak tarım alanları için bir önceliktir. Kuru tarım söz konusu olduğunda, toprağın kırılganlığı daha da önemli hale gelir, çünkü birçok tarım uygulaması toprağı yağış için hazırlama amacına sahiptir. Böylece mümkün olduğunca fazla su depolayabilmektedir (Çelik ve Akça, 2021).

Yılmaz ve Boyraz Erdem (2020) yaptıkları çalışmada Trakya Bölgesi koşullarında farklı toprak ordolarında ve ayçiçeği çeşitlerinin ham yağ ve yağ kalitesi parametrelerinin üzerindeki etkisini belirlemişlerdir. Yağ içerikleri varyans analizine göre 0,01 güven seviyesinde istatistiksel olarak önemlidir ve %31,79 ile %43,69 arasında değişmektedir. Toprak bitki ilişkisi değerlendirilerek Vertisol ordosu toprağının yağ içeriği açısından diğer topraklardan daha yüksek değerlere sahip bulunmuştur. Bu çalışmada sulama yapılmayan doğal yağış koşullarında, yağışın sınırlı olduğu bölgelerde, farklı toprak ordolarında toprak özelliklerine ve özellikle toprak tekstürüne bağlı olarak toprağa düşen suyun tutulması ve ayçiçeği yetiştirme periyodunda bu suyun kullanılması durumu değerlendirilmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi Yeniçiftlik Mahallesi'nde yer alan Entisol Ordosu profil F1 41001'54" kuzey ve 27046'07" doğu, İnceptisol Ordosu profil F2 41001'31" kuzey ve 27045'48" doğu, Vertisol Ordosu profil F3 41001'54" kuzey ve 27054'41" doğu koordinatlarında yer almaktadır. Tekirdağ İli'nde 1960- 2015 yılları içinde gerçekleşen yıllık ortalama sıcaklık 14,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 586,3 mm, yıllık ortalama nisbi nem % 77,66'dır (Anonim 2016). Tekirdağ İli 2015 yılı verileri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Tekirdağ ili 2015 yılı iklim değerleri.

	AYLAR											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Ortalama Sıcaklık, °C	5,6	6,5	8,5	11,3	18,5	21,4	24,9	26,1	22,8	16,4	13,8	7,4
Max. Sıcaklık Ort., °C	9,2	9,6	11,4	15,8	22,9	25,8	29,5	30,5	27,4	20,4	18,5	12,1
Min. Sıcaklık Ort., °C	2,8	3,9	6,0	7,6	14,7	17,3	19,9	21,8	19,1	13,2	10,2	4,0
Ort. Yağış Mik., mm	61,5	94,6	29,7	65,2	32,2	62,8	0,5	0	34,9	85,1	48,6	79,9
Nisbi Nem, %	82,2	78,8	81,8	74,8	74,9	72,3	70,5	68,8	77,3	80,1	80,7	79,9
Ort. 5 cm Top. Sıc., °C	4,7	6,3	9,2	13,3	22,8	24,5	29,6	30,0	25,6	16,8	13,1	7,2
Ort. 10 cm Top. Sıc., °C	5,4	6,9	9,7	13,7	23,0	24,8	29,7	30,2	26,1	17,4	13,8	7,9
Ort. 20 cm Top. Sıc., °C	6,1	7,6	10,1	14,0	22,7	24,5	29,1	29,9	26,5	18,3	14,5	8,9
Ort. 50cm Top. Sıc., °C	6,8	8,0	9,8	13,2	20,7	22,8	26,9	28,2	25,8	18,9	14,9	9,8
Ort.100 cm Top. Sıc., °C	9,5	9,8	10,6	12,9	18,3	20,8	23,9	25,9	25,0	20,8	16,7	12,1
Top açık yüzey buh., mm	-	-	-	-	-	-	114,3	114,7	-	-	47,1	32,9
Ort.Rüzgar Hızı, m/sn	3,0	3,2	2,9	2,7	2,5	2,8	3,0	3,4	2,8	3,2	2,9	2,4
Ort. buhar basıncı, hpa	7,8	7,8	8,9	9,9	14,7	18,0	21,5	22,6	20,8	14,7	12,4	8,1
Ort.Gün Güneş Sür., sa	3,4	2,8	3,7	-	6,5	6,9	10,0	8,9	6,5	4,1	4,8	4,2
Ort. Hava Basıncı, hpa	1018,8	1015,7	1019,4	1017,0	1013,8	1013,8	1013,4	1013,7	1014,6	1018,8	1019,3	1029,3

-Meteorolojik ölçüm yapılmamıştır.

İklim koşullarının oluşturduğu değişimler, özellikle tarım için son derece önemlidir. Ayrıca toprak içindeki yıllık ortalama sıcaklık ile sıcaklığın aylara göre dağılımı, toprak içi sıcaklık gruplarının kurulmasında önemlidir. Toprak içi sıcaklığı, toprakların kimyasal, fiziksel ve biyolojik olaylarında ve bitki tohumlarının çimlenmesinde etkilidir.

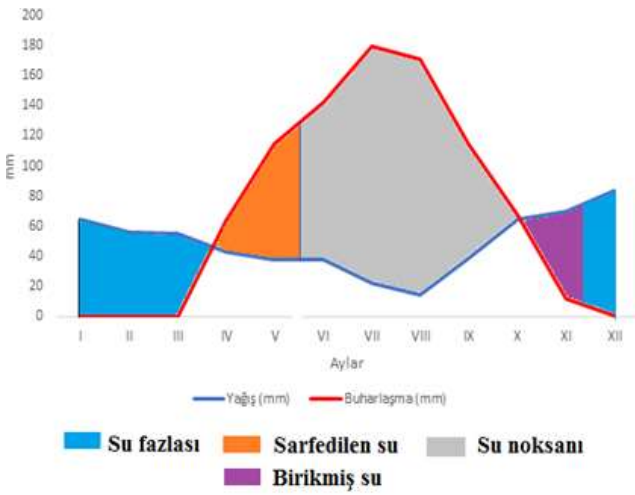
Çizelge 1'de 50 cm toprak derinliğine kadar olan (5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm) toprak sıcaklıklarına göre hesaplanan araştırma alanı toprakları, iklim- toprak sıcaklığı ilişkileri bakımından daha çok yarı- tropiklerde de yer alan Thermic grubuna girmektedir. Araştırma bölgesinde hava sıcaklığı Nisan, Mayıs, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında artmasına rağmen profil derinliği boyunca toprak sıcaklığı düzenli bir şekilde azalmakta; Ocak, Kasım ve Aralık aylarında ise profil derinliğine inildikçe toprak sıcaklığında düzenli bir artış gözlenmektedir. Günümüzde toprak sınıflamaları toprak sıcaklık rejimi ve toprak nem rejimlerine göre yapılmaktadır. İnceleme alanı toprakları Xeric Nem Rejiminde ve Thermic Toprak Sıcaklığı rejiminde saptanmıştır (Dinç ve ark., 1997).

Deneme 3 farklı toprak ordosunda da Mayıs ayının ilk haftasında toprak tavının uygun olduğu dönemde P64 LL05, Maxtor, LG 5580 ve Bosfora çeşitlerinin ekimleri yapılmıştır. Alt yapraklar ile tabla kenarındaki steril ve tabla içindeki fertil çiçeklerin kuruyup döküldüğü, brakte yaprakların sarı veya kahverengi bir renk aldığı, tablaların arkasının büyük kısmının kahverengiye dönüştüğü ve tabladaki bütün tohumların olgunlaştığı dönem olan Eylül ayının ilk haftalarında hasat işlemi biçerdöver ile yapılarak tartımlar kantarda gerçekleştirilmiştir ve dekara tohum verimi bulunmuştur.

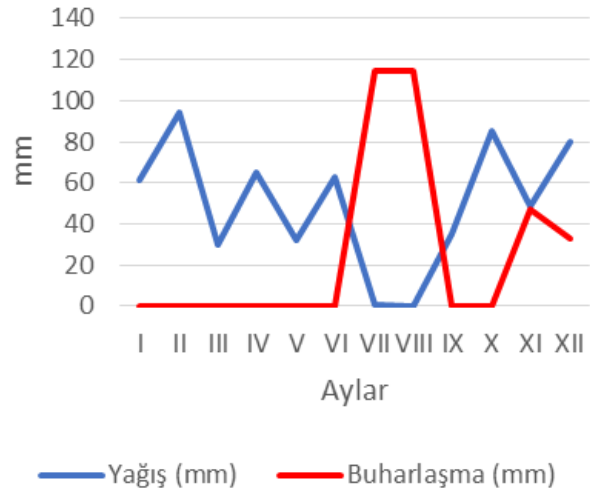
Araştırma profillerinin her bir genetiksel horizonunda morfolojik incelemeler yapılmıştır (Soil Survey Division Staff, 1993). Araştırma alanında belirlenen horizonları açıklayıcı bir biçimde tanımlamak ve toprakların özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla alınan toprak örneklerinde çeşitli analizler yapılmıştır. Tane büyüklüğü dağılımı (Tekstür) hidrometre metoduna göre saptanmıştır (Soil Survey Staff, 1963). Tekstür sınıflarının isimlendirilmelerinde tekstür üçgeninden faydalanılmıştır (Soil Survey Division Staff, 1993). Toprak reaksiyonu (pH) su ile 1/2,5 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonlarında cam elektrotlu pH ile saptanmıştır (Jackson, 1958). Kireç tayini (%) volümetrik kalsimetre metodu ile tayin edilmiştir (Sağlam, 2001). Tuz konsantrasyonu ( $\mu\text{s/cm}$ ) 1/2,5 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonlarında elektriki kondaktivite aleti ile ölçülerek saptanmıştır (Richards, 1954). Organik madde miktarları (%) Walkley Black metoduna göre yapılmıştır (Sağlam, 2001). Toprakta gravimetrik nem miktarı (%) örnekler 105°C sabit sıcaklığa kadar kurutma fırınında bekletilerek kurutulmuş ve hesaplama yapılarak nem değerleri bulunmuştur (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

## Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada araştırma alanı topraklarının ayçiçeği yetiştirme periyodu boyunca toprak nem durumu ve iklim verileri ile ilişkisi incelenmiştir. Şekil 1'de Tekirdağ ili uzun yıllar iklim verileri ortalamasına göre yapılan Xeric nem rejimi diyagramında bir yıllık periyotta su fazlası, su noksanı olan dönemler ile sarfedilen su miktarı ile birikmiş su bulunabilecek dönemler belirlenmiştir. Tekirdağ İli uzun yıllar ortalaması verilerine göre Xeric nem rejimine ait diyagram Şekil 1'de görüldüğü gibi mevsim normallerine göre Kasım ortasından Mart sonlarına kadar toprakta su fazlası olan dönem, Nisan başından Mayıs ortalarına kadar sarfedilen su miktarı, Mayıs ortasından Ekim başlarına kadar toprakta su noksanlığı olduğu dönem ve Ekim'den Kasım ortalarına kadar da toprakta birikmiş su oluşmaktadır. Ancak 2015 yılı verileriyle Xeric nem rejimi diyagramını Şekil 2'deki şekliyle incelediğimizde iklim değişikliğinin etkilerini, iklim verilerindeki dengesizliğin oluşturduğu diyagramda görülmektedir. 2015 yılı verilerinden oluşan su bilançosunda uzun yıllar ortalamasından çok farklı bir diyagram ortaya çıkmaktadır. Bu durumun en belirgin göstergesi ise küresel iklim değişimi sonucunda, ülkemizde de yağışların alansal dağılımının, şiddetinin ve süresinin zamanla değişmesi ile açıklanabilir (Demir ve ark., 2008). Bu durumda tarımsal üretimde bitki tohum yatağı hazırlama, ekim, ilaçlama, gübreleme ve hasat zamanlarını önemli derecede etkilemektedir. İklimsel verilerinin bu kadar düzensiz olduğu bölgelerde sulama yapılamayan alanlarda bitkinin gelişme periyodu boyunca toprakta suyun bulunması çok daha önemlidir.



Şekil 1. Tekirdağ İli uzun yıllar iklim verileri ortalaması Xeric nem rejimi diyagramı



Şekil 2. Tekirdağ İli 2015 yılı iklim verileri ortalaması Xeric nem rejimi diyagramı

Araştırma 2015 yılında 3 farklı toprak çeşidinde yürütülmüştür. Çalışma alanı topraklarının profil tanımlamaları yapılarak genetiksel horizon esasına göre alınan toprak örneklerinin kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Çizelge 2-4'de verilmektedir. Şekil 3-5'te çalışma alanlarının konumu ve deneme parselleri görülmektedir.

Çizelge 2. Entisol Ordosuna Ait Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analiz Sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	pH (1/2.5)	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
Ap 0- 17	7,57	233	1,04	6,18	25,28	48,72	26,00	Kil (C)
Ad 17- 37	7,58	166	1,03	5,87	25,28	48,72	26,00	Kil (C)
A 37- 60	7,59	158	0,76	10,88	21,28	48,72	30,00	Kil (C)
ACk 60- 76	7,62	157	0,66	17,75	22,92	46,72	30,36	Kil (C)
CAk 76- 92	7,61	147	0,35	23,93	18,92	44,72	36,36	Kil (C)
Ck 92+	7,72	148	0,21	32,73	14,92	43,08	42,00	Siltli kil(SiC)

Çizelge 3. İnceptisol Ordosuna Ait Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analiz Sonuçları

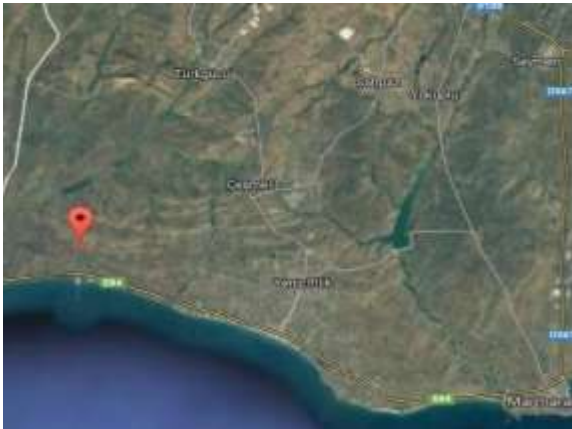
Horizon Derinlik (cm)	pH (1/2.5)	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
Ap 0- 25	7,35	267	1,07	0,96	26,92	47,08	26,00	Kil (C)
Bw <sub>1</sub> 25- 52	7,11	107	0,65	1,13	26,92	49,04	23,64	Kil (C)
Bw <sub>2</sub> 52- 82	7,51	177	0,43	2,44	26,92	47,44	25,64	Kil (C)
BC 82- 101	7,71	202	0,35	8,19	24,20	49,80	26,00	Kil (C)
C <sub>1</sub> 101-127	7,83	217	0,31	9,75	22,20	51,80	26,00	Kil (C)
C <sub>2</sub> 127 +	8,03	280	0,08	13,28	26,20	45,80	28,00	Kil (C)

Çizelge 4. Vertisol Ordosuna Ait Fiziksel ve Kimyasal Toprak Analiz Sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	pH (1/2.5)	EC ( $\mu\text{S/cm}$ )	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
Ap 0- 15	7,33	186	1,18	1,22	32,20	47,44	20,36	Kil (C)
Ad 15- 39	7,30	141	1,07	1,04	32,20	47,44	20,36	Kil (C)
Ass <sub>1</sub> 39- 76	7,55	144	0,48	2,96	34,20	49,44	16,36	Kil (C)
Ass <sub>2</sub> 76- 97	7,72	173	0,54	5,39	33,28	48,72	18,00	Kil (C)
AC 97- 116	8,20	213	0,32	6,10	34,92	50,72	14,36	Kil (C)
Ck 116 +	8,48	280	0,30	10,97	31,28	48,72	20,00	Kil (C)



Şekil 3. Entisol Ordosu Deneme Alanını ve Çevresini Gösterir Google Earth Görüntüsü



Şekil 4. İnceptisol Ordosunda Ayçiçeğinin Görünümü ve örnekleme noktası





Şekil 5. Vertisol Ordosunda Ayçiçeğinin ve toprak özelliklerinin Görünümü

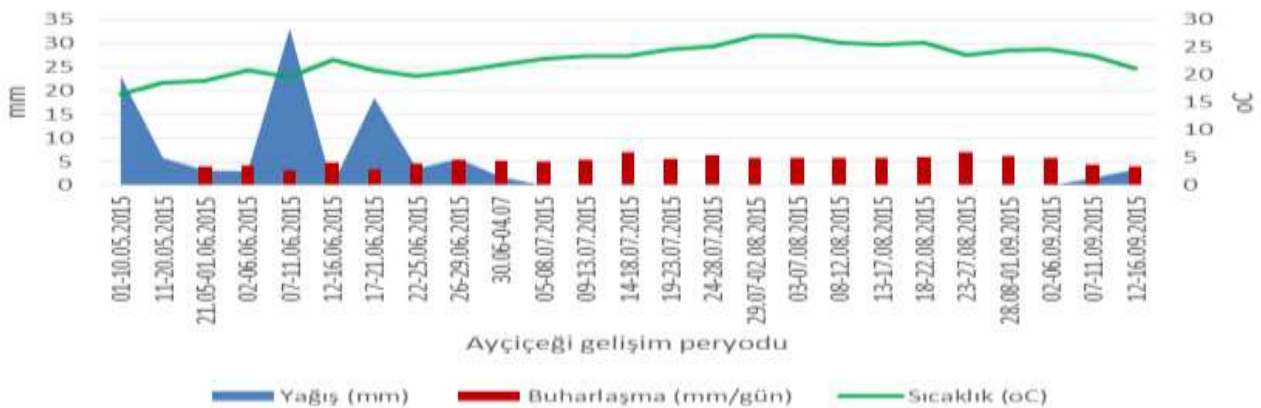
Entisol Ordosunda (Cangir, 1991)'e göre 0- 92 cm derinliğe kadar yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kil, Ck horizonunun siltli kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki tüm horizonlarda hafif alkali reaksiyondadır. Entisol Ordosunda tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde oranları profil derinliği içinde düzenli azalma göstermekte, Ap ve Ad horizonlarında az, 37- 92+ cm derinlikte yer alan diğer horizonlarda çok az düzeydedir. Profilin 0- 37 cm arasında yer alan Ap ve Ad horizonları kireçli, 37- 92 cm derinlikleri arasında yer alan ACk ve CAk horizonları çok kireçli, 92+ cm derinlikteki Ck horizonu çok fazla kireçli düzeydedir.

Inceptisol Ordosunda (Cangir, 1991)'e göre tüm profilde yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki 0-52 cm arasında bulunan Ap ve Bw1 horizonlarında nötral, 52-127 cm derinlikte bulunan Bw2, BC ve C1 horizonlarında hafif alkali, 127+ cm derinlikteki C2 horizonunda orta derece alkali reaksiyondadır. Inceptisol Ordosunda tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde oranları profil derinliği içinde düzenli azalma göstermekte olup, Ap horizonunda az, 25-127+ cm derinlikteki diğer horizonlarda çok az düzeydedir. Profilin 0- 25 cm arasında yer alan Ap horizonu çok az kireçli, 25-82 cm derinlik arasında yer alan Bw1 ve Bw2 horizonları az kireçli, 82- 127 cm derinlikteki BC ve C1 horizonları kireçli, 127+ cm derinlikteki C2 horizonu çok kireçli düzeydedir.

Vertisol Ordosunda (Cangir, 1991)'e göre tüm profilde yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki 0-39 cm arasında bulunan Ap ve Ad horizonlarında nötral, 39-97 cm derinlikte bulunan Ass1 ve Ass2 horizonlarında hafif alkali, 97-116+ cm derinlikteki AC ve Ck horizonlarında orta derece alkali reaksiyondadır. Vertisol Ordosunda tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde düzeyi 0- 39 cm arasında az, 39-116+ cm arasında çok az düzeydedir. Profilin 0- 76 cm arasında yer alan Ap, Ad ve Ass1 horizonları az kireçli, 76-116 cm derinlik arasında yer alan Ass2 ve AC horizonları kireçli, 127+ cm deki Ck horizonu çok kireçli düzeydedir.

### Toprakta Rutubet Miktarı (mm)

Tekirdağ İli 2015 yılı ayçiçeği yetiştirme periyodundaki belli aralıklarda elde edilen ve ölçülen yağış, sıcaklık ve buharlaşma grafiği Şekil 6'da verilmiştir. 2015 yılı ayçiçeği üretim sezonu boyunca bitkinin farklı gelişim dönemlerinde belirli periyotlarda Entisol, Inceptisol ve Vertisol ordolarından 0- 30 cm, 30- 60 cm ve 60- 90 cm derinliklerden burğu ile alınan toprak örneklerinin gravimetrik nem değerleri ortalamaları (%) belirlenmiştir. Nem değerleri (%) temsil ettiği her toprağın yoğunluk ve derinliği ile çarpılarak her derinlikte belirlenen nem miktarı (mm) Çizelge 5, Şekil 7-9'da verilmiştir.

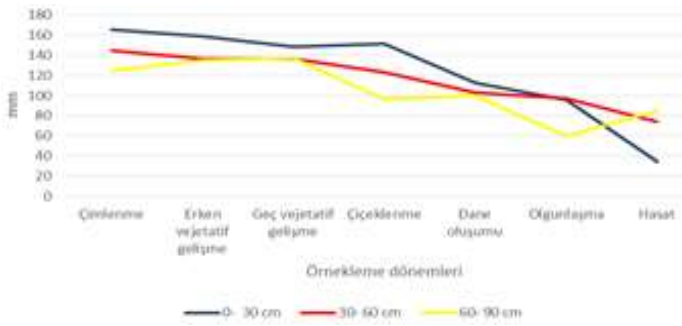


Şekil 6. Tekirdağ İli 2015 yılı dönemlik iklim verileri

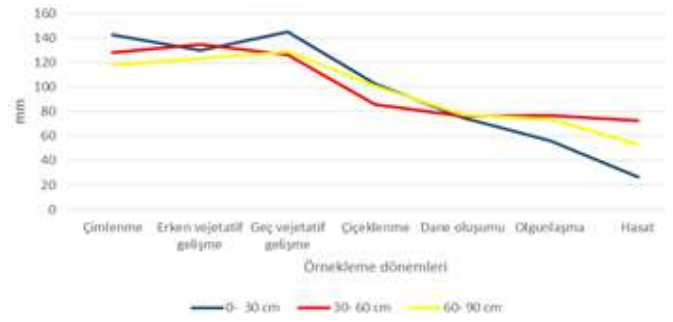
Çizelge 5. Entisol, İnceptisol ve Vertisol Ordosu Toprakların 2015 Yılı Ayçiçeği Yetiştirme Sezonu Nem Miktarları (mm)

Derinlik (cm)	Ordo	Çimlenme	Erken vejetatif gelişme	Geç vejetatif gelişme	Çiçeklenme	Dane oluşumu	Olgunlaşma	Hasat
0- 30	E*	166,05	159,39	148,92	151,60	112,85	95,31	34,52
	İ	143,08	130,40	145,28	102,70	75,36	56,43	26,78
	V	169,47	159,48	161,36	92,51	89,10	46,92	41,21
30- 60	E	144,59	136,78	136,73	123,37	102,97	96,75	73,59
	İ	128,48	135,19	126,68	86,28	76,52	77,09	72,70
	V	155,88	129,26	145,92	94,17	91,95	55,62	92,83
60- 90	E	124,34	135,22	137,29	96,47	99,74	60,03	84,77
	İ	118,37	123,73	128,88	101,29	77,42	73,70	53,45
	V	139,13	131,89	146,77	99,57	91,72	94,44	59,25

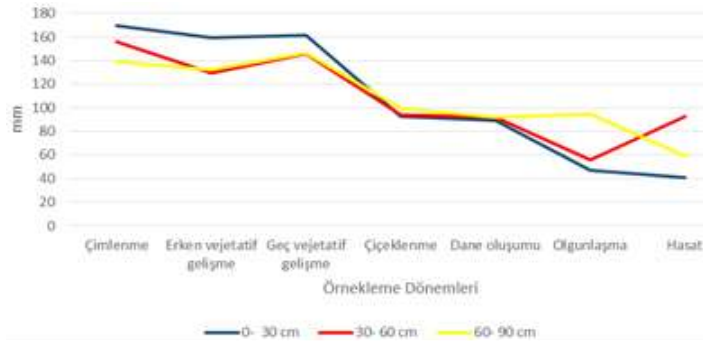
\*E: Entisol, İ: İnceptisol, V: Vertisol



Şekil 7. Entisol Ordosu Topraklarının Ayçiçeği Gelişim periyodu Rutubet Miktarları (mm)



Şekil 8. İnceptisol Ordosu Topraklarının Ayçiçeği Gelişim periyodu Rutubet Miktarları (mm)



Şekil 9. Vertisol Ordosu Topraklarının Ayçiçeği Gelişim Periyodu Rutubet Miktarları (mm)

Ayçiçeği bitkisi nispeten toprak nem eksikliğine karşı dayanıklıdır. İlkbahar yağışlarının fazla ve yeterli olduğu koşullarda tarımı yapılabilir. Nem eksikliğine karşı öncelikle çiçeklenme döneminde ve sonrasında dane oluşum döneminde diğer dönemlere göre daha duyarlıdır. Olgunlaşma döneminde nem eksikliğine karşı dayanıklıdır ve bu dönemde oluşabilecek nem eksikliği verimi olumsuz yönde etkilemez. Gereğinden düşük toprak nemi koşullarında; vejetatif gelişme döneminde bitki boyunun kısa ve yaprakları küçük kalarak yaprak alan indeksinin düşmesine, çiçeklenme döneminde tabla içerisinde çiçek sayısının ve dolayısıyla da tane sayısının azalmasına ve tabla çapının küçük kalmasına, olgunlaşma döneminde ise tanelerin yeteri kadar dolmamasına ve yağ oranının düşmesine neden olur. Olgunlaşma döneminde nem eksikliği verimi olumsuz etkilemez aksine olgunlaşmayı hızlandırır. Alt topraktan ayçiçeğinin yüksek su alma kabiliyeti nedeniyle kuraklığa karşı toleranslı bir bitki olarak çoğu zaman rapor edilir. Su stresinin yaprak büyümesi ve stoma geçirgenliği üzerine değişen etkileri vardır. Toplam kullanılabilir nem 0.85'in altına düşene kadar ayçiçeği yaprak büyümesi olumsuz yönde etkilenmezken 0.40'ın altına düşmesi durumunda stomaları kapanmaktadır. Çiçeklenme öncesinde bitki transpirasyonu toprak su kısıtından etkilendiği için büyük oranda bitki kanopi büyüklüğüne bağlıdır ve stoma kontrolü küçük bir role sahiptir. Çiçeklenmeden sonra, bitki yaprakları tamamen gelişmiştir ve sonuçta transpirasyon kontrolü stoma kapanmasına ve

kanopi sararma derecesine daha çok bağımlıdır. Herhangi bir gelişme evresinde su kısıtı periyotları kanopi sararması ve peşi sıra tohum veriminde azalmayla sonuçlanabilir. Su kısıtına karşı ayçiçeği genotiplerinin tepkisinde genetik değişkenlik vardır. Uzun gelişme dönemli ayçiçeği genotipleri daha büyük kanopi örtüsüne sahiptir ve kurak şartlarda daha çok biyokütle üretebilirler çünkü alt topraktan daha çok su alabilme kabiliyetine sahiptirler. Kurak iklimlere uygum sağlamış ayçiçeği çeşitleri, nemli iklimlerde geliştirilen çeşitlerden su stresine karşı daha az duyarlıdır (Ünlükara, 2019).

Toprak Ordularının ayçiçeği yetiştirme periyodunda nem miktarlarında yağışlara ve hava sıcaklığının artmasına bağlı olarak artma ve azalma olmuştur. Çalışma alanları aynı bölgede olmasına rağmen yağışların lokal alanlarda farklılık göstermesi nedeniyle toprak nem değerleri aylık düşen yağışa göre farklılık gösterebilmektedir. Nisan, Mayıs aylarında bölgeye yağış düşmesi sebebiyle 0- 30 cm toprak derinliğinde bitki yetiştirme periyodunun ilk zamanında (çimlenme dönemi) nem miktarı yüksek çıkmıştır. Aynı zamanda toprak sıcaklıklarının da düşük oluşu nemin toprakta tutulmasına etken olmuştur. Bölgeye hiç yağış düşmediği Temmuz ve Ağustos ayları nem değerlerinde azalış olduğu ancak çiçeklenme ve dane oluşumu sürecinde bitkinin strese girmesini önleyecek kadar nem olmasından dolayı verimler ortalamaların üstündedir. Bu durumda toprak tekstürüne bağlı su tutma kapasitesiyle ilişkilidir. Ortalama sıcaklığın Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlere ulaşması yüzey toprağın daha fazla buharlaşmasına neden olmaktadır. Hava sıcaklığına paralellik gösteren toprak sıcaklıkları da bu aylarda en yüksek değerlere ulaşmaktadır. Hasat zamanında 0- 30 cm derinliğe göre 30- 60 cm ve 60- 90 cm derinliklerdeki nem miktarları daha yüksektir. Bu da yüzeyden buharlaşmanın fazla olduğunu, rüzgarın etkisinin yüzeye etken olduğunun, derinlere inildikçe nemin daha fazla korunduğunu göstermektedir. Bölgeye yağışın hiç düşmediği Temmuz ve Ağustos aylarında İnceptisol ve Vertisol toprak ordularındaki nem miktarında azalış olurken Entisol ordosunda az da olsa yükseliş olmuştur. Bu da yağışların lokal farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ancak toprak sıcaklığı, toprak nemi ve bitki gelişimi sezonu iklim öğelerinin her biri ile doğrudan ilişkilidir (Başayığı ve Dinç, 2005).

Bu çalışmada olduğu gibi Trakya bölgesinde yetiştirilen ayçiçeğinde sulama yapılmamaktadır. Ayçiçeği bitkisi genel olarak kuraklığa dayanıklı olmakla birlikte uygun dönemlerde sulama yapıldığında veriminde önemli düzeyde artışlar olmaktadır. Büyüme mevsimi boyunca bitki etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30-50' si tüketildiğinde yapılan sulamalar sonucunda dane ve yağ veriminin büyük ölçüde arttığı saptanmıştır (Bhattachayra and Sarkar, 1978; Moraru ve ark., 1986; Vasiliu, 1986; El-Wakil and Gaafar, 1988; Al-Ghamdi ve ark., 1991; Erdem, 2000). Bitkinin büyüme periyotlarında ortaya çıkan uzun süreli kuraklıklar tablaların küçülmesine, tabladaki dane sayısının azalmasına, bunun sonucu olarak da dane veriminin düşmesine neden olmaktadır (Er, 1983). Özellikle çiçeklenme periyodunda topraktaki nem eksikliğine karşı oldukça duyarlıdır. Sadece bu periyotta uygulanan sulama suyu bile dane ve yağ verimini önemli düzeyde arttırmaktadır (Browne,1977; Unger, 1983). Bu nedenle, kısıtlı su kaynağı koşullarında çiçeklenme periyodu dışındaki periyotlarda belli oranda su kısıntısı yapılarak ayçiçeği tarımı yapmak olasıdır (Karaata, 1991).

Yarı kurak iklim şartlarına sahip alanlarda sulama imkânı yoksa, yetiştirilebilecek bitki türü sayısı önemli ölçüde azalmakta ve ekimler kışlık olarak yapılmaktadır (İnan, 2020). Bununla birlikte Türkiye'de kullanılabilir tarımsal alanların yaklaşık % 85'lik bölümünde kuru şartlarda tarımsal üretim yöntemi ile yapılan uygulamalarda, birim alandan elde edilen ürün düzeyi düşüktür. Gelecekteki kuraklık senaryolarına göre bu verim ve ürün kayıpları daha da düşecek ve kriz boyutlarına ulaşabilecektir (Doran ve ark., 2009).

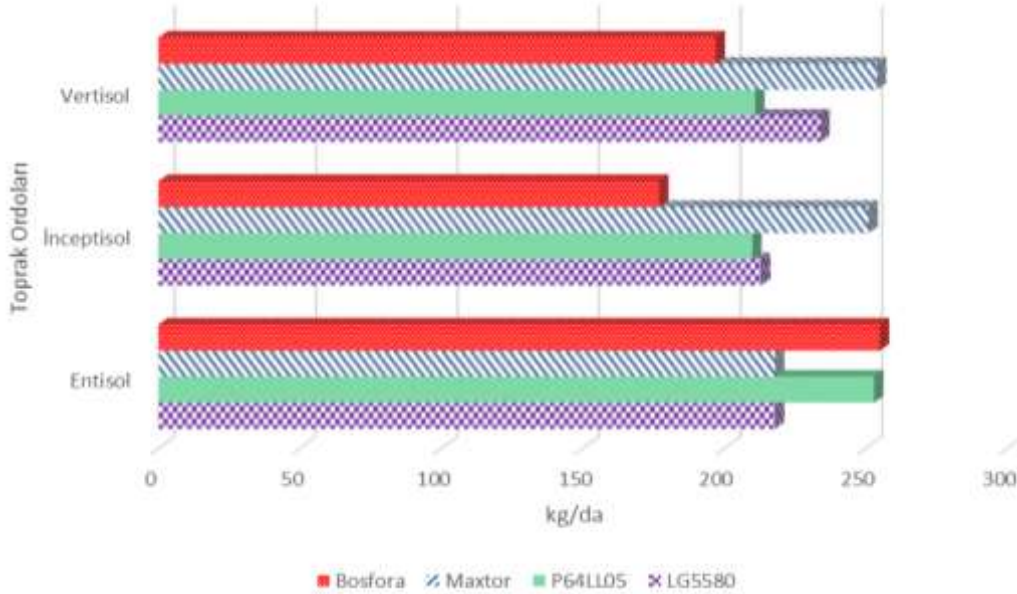
TÜİK verilerine göre 2015 yılı Tekirdağ ayçiçeği verim ortalaması 208 kg/da, Türkiye verim ortalaması (sulu tarım verileri de dahil) 264 kg/da'dır (TÜİK 2015). Çalışma sonucunda elde edilen toprak ve tohum çeşitlerine ait verim değerleri Çizelge 6 ve Şekil 10 verilmiştir. Bu çalışmada sulama yapılmadığı halde verim ortalaması 224,25 ka/da ile Tekirdağ ortalama verim değerlerinin üstünde verim elde edilmiştir. Toprak özellikleri ve topografyası açısından ayçiçeği yetişmesi için 2. tarımsal uygunluk sınıfında (S2) olan bu toprakların ayçiçeği yetiştirme periyodundaki nem miktarı ortalamanın üstünde verim elde edilmesine uygundur.

Çalışma alanı topraklarının çimlenme dönemi ile olgunlaşma dönemi arasında yüzey toprağında içerdiği nem değeri Entisol Ordosu topraklarında 166,05-95,31 mm; İnceptisol topraklarında 143,08-56,43 mm; Vertisol toprağında ise 169,47-46,92 mm arasında değişmektedir. Sulama yapılmayan toprağın yüzey horizonlarındaki nem içeriğinin bitki gelişimi periyodundaki ihtiyaç duyduğu nemi karşılamasıyla birlikte verime yansıyan durumu değerlendirdiğimizde; nem içeriği en yüksek aralıkta olan Entisol toprağında en yüksek verimi Bosfora (255 kg/da) ve P64LL05 (253 kg/da) çeşitlerinde olduğu görülmektedir. İnceptisol ve Vertisol topraklarında ise özellikle çiçeklenme dönemlerinde nemin birden azaldığı görülmektedir.

İnceptisol ve vertisol toprakları ayçiçeği yetiştirme periyodunda daha düşük nem içeriğine sahip olmalarına rağmen Maxtor tohum çeşidi İnceptisol ordosunda 251 kg/da, Vertisol Ordaosu 254 kg/da verim değerleriyle diğer çeşitlerden daha yüksek verim elde edilmiştir. İklim değişikliğinin her geçen gün daha da hissedildiği ve bunun sonucu olan kuraklığın etkilerinin görüldüğü süreçte daha az suda yetişen, kuraklığa daha dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

Çizelge 6. Çalışma alanını topraklarının verim sonuçları

Toprak Ordoları	Çeşit	Verim (kg/da)
Entisol	LG5580	218
	P64LL05	253
	Maxtor	218
	Bosfora	255
İnceptisol	LG5580	213
	P64LL05	210
	Maxtor	251
	Bosfora	177
Vertisol	LG5580	234
	P64LL05	211
	Maxtor	254
	Bosfora	197



Şekil 10. Çalışma alanı topraklarının tohum çeşitlerinin verim değişimleri

Çalışma alanı topraklarının çimlenme dönemi ile olgunlaşma dönemi arasında yüzey toprağında içerdiği nem değeri Entisol Ordosu topraklarında 166,05-95,31 mm; İnceptisol topraklarında 143,08-56,43 mm; Vertisol toprağında ise 169,47-46,92 mm arasında değişmektedir. Sulama yapılmayan toprağın yüzey horizonlarındaki nem içeriğinin bitki gelişimi periyodundaki ihtiyaç duyduğu nemi karşılamasıyla birlikte verime yansıyan durumu değerlendirdiğimizde; nem içeriği en yüksek aralıkta olan Entisol toprağında en yüksek verimi Bosfora (255 kg/da) ve P64LL05 (253 kg/da) çeşitlerinde olduğu görülmektedir. İnceptisol ve Vertisol topraklarında ise özellikle çiçeklenme dönemlerinde nemin birden azaldığı görülmektedir. İnceptisol ve vertisol toprakları ayçiçeği yetiştirme periyodunda daha düşük nem içeriğine sahip olmalarına rağmen Maxtor tohum çeşidi İnceptisol ordosunda 251 kg/da, Vertisol Ordaosu 254 kg/da verim değerleriyle diğer çeşitlerden daha yüksek verim elde edilmiştir. İklim değişikliğinin her geçen gün daha da

hissedildiği ve bunun sonucu olan kuraklığın etkilerinin görüldüğü süreçte daha az suda yetişen, kuraklığa daha dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

## SONUÇ

Etkili kök bölgesinde mevcut nem miktarı azaldıkça bitkinin su alımı güçleşir ve stres başlar. Killi toprakların su tutma kapasitesi yüksek, infiltrasyon hızı düşüktür. İnfiltrasyona toprak bünyesinin ve nem miktarının etkisi vardır. Toprak ordoları farklılık göstermektedir ancak toprak tekstür sınıfları kil olması nedeniyle toprak nem içerikleri birbirine paralellik göstermektedir. Bu durumda toprak özelliklerinden toprak tekstürün bilinmesinin gerekliliğinin önemini vurgulamaktadır.

Toprak nemi, ürünlerin gelişmesini ve verimliliğini etkileyen önemli bir faktördür. Bitki gelişim periyodunda bitki için gerekli nemin toprakta yeterli düzeyde olması verim açısından çok önemlidir. Bu çalışmada elde edilen nem değerleri de bitki gelişimi periyodunda ihtiyaç duyduğu nemi sağladığını göstermektedir.

Çalışma alanı topraklarından Entisol Ordosu topraklarının çimlenme dönemi ile olgunlaşma dönemi arasında yüzey toprağında içerdiği nem değeri 166,05-95,31 mm arasındadır. İnceptisol toprağın yüzey horizonunda ise 143,08-56,43 mm arasındadır. Vertisol toprağında ise bu durum 169,47-46,92 mm arasında değişmektedir. Sulama yapılmayan toprağın yüzey ve yüzey altı horizonlarının nem içeriğinin bitki gelişimi periyodundaki ihtiyaç duyduğu nemi karşılamakta ve nem içeriği en yüksek aralıkta olan Entisol toprağında en yüksek verimi Bosfora (255 kg/da) ve P64LL05 (253 kg/da) çeşitlerinde olduğu görülmektedir. İnceptisol ve Vertisol topraklarında ise özellikle çiçeklenme dönemlerinde nemin birden azaldığı görülmektedir. Bitki gelişimi boyunca daha düşük nem içeriklerine sahip İnceptisol toprağında Maxtor çeşidinde 251 kg/da, Vertisol toprağında Maxtor çeşidinde 254 kg/da verim değerleriyle diğer çeşitlerden daha yüksek verim elde edilmiştir. İklim değişikliğinin her geçen gün daha da hissedildiği ve bunun sonucu olan kuraklığın etkilerinin görüldüğü günümüzde daha az suda yetişen, kuraklığa daha dayanıklı çeşitlerin tercih edilmesi daha da önem kazanmaktadır.

Bu çalışma ile tarım yapılan bölgenin iklim özellikleri ve toprak yapısı dikkate alınarak tohum çeşidinin tercih edilmesi gerektiği, Bölge topraklarının tarımsal üretim açısından önemi ve amaç dışı arazi kullanımlarından korunması gerektiği vurgulanmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Al-Ghamdi A S, Hussain G, Al-Noaim A A, 1991. Effect of Irrigation Intervals on Yield and Water Use Efficiency of Sunflower (*Helianthus annuus* L.) in Al-Ahsa, Saudi Arabia. *Arid Soil Research and Rehabilitation*, 5:4, 289-296.
- Anonim 2016. Meteorolojik Tekirdağ verileri, Meteoroloji İl Müdürlüğü 2016.
- Başayığıt L, Dinç U, 2005. Toprak Taksonomisine Göre Toprak İklim Rejimleri ve Türkiye Toprakları İçin Örnekler. *GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2005, 22 (1), 83-91.
- Başkan O, Demirkıran O, Cebel H, Cebeci İ, Öztürk Ö, Koç A, 2018. Model ve Ölçüm Değerleri Analizi ile Toprak Neminin izlenmesi ve Haritalanması. *Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü. Proje Sonuç Raporu. S:30.*
- Bhattachayra B, Sarkar R, 1978. Relationship Between Growth Parameters, Assimilation Rate and Seed Yield in Sunflower Under Varying Irrigation Levels. *Uni. Coll. of Agric. Calcutta, Indian Agriculturist*, 22:4, 237-241.
- Browne C L, 1977. Effect of Date of Final Irrigation on Yield and Yield Components of Sunflower in a Semiarid Environment. *Dep. Of Agric, Leaton, N.S.W. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry*. 17(86): 482-488.
- Buringh P, 1968. *Indroduction to the Study of Soils in Tropical and Subtropical Regions*. Pudoc. Wageningen.
- Cangir C, 1991. *Toprak Bilgisi*. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No:116, Ders Kitabı No: 5, S: 178, Tekirdağ.
- Çelik A, Akça, E. 2021. Kuru tarımdan Sulu Tarıma Dönüşümün Toprakta Çeyrek Asırlık Etkisinin Mikromorfolojik Ölçekte Tanımlanması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (21), 207-215.
- Demir İ, Kılıç G, Coşkun, M, Sümer, U M, 2008. Türkiye’de maksimum, minimum ve ortalama hava sıcaklıkları ile yağış dizilerinde gözlenen değişiklikler ve eğilimler. *TMMOB İklim Değişimi Sempozyumu, Bildiriler Kitabı*, 69-84. TMMOB Meteoroloji Mühendisleri Odası, 13-14 Mart 2008, Ankara.
- Dinç U, Şenol S, Kapur K, Atalay İ, Cangir C, 1997. *Türkiye Toprakları*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 51. Ders Kitapları Yayın No: 12. S:233. Adana

- Doran İ, Koca Y K, Kılıç T, 2009. Olası İklim Değişiminin Diyarbakır Tarımına Etkileri. V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu, 16-17 Ekim 2008, 369-377, Ankara.
- El-Wakil A M, Gaafar S A, 1988. Studies on Water Requirements on Sunflower. Assiut Journal of Agricultural Sciences. 19:1, 375- 389.
- Er C, 1983. Ayçiçeği Tarımı. Markan Matbaacılık A.Y, İstanbul.
- Erdem T, 2000. Tekirdağ Koşullarında Ayçiçeğinin (*Helianthus annuus* L.) Su-Verim İlişkileri. Doktora Tezi Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Tekirdağ.
- İnan M, 2020. Yarı Kurak Koşullarda Ekim Zamanlarının Çörekotu (*Nigella sativa* L.) Verim ve Verim Özelliklerine Etkisi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1), 32-37.
- IPCC 2001. Climate Change 2001. The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Houghton, J.T,Y. Ding, D.J. Griggs, M. Noguer, P.J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C.A. Johnson (eds.)], Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, ABD, 881pp
- IPCC 2007. Climate Change, Synthesis Report, Valencia, Spain.
- Jackson M L, 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Kadıoğlu M, 2008. Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi; (editörler: Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E.) “Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, s. 277-300, Ankara.
- Kadıoğlu M, 2012. Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, S:172.
- Karaata H, 1991. Kırklareli Koşullarında Ayçiçeği Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, No: 28, Kırklareli.
- Kayam Y, Aydın G B, 2017. İklim Değişikliğinin Aydın Yöresinde Toprak Nemi Üzerindeki Etkileri ve SWAP Modeli ile Simülasyonu. Toprak Su Dergisi, 2017, Özel Sayı: (31-45).
- Moraru G, Nicole H, Vasinc I, 1986. Irrigation Regime of the Principal Crops in Southeast Baragan. Productia Vegetala, Cereale si Plante Tehnice, 38:7, 34-43.
- Richards L A, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA Handbook, No: 60.
- Sağlam M T, 2001. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 189, Ders Kitabı No: 5, Tekirdağ.
- Sertel E, 2008. Remote Sensing and Regional Climate Modeling of the Impacts of Land Cover Changes on the Climate of the Marmara Region of Turkey, Doktora Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Sertel E, Örmeci C, 2009. “Bölgesel İklim Modellemede Kullanılan Arazi Örtüsü Verilerinin Doğruluğunun Araştırılması”, İTÜ Dergisi.
- Soil Survey Staff 1996. Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation. USA ISBN 0-16-048848-6. Pp: 326.
- Soil Survey Division Staff 1993. Soil Survey Manual, United States Department of Agriculture Handbook No: 18. Washington, DC. USA.
- Soil Survey Staff 1963. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures For Collecting Soil Samples. Soil Survey Investigation Report. No: 1 USDA Washington.
- TÜİK 2015. TÜİK 2015 yılı tarımsal istatistik verileri. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>
- U.S. Salinity Laboratory Staff 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Handbook, No: 60.
- Unger, P W, 1983. Irrigation Effect on Sunflower Growth Development and Water Use. USDA Conservation and Production Research Laboratory. Bushland Field Crops Research 7:3, 181-194.
- Ünlükara A, 2019. Sulama Mühendisliği. [Sulama mühendisligi.pdf](#)
- Vasiliu M, 1986. Contributions to the Establishment of Irrigation Regimes for intensive Crops on the Braila Plain. Analele Institutului de Cercetari Pentru Cereale si Plante Tehnice, Fundulea, 53, 333-348.
- Yılmaz F F, Boyraz Erdem D, 2020. Effects of different soil types and varieties on oil quality of sunflower in the Thrace region. La Rivista Italiana Delle Sostanze Grasse-Vol XCVII. pp: 51-59.



# Buğday üretiminde farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin verim, maliyet ve net kar yönünden karşılaştırılması

Orhan KARA\*, Emine ARSLAN

Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü, Erdemli, Mersin

## Özet

Araştırmada; Çukurova koşulları buğday üretiminde uygulanan doğrudan ekim ile azaltılmış, geleneksel toprak işleme ve ekim yöntemleri dane verimi, sap verimi, maliyet ve net kar yönünden karşılaştırılmıştır. Çalışma 2019-2020 yılları buğday üretim dönemini kapsamaktadır. Bu amaçla ele alınan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin (T1: Geleneksel toprak işleme (Pulluk + goble diskaro + tapan + ekim makinası), T2: Azaltılmış toprak işleme (kombine çizel-rototiller-dişli tırmık + ekim makinası), T3: Azaltılmış toprak işleme (çizel + goble diskaro + ekim makinası), T4: Sırta Ekim ( Pulluk + goble diskaro + tapan + sırta ekim makinası), T5: Doğrudan Ekim (Doğrudan ekim makinası)) buğday üretimine etkileri agronomik ve ekonomik yönden farklı düzeylerde olmuştur. Çalışma sonucunda, birinci yıl en yüksek tane verimi elde edilen T2 uygulaması ile en düşük tane verimi elde edilen T4 uygulaması arasında ilk yıl yaklaşık %7, ikinci yıl ise yaklaşık %3 fark belirlenmiştir. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri, sap veriminin her iki yıl ortalamasının 994.9 – 944.8 kg/da arasında değişmesini etkilemiştir. Üretim maliyeti yönünden her iki yılda en düşük üretim maliyeti ve en yüksek net kar T2 uygulamasında tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Buğday, sap verimi, toprak işleme, net kar, maliyet

## Comparison of different soil tillage and sowing methods in wheat production in terms of efficiency, cost and net profit

## Abstract

In the research; direct sowing and reduced, traditional tillage and sowing methods applied in wheat production in Çukurova conditions were compared in terms of grain yield, straw yield, cost and net profit. The study covers the wheat production period of 2019-2020. For this purpose, the effects of different soil tillage and sowing methods (T1: conventional tillage (plough + goble disc harrow + harrow + sowing machine), T2: Reduced tillage (combine chisel- rototiller-harrow + sowing machine), T3: Reduced tillage (chisel + goble disc harrow + sowing machine), T4: Ridge plating (plough + goble disc harrow + harrow + ridge planting machine) , T5: Direct drilling (direct drilling machine) ) on wheat production have been at different levels in terms of agronomic and economic aspects. As a result of the study, a difference of approximately 7% in the first year and approximately 3% in the second year was determined between the T2 application with the highest grain yield in the first year and the T4 application with the lowest grain yield. Different soil tillage and sowing methods affected the average of the straw yield between 994.9 and 944.8 kg/da for both years. In terms of production cost, the lowest production cost and the highest net profit in both years were obtained in T2 application.

**Keywords:** Wheat, straw yield, soil tillage, net profit, cost

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Dünya nüfusunun giderek artması, insanların beslenmesi ile ilgili olan bütün kaynakların sürdürülebilir kullanımının zorunluluğunu da beraberinde getirmektedir. Doğa sorunlarının artık gözle görülür şekilde belirtiler göstermesi, çevre bilincini de global düzeyde arttırmış ve geleneksel üretim yöntemleri, yerini giderek daha ekolojik uygulamalara bırakmaya başlamıştır (Karaağaç ve Barut, 2007; Stott ve ark., 2010;

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (324) 644 60 91  
E-posta : okara23@gmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 30 Haziran 2021 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 30 Eylül 2021 DOI : 10.33409/tbbbd.960335

[Çarman ve ark., 2014](#)). Bu açıdan özellikle son yıllarda tarımsal üretimde alışlagelmiş olan tekniklerin, alternatifleri ile kıyaslanarak, bunların tarımsal ürünlerin kalitesi ve verimine etkilerinin yanı sıra çevreye olan etkilerinin de incelenmesi bilim insanlarınca araştırılan konuların başında gelmektedir. Kültür bitkileri yetiştiriciliğinde pek çok işleme maruz kalan toprak en önemli sürdürülebilir kaynaklardan biri olup tarımsal üretimde yapılan yoğun mekanizasyon işlemlerinden olumsuz olarak etkilenmektedir. Toprak işleme adı altında yapılan bu mekanizasyon işlemleri toprağın yapısını değiştirerek su ile hava dengesini, bitki besin maddelerinin alım dinamiklerini ve ısı iletimini değiştirerek bitki gelişimini olumsuz yönde etkilemektedir ([Gajri ve ark., 2002](#); [Aykas ve ark., 2005](#); [Gheres, 2007](#); [Baran ve ark., 2013](#)). Toprak işleme, çevresel parametrelerin yanı sıra ekonomik konularla da değerlendirilmektedir. Tarımsal faaliyetlerde harcanan toplam güç miktarının %60'dan fazlası mekanizasyon işlemlerinde harcanmaktadır ([Shinners ve ark., 1993](#); [Lazic ve Turan, 1995](#)). Geleneksel yöntemlerde görülen iş gücü, enerji ve yakıt tüketimi gibi girdilerin fazla kullanılıyor olması maliyeti arttırmaktadır ([Aykanat, 2009](#)). Buna istinaden son yıllarda ekolojik ve ekonomik etkenler göz önüne alınarak geleneksel toprak işlemeye alternatif olarak ortaya konan koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim uygulamaları hızla artış göstermektedir ([Aykas ve ark., 2010](#)).

Geleneksel yöntemlerin alternatifi olan koruyucu toprak işleme yöntemleri; maliyetin ve enerji kullanımının geleneksel yöntemlere göre oldukça az olduğu ve yeterli artık ve bitki örtüsünün tarımsal arazilerde bırakıldığı tarımsal yöntemlerdir. [Sabah \(2010\)](#) tarafından yapılan başka bir çalışmada ise geleneksel yöntemlerle yapılan ayçiçeği tarımında enerji çıktı/girdi oranı 2.62 iken, aynı çalışmada koruyucu yöntemlerle yapılan soya üretiminde bu oran 7.47 olarak bulunmuştur. Koruyucu toprak işleme yöntemlerinin kullanılması ekonomik ve çevresel açıdan avantaj sağlasa da verim parametrelerinde aksi yönde değişimler gözlemlenmektedir. Örneğin ikinci ürünün silajlık mısır olduğu bir çalışmada, doğrudan ekim ile geleneksel (pulluk+diskli tırmık+sürgü+ekim makinası) ve azaltılmış (1 kez dipkazan+ doğrudan ekim makinası ve 2 kez dipkazan+ doğrudan ekim makinası şeklinde iki farklı uygulama) toprak işleme ve ekim yöntemleri kıyaslanmış ve doğrudan ekim yönteminin enerji ve çalışma hızları açısından daha avantajlı olduğu bulunmuştur. Ancak en yüksek verim, 2 kez dipkazan ile toprak işlemenin yapıldığı azaltılmış toprak işleme ve ekim uygulamasından elde edilmiştir ([Yalçın ve Çakır, 2006](#)). Çalışmadan da anlaşılacağı üzere, koruyucu toprak işleme yöntemlerinin değerlendirildiği pek çok kriter olmakla birlikte sadece verim değerleri uygulanan yöntemlerin başarısını belirlememektedir.

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de yer edinmeye başlayan koruyucu toprak işleme uygulamalarının özellikle stratejik bitkiler için etkilerinin belirlenerek en uygun yöntemlerin seçilip ayrıca ekolojik/ekonomik analizlerin yapılması gerekmektedir. Hem küresel olarak hem de Türkiye'de büyük önem arz eden buğday bitkisi bu önemli ürünlerden bir tanesidir. TÜİK'in 2020 üretim miktarlarına göre, 20.5 milyon ton olan buğday üretimi, toplam tarımsal üretimin %29.6'sını oluşturmaktadır ki bu değer Türkiye'de yapılan tahıl üretiminin yarısından fazlasını oluşturmaktadır. Gerek beslenmedeki önemi gerekse pek çok endüstriyel ürünün hammaddesi olan buğday için uygun ekipmanlar kullanılarak bilinçli tohum yatağı hazırlanması ve uygun toprak işleme yönteminin seçilmesi bu yüzden önem arz etmektedir ([Şehirli ve ark., 2000](#), [Süzer, 2013](#); [Yaraşır, 2018](#)). [Chetan ve ark. \(2017\)](#) tarafından toprak işlemesiz yöntemle elde edilen 6285 kg/ha buğday verimi, geleneksel sistemlerde 6320 kg/ha olarak belirlenmiştir. Bu yakın verilerin yanı sıra, araştırmacılar; ayrıca koruyucu yöntemlerin, giderleri %19.2 azalttığını tespit etmiş ve genele bakıldığında ekonomik verimliliğin daha fazla olduğunu bildirmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise; pamuğun ardından azaltılmış toprak işleme ile buğday yetiştiriciliği yapılmış ve sap verimi, başak sayısı, bin dane ağırlığı, boy, biyolojik verim ve verim parametrelerinde istatistiki açıdan fark gözlenmemiştir. Ancak yapılan ekonomik analizlerde sap toplama+goble disk+makinayla ekim kombinasyonunda %424 oranında en fazla marjinal kazanç elde edildiği belirlenmiştir ([Barut ve ark., 2006](#)). [Yalçın ve ark. \(2003\)](#)'nın azaltılmış toprak işlemenin hafif topraklarda buğday yetiştiriciliğine etkilerini araştırdıkları çalışmalarında; verimde geleneksel yöntemlere göre %25 azalma olduğu, en yüksek sap ve dane verimin pulluk+diskaro+sürgü+ekim kombinasyonundan elde edildiği görülse de koruyucu yöntemlerde yakıttan %50 oranda kar sağlandığı tespit edilmiştir. Kırklareli'nde kuru şartlarda yapılan buğday yetiştiriciliğinde ise yapılan ekonomik analizlerin sonucunda azaltılmış toprak işlemenin veya toprak işlemesiz şartların en uygun teknikler olduğu sonucuna varılmıştır. Aynı zamanda minimum toprak işlemenin sonucunda buğday verimlerinin yükselmiş olduğu da tespit edilmiştir ([Kamburoğlu, 2002](#)).

Bu çalışmada ise; Çukurova Bölgesinde II. ürün soya ekiminden önce buğday üretiminde farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin sap verimi ve dane verimine etkilerinin yanı sıra net kar ve maliyet yönünden ele alınarak ekonomik karşılaştırmalarla en uygun toprak işleme ve ekim yöntemi ortaya konulmaya çalışılmıştır.



## Materyal ve Yöntem

### Deneme alanı iklim ve toprak özellikleri

Denemenin yürütüldüğü arazi, Tarsus İlçe merkezine yaklaşık 6 km uzaklıkta Reşadiye köyü kadaströ sınırlarına dahil olan Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Tarsus Toprak ve Su Kaynakları lokasyonunda yer almaktadır. Taşlılık ve toprak erozyon riski bulunmayan deneme alanı, eğimi % 0-1 arasında olan düze yakın tarla vasfında sulu bir tarım arazisidir. Bölgede tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Çukurova ve Torosların yakın eteklerinden oluşan kıyı kesiminde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Alata Bahçe Kültürleri Araştırma İstasyonu Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Kampüsü Meteoroloji İstasyonu iklim verilerine göre; yörenin yıllık yağış toplamı 601.9 mm'dir. Yağışın büyük bir bölümü yağmur şeklindedir. Yıllık sıcaklık ortalaması 18°C'dir. En sıcak ay ortalaması (Ağustos) 27°C, en soğuk ay ortalaması (Ocak) 8.9°C'dir. Uzun yıllar nisbi nem ortalaması %70.1'dir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Meteorolojik veriler

	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)												
2018 yılı	10,0	12,9	16,2	18,5	22,9	25,3	27,5	28,2	26,4	21,8	16,0	11,6
2019 yılı	9,2	11,2	13,0	16,2	22,5	25,7	27,1	27,9	25,6	23,0	17,5	11,5
2020 yılı	9,0	9,8	14,4	17,1	22,1	23,8	28,1	28,2	27,8	23,9	15,9	12,5
Ortalama*	8,9	9,9	12,8	16,8	20,9	24,5	26,9	27,2	24,5	20,3	14,7	10,3
Oransal Nem (%)												
2018 yılı	75,8	72,2	72,0	67,0	68,6	76,0	77,5	74,2	67,6	62,3	64,9	77,3
2019 yılı	73,3	74,0	71,9	70,7	64,4	75,9	76,6	76,2	69,2	64,3	53,5	81,1
2020 yılı	70,4	70,3	72,3	73,3	64,8	75,4	78,5	72,0	73,1	59,8	59,4	63,0
Ortalama*	70,5	70,6	69,8	71,0	71,0	72,0	75,3	75,0	68,6	63,3	63,8	71,1
Rüzgar Hızı (m/s)												
2018 yılı	2,1	1,9	2,2	1,9	1,4	1,7	1,8	1,7	1,7	1,9	1,4	1,7
2019 yılı	2,0	1,8	1,6	1,7	2,3	2,0	2,0	1,9	1,9	1,9	1,7	2,0
2020 yılı	2,0	2,1	2,3	2,2	2,3	2,3	2,3	2,4	2,1	1,9	1,7	1,76
Ortalama*	2,1	1,9	2,1	1,8	1,2	1,5	1,1	0,8	0,7	0,9	0,8	1,1
Yağış (mm)												
2018 yılı	431,2	60,0	34,8	50,0	16,2	3,0	0	0	0	25,4	31,4	504,2
2019 yılı	147,2	106,2	100,8	68,0	2,8	0,2	18,6	0	3,2	14,0	26,8	305,6
2020 yılı	163,0	81,0	41,6	14,2	12,6	8,0	0	0	0	0	48,4	47,8
Ortalama*	117,4	78,6	60,0	39,5	30,0	11,1	3,5	2,2	12,1	33,1	78,1	136,3

\* Ortalama meteorolojik veriler uzun yıllar (1959-2020) ortalamasını kapsamaktadır.

Not: Bölgede buğday ekimi genellikle Kasım ayı içinde yapılmakta, 2019 üretim sezonu için 2018 Kasım ayında ekim yapıldığından 2018 yılı meteorolojik verileri de çizelgede verilmiştir.

Deneme alanına ait toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla alınan toprak örnekleri analiz edilmiş ve sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Deneme alanına ait toprak özellikleri

Derinlik	Saturasyon (%)	pH	Toplam Tuz (%)	Kireç (%)	K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	Organik Madde (%)
0-30	60	7.9	0.018	14.45	145.90	1.09	1.36
	Kil (%)		Silt (%)		Kum (%)		Tekstür Sınıfı
	45.42		38.71		15.86		Killi tınlı

## Denemede kullanılan güç kaynağı, alet ve makinalar

Çalışmada kullanılan traktör, alet ve makinaların teknik özellikleri Çizelge 3’de verilmiştir. Buğday tohumu olarak; Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından tescil ettirilen yatmaya dayanıklı, orta erkenci, bin dane ağırlığı 40-42 gram olan, sahil bölgelerine önerilen ADANA-99 çeşidi kullanılmıştır.

Çizelge 3. Denemede kullanılan traktör ve tarım alet makinelerine ait teknik özellikler

Alet ve makinalar	Tipi	İşleyici Organ	İş derinliği	İş Genişliği	Ağırlığı
Pulluk	asılır	4 soklu	280 mm	1050 mm	547 kg
Çizel	asılır	9 ayak	250 mm	2900 mm	720 kg
Goble Diskaro	asılır	26 disk	150 mm	2800 mm	2000 kg
Çizel-Rototiller-Dişli Tırmık (kombine)	asılır	54 bıçak	190 mm	2240 mm	980 kg
Tapan	çekilir	-	-	3700 mm	490 kg
Sırta Ekim Makinası	çekilir	4 soklu 12 ekici	-	2800 mm	730 kg
Hubabat Ekim Makinası	çekilir	27	-	3500 mm	1219 kg
Doğrudan Ekim Makinası	çekilir	18	-	2380 mm	3200 kg
Traktör					
Markası ve tipi	New Holland-TD110D				
Motor gücü	110(81 kW) HP				
Net ağırlığı(4WD, Ek ağırlıksız, kabinli)	3900 kg				
Motor devri	2199 d/d				
Ön tekerlek iz genişliği	1787-2180 mm				
Toplam uzunluk	4202 mm				
Dingil açıklığı	2422 mm				
Ön-arka tekerlek ölçüsü	14.9 R-24 / 18.4 R-34				

## Yöntem

Denemede buğday ekiminde kullanılan farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri; tesadüf blokları deneme desenine göre 50 m parsel uzunluğundaki ve 2 ekim makinası iş genişliğindeki parsel genişliğinde, dekar başına 25 kg buğday tohumu atılacak şekilde 3 tekerrürlü olmak üzere uygulanmıştır.

T1: Geleneksel toprak işleme (Pulluk + goble diskaro + tapan + ekim makinası)

T2: Azaltılmış toprak işleme (kombine çizel-rototiller-dişli tırmık + ekim makinası)

T3: Azaltılmış toprak işleme (Çizel + Goble diskaro + ekim makinası)

T4: Sırta Ekim (Pulluk + goble diskaro + tapan + sırta ekim makinası)

T5: Doğrudan Ekim (Doğrudan ekim makinası) şeklinde 5 farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri buğday ekiminde kullanılmıştır.

Çakılı (aynı yerde) olarak yürütülen çalışmada, buğday ekimi her iki yılda da Kasım ayının 2. haftası yapılmıştır. Buğday hasadından sonra deneme parsellerine ikinci ürün soya ekimi yapılmıştır. Bir sonraki yılda farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri kullanılarak parsellere yapılan buğday ekiminde ikinci ürün soya altlık olmuştur. Buğdayda saf olarak 18 kg/da N, 8 kg/da P2O5 kullanılmış olup fosforlu gübrenin tamamı, azotlu gübrenin ise yarısı ekimle verilmiş ve azotlu gübrenin kalan kısmı kardeşlenme döneminin hemen başlangıcında serpmeye olarak verilmiştir (Anonim 2006). Yabancı ot kontrolü, hastalık ve zararlılarla mücadele işlemleri zamanında uygun ve yeterli sayıda yapılmıştır.

## Makina işletme değerlerinin belirlenmesi

İşgücü Tüketimi (insan-h/ha)= 1/tarla iş başarısı \* İşlemede görev alan personel sayısı (adet)

Makina İş gücü (makina-h/ha)= 1/ Efektif iş başarısı

Yakıt Tüketimi: 862 no.lu ana proje ve ek talimatında belirtildiği üzere “Tamamlama Yöntemi” kullanılarak yakıt tüketimi ölçülmüştür.

## Verim ve verim parametrelerinin belirlenmesi

Bitki Boyu (cm): Olgunluk döneminde her parselin hasat alanı içerisindeki şansa bağlı 10 başaklı sapın, toprak seviyesinden en üst başakçık boyuna kadar olan kısmı ölçülerek belirlenmiştir. Tane verimi (kg/da): Her parselin ortasından parseli temsil edecek şekilde üç yerden 1 m<sup>2</sup>lik karelik tahta çıtalardan yapılmış aparat atılmış ve bu aparatın iç kısımları toprak seviyesinde biçilmiştir. Harman edilerek taneler sap ve

samandan ayrıldıktan sonra taneler tartılarak birim alandaki tane verimi belirlenmiştir. Birim alandaki tane verimleri 1000 ile çarpılarak kg/da cinsinden tane verimi elde edilmiştir. Biyolojik verim (kg/da): Parseli temsil edecek şekilde üç farklı noktada 1 m<sup>2</sup>lik kare şeklinde tahta çitlerden yapılmış aparat atılmış ve bu aparatın iç kısımları toprak seviyesinde biçilmiştir. Biçilen örneklerin tartılması sonucu birim alandaki biyolojik verim bulunmuştur. Örneklerin ortalaması alınmış ve 1000 ile çarpılarak kg/da cinsinden biyolojik verim hesaplanmıştır. Sap verimi (kg/da): Her parselin ortasından parseli temsil edecek üç yerden 1m<sup>2</sup>'deki saplar toprak seviyesinden biçilerek saplar taneler ayrıldıktan sonra saplar tartılarak birim alandaki sap verimi belirlenmiştir. Birim alandaki sap verimleri 1000 ile çarpılarak kg/da cinsinden sap verimi elde edilmiştir.

Çalışmada verim ve verim kriterlerine ait parametrelerin değerleri, JUMP istatistik programı kullanılarak varyans ve LSD çoklu karşılaştırma testi analizlerine tabi tutulmuştur.

### Net kar ve masraf analizi

Üretim girdi masrafları ve brüt karın belirlenmesinde veri sağlamak için buğday üretiminde çakılı iki yıl yürütülen farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri denemelerinde belirlenmiş olan ölçüm, tartım ve gözlem sonuçlarından yararlanılmıştır. Buğday üretiminde uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin ekonomik yönden karşılaştırmalarında üretim girdi maliyetleri, brüt kar ve net kar belirlenmiştir. İşletme giderleri tek ürün bütçe analiz yöntemiyle, üretim giderleri ise alternatif maliyet unsuru yöntemi ile belirlenmiştir (Açıl, 1974; Özkan, 1996). Verilerin değerlendirilmesinde aritmetik ortalama ve yüzde gibi istatistiksel matematiksel işlemlerden yararlanılmıştır. Bazı hesaplamalarda denemenin yürütüldüğü yıllara ait birim fiyatlar dikkate alınmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Makina işletme değerleri

Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerine göre 2019 ve 2020 yılı makina işletme değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 4. 2019 ve 2020 yılı makina işletme değerleri

	Yakıt Tüketimi (l/ha)		Madeni Yağ Tüketimi (l/ha)		İnsan İş gücü (insan-h/ha)		Makina iş gücü (makina-h/ha)	
	2019	2020	2019	2020	2019	2020	2019	2020
<b>Toprak İşleme ve Ekim Yöntemleri</b>								
<b>T1</b> Pulluk	24.0	23.0	1.08	1.04	3.2	3.4	2.9	3.1
Goble diskaro	10.5	11.2	0.47	0.50	1.6	1.7	1.4	1.5
Tapan	9.3	7.6	0.42	0.34	1	1.2	0.8	1.01
Ekim Makinası	8.8	8.1	0.39	0.36	1.5(2)	1.6	0.7	0.75
Toplam	52.6	49.9	2.36	2.24	7.3	7.9	5.8	6.36
Yıllar Ortalaması	<b>51.25</b>		<b>2.3</b>		<b>7.6</b>		<b>6.08</b>	
<b>T2</b> Kombine (Çizel+Rototiller+Dişli Tırmık)	19.4	22.0	0.87	0.99	2.8	3	2.6	2.8
Ekim Makinası	8.6	8.1	0.39	0.36	1.5	1.6	0.7	0.75
Toplam	28.0	30.1	1.26	1.35	4.3	4.6	3.3	3.55
Yıllar Ortalaması	<b>29.05</b>		<b>1.31</b>		<b>4.45</b>		<b>3.43</b>	
<b>T3</b> Çizel	15.6	17.1	0.70	0.77	2.4	2.6	2.3	2.4
Goble diskaro	10.4	10.5	0.47	0.47	1.6	1.7	1.4	1.5
Ekim Makinası	9.0	7.9	0.41	0.36	1.5	1.6	0.7	0.75
Toplam	35	35.5	1.58	1.60	5.5	5.9	4.4	4.65
Yıllar Ortalaması	<b>35.25</b>		<b>1.59</b>		<b>5.7</b>		<b>4.53</b>	
<b>T4</b> Pulluk	23.0	23.0	1.04	1.04	3.2	3.4	2.9	3.1
Goble Diskaro	10.6	11.0	0.48	0.49	1.6	1.7	1.4	1.5
Tapan	8.5	7.2	0.38	0.32	1	1.2	0.8	1.01
Sırta Ekim Makinası	10.5	10.8	0.47	0.48	2	2	0.9	1
Toplam	52.6	52	2.37	2.34	7.8	8.3	6	6.61
Yıllar Ortalaması	<b>52.3</b>		<b>2.36</b>		<b>8.05</b>		<b>6.31</b>	
<b>T5</b> Doğrudan Ekim Makinası	10.4	13.3	0.47	0.60	3.2	3.3	1	1.2
Toplam	10.4	13.3	0.47	0.60	3.2	3.3	1	1.2
Yıllar Ortalaması	<b>11.85</b>		<b>0.54</b>		<b>3.25</b>		<b>1.1</b>	

Madeni yağ tüketimi yakıt tüketim miktarının % 4.5 olarak hesaplanmıştır.

Üretim girdi maliyetine etki eden, karı düşüren ve maliyet hesaplamasında bilinmesi gereken insan işgücü farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri için farklı değerlerde belirlenmiştir. Çizelge 4'te görüldüğü gibi yıllar ortalamasının insan işgücü ihtiyacı T5 uygulamasında daha düşük iken T1 ve T4 uygulamalarında insan işgücü ihtiyacı oldukça yüksektir. Makina işgücü ihtiyacı ortalama değerleri, insan işgücü ihtiyacı değerleri ile paralellik göstermiştir. Makina işgücü ihtiyacında, uygulamalara göre 1.1 ve 6.31 h/ha arasında bir değişim belirlenmiştir.

### Verim ve verim parametreleri

Buğday ve sap verimini etkileyen parametreler için yapılan varyans analizine göre; bitki boyu her iki yıl ile yıllar ortalaması için % 1 düzeyinde istatistiki olarak önemli bulunmuş, sap verimini etkileyen en yüksek bitki boyu değeri T1 ve T2 uygulamalarında elde edilmiştir. Buğday verimine etki eden metrekaredeki başak sayısının yıllar ortalaması istatistiki olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuş, en yüksek değer ise 540 adet ile T2 uygulamasında elde edilmiştir. T1 uygulaması 515.3 adet metrekaredeki başak sayısı değeri ile T5 ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin bitki boyu ve metrekaredeki başak sayısına etkisi

Toprak İşleme ve Ekim Yöntemleri	Bitki Boyu (cm)			Metrekaredeki Başak Sayısı (adet)		
	2019 yılı	2020 yılı	Ortalama	2019 yılı	2020 yılı	Ortalama
T1	99.8 ab	94.9 a	97.3 a	514.3 ab	516.3	515.3 ab
T2	101.3 a	95.5 a	98.4 a	549.0 a	531.0	540.0 a
T3	98.5 b	92.3 b	95.4 b	510.3 b	507.0	508.6 b
T4	98.1 b	91.7 b	94.9 b	455.6 c	476.0	465.8 bc
T5	95.9 c	90.4 b	93.2 c	517.6 ab	527.3	522.5 ab
LSD(0.05)	1.85	1.98	1.24	35.77	-	28.80
CV%	0.99	1.13	1.49	3.72	5.34	4.61
P değeri	0.0016**	0.001**	0.0001**	0.0040**	0.1967 öd	0.0008**

P<0.01( \*\* %1 düzeyinde önemli), P>0.05 öd (önemli değil)

T1 (Pulluk + Goble diskaro+ Tapan +Ekim makinası), T2 (Kombine çizel-rototiller-dişli tırmık + Ekim makinası), T3 (Çizel + Goble diskaro + Ekim makinası), T4 ( Pulluk + Goble diskaro + Tapan +Sırta ekim makinası), T5 (Doğrudan ekim makinası)

Analizler sonucunda; hasat indeksi bileşik yıllar ortalaması istatistiki açıdan önemli bulunmuş ve T4 uygulaması dışında diğer uygulamalar aynı grupta yer alarak aralarında önemli farkın olmadığı belirlenmiştir. Biyolojik verim için gerek yıl bazlı gerekse bileşik yıl ortalaması açısından istatistiksel olarak uygulamalar arasındaki farkın önemli olduğu saptanmıştır. En düşük biyolojik verim T4 uygulamasında elde edilmiştir. Çizelge 6'da biyolojik verim bileşik yıllar ortalaması çoklu karşılaştırılmasında en yüksek değer ile en düşük değer arasında 139.4 kg/da fark belirlenmiştir.

Çizelge 6. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin hasat indeksi ve biyolojik verime etkisi

Toprak İşleme ve Ekim Yöntemleri	Hasat İndeksi(%)			Biyolojik Verim(kg da <sup>-1</sup> )		
	2019 yılı	2020 yılı	Birleşik Yıllar	2019 yılı	2020 yılı	Birleşik Yıllar
T1	34.6	36.7 a	35.6 a	1498.3 ab	1582.1 a	1540.2 ab
T2	35.0	37.1 a	36.1 a	1520.0 a	1596.6 a	1558.3 a
T3	34.4	36.6 a	35.5 a	1488.3 ab	1560.8 a	1524.5 ab
T4	33.1	33.6 b	33.3 b	1366.6 c	1471.1 b	1418.9 c
T5	35.8	37.1 a	36.4 a	1438.3 bc	1561.9 a	1500.1 b
LSD (0.05)	-	2.74	1.49	79.86	49.17	43.11
CV%	4.06	1.87	3.44	2.90	1.68	2.21
P değeri	0.3068 öd	0.0114 *	0.0044**	0.013*	0.0028**	0.0001**

Buğday üretiminde ekonomik anlamda kazançlı olabilmeyi etkileyen önemli faktörlerden olan sap verimi ve tane verimi, Çizelge 7' ye göre istatistiki olarak yıllar ve bileşik yıllar ortalaması bazında önemli bulunmuştur. En yüksek sap ve tane verimi T2 uygulamasında belirlenirken en düşük sap ve tane verimi ise T4 uygulamasında saptanmıştır.

Çizelge 7. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinin sap verimi ve tane verimine etkisi

Toprak İşleme ve Ekim Yöntemleri	Sap Verimi(kg/da)			Tane Verimi(kg/da)		
	2019 yılı	2020 yılı	Ortalama	2019 yılı	2020 yılı	Ortalama
T1	980.0	999.5 a	989.7 ab	518.3 a	582.5 a	550.4 a
T2	986.6	1003.2 a	994.9 a	533.3 a	593.4 a	563.4 a
T3	976.6	989.1 ab	982.8 ab	511.6 a	571.7 a	541.6 a
T4	913.3	976.3 b	944.8 c	453.3 b	494.8 b	474.1 b
T5	923.3	982.2 b	952.7 bc	515.0 a	579.7 a	547.3 a
LSD (0.05)	-	14.55	37.05	34.92	46.01	26.55
CV%	4.4	0.78	3.11	3.66	4.32	4.05
P değeri	0.1809 öd	0.0128*	0.0350*	0.0061**	0.0069**	0.0001**

### Net kar ve masraf analizi

Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri uygulanarak üretimi yapılan buğdayda her yıl ve her uygulama için üretim masrafları hesaplanmıştır. Çizelge 8 ve 9'da verilen her iki yıl tüm uygulamalarda A-Değişen masraflar içinde en yüksek masraf payını yaklaşık %51-58 arasında değişen oranla II.Bakım işleri kapsamaktadır. Değişen masrafları içinde bir diğer yüksek masraf payını ise yaklaşık %23-29 arasında değişen oranla I. Toprak işleme ve ekim işlemleri oluşturmaktadır. En yüksek üretim masrafının T1 ve T4 uygulamalarında olduğu belirlenmiştir. Toprak işleme ve ekim masraflarında yine T1 ve T4 en yüksek masraf giderini oluşturmuştur. Buğday üretiminde farklı toprak işleme ve ekim yöntemi uygulamaları için C-Üretim masraflarının her iki yıl için en düşük değeri T2 uygulamasında olduğu saptanmıştır. 2019 yılında 775.33 TL, 2020 yılında ise 820.75 TL üretim masrafıyla, T5 uygulaması ikinci sırada yer almıştır.

Çizelge 8. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri 2019 yılı üretim masrafları

Yapılan İşlemler	T1	T2	T3	T4	T5
	Toplam (TL/da)				
I. Toprak işleme ve ekim	109.60	91.55	96.91	110.48	83.79
II. Bakım İşleri	198.34	198.34	198.34	198.34	207.34
III. Hasat-Harman-Taşıma Toplamı	23.52	23.31	23.21	22.39	23.26
IV. Döner Sermaye Faizi (I + II + III) * %7	51.20	49.92	50.29	51.18	50.01
A- Değişen Masraflar Toplamı (I + II + III + IV)	383.00	363.00	369.00	382.00	364.00
B- Sabit Masraflar Toplamı	411.48	410.89	411.06	411.47	410.93
<b>C- Üretim Masrafları Toplamı (A+B)</b>	<b>794.14</b>	<b>774.01</b>	<b>779.81</b>	<b>793.87</b>	<b>775.33</b>

Çizelge 9. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri 2020 yılı üretim masrafları

Yapılan İşlemler	T1	T2	T3	T4	T5
	Toplam (TL/da)				
I. Toprak işleme ve ekim	115.91	100.68	105.03	117.92	93.52
II. Bakım İşleri	227.80	227.80	227.80	227.80	236.80
III. Hasat-Harman-Taşıma	25.49	25.32	25.15	23.92	25.28
IV. Döner Sermaye Faizi (I + II + III) * %7	53.84	52.77	53.06	424.00	52.89
A- Değişen Masraflar Toplamı (I + II + III + IV)	423.00	407.00	411.00	400.00	408.00
B- Sabit Masraflar Toplamı	412.69	412.20	412.33	412.71	412.25
<b>C- Üretim Masrafları Toplamı (A+B)</b>	<b>835.74</b>	<b>818.76</b>	<b>823.37</b>	<b>836.21</b>	<b>820.75</b>

Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri uygulanarak üretimi yapılan buğdayın her yıl ve her uygulama için net ve brüt karı hesaplanmıştır. Çizelge 10 ve 11'de görüldüğü gibi, buğday üretiminde 1. ve 2. yıl için en yüksek net kar değerlerinin, uygulanan farklı toprak işleme ve ekim yöntemlerinden olan T1 ve T2 uygulamalarına ait olduğu belirlenmiştir. Doğrudan ekim uygulaması (T5) ise sıralamada üçüncü sırada yer almıştır. Çizelge 12'de verilen üretim masrafları ve net kar yönünden uygulamalar kıyaslandığında, karlılık olarak T2 uygulamasının 1.sırada yer aldığı belirlenmiştir.

Çizelge 10. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri 2019 yılı net kar

Yapılan İşlemler		T1	T2	T3	T4	T5
D- Buğday Verimi	kg/da	518.3	533.3	511.6	453.3	515
E- Yan Ürün Geliri	TL/da	196.00	197.29	195.32	182.66	184.66
F- Buğday Satış Fiyatı	TL/kg	1.35	1.35	1.35	1.35	1.35
G- Toplam Gayri Safi Üretim Değeri (D*F)+E	TL/da	895.71	917.25	885.98	794.62	879.91
H- Brüt Kar (G-A)	TL/da	513.27	553.93	517.23	412.22	515.51
<b>I- Net Kar (G - C)</b>	TL/da	<b>101.80</b>	<b>143.03</b>	<b>106.17</b>	<b>0.74</b>	<b>104.58</b>
Oransal Kar (G / C)	%	1.13	1.18	1.14	1.00	1.13
Birim Üretim Maliyeti (C - E) / D	TL/kg	1.15	1.08	1.14	1.35	1.15
Talep Edilen Ürün Fiyatı	TL/kg	1.50	1.41	1.49	1.75	1.49

*Talep edilen ürün fiyatı (birim üretim maliyeti+ birim üretim maliyeti \* % 30) hesaplanmasıyla belirlenmiştir.*

\*2019, 2020 yılı TMO buğday alım fiyatları esas olarak alınmıştır.

Çizelge 11. Farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri 2020 yılı net kar

Yapılan İşlemler		T1	T2	T3	T4	T5
D- Buğday Verimi	kg/da	582.5	593.4	571.7	494.8	579.7
E- Yan Ürün Geliri	TL/da	199.90	200.64	197.82	195.26	196.44
F- Buğday Satış Fiyatı	TL/kg	1.65	1.65	1.65	1.65	1.65
G- Toplam Gayri Safi Üretim Değeri (D*F)+E	TL/da	1 161.03	1 179.75	1 141.13	1 011.68	1 152.95
H- Brüt Kar (G-A)	TL/da	738.16	773.00	730.09	588.17	744.45
<b>I- Net Kar (G - C)</b>	TL/da	<b>325.47</b>	<b>360.79</b>	<b>317.76</b>	<b>175.47</b>	<b>332.20</b>
Oransal Kar (G / C)	%	1.39	1.44	1.39	1.21	1.40
Birim Üretim Maliyeti (C - E) / D	TL/kg	1.09	1.04	1.09	1.30	1.08
Talep Edilen Ürün Fiyatı	TL/kg	1.42	1.35	1.42	1.68	1.40

*Talep edilen ürün fiyatı (birim üretim maliyeti+ birim üretim maliyeti \* % 30) hesaplanmasıyla belirlenmiştir.*

\*2019, 2020 yılı TMO buğday alım fiyatları esas olarak alınmıştır.

Çizelge 12. Uygulamaların üretim masraf ve net karı

Uygulamalar	2019 yılı			2020 yılı			Yıllar Toplamı Net Kar (TL)	Karlılık Sıralaması
	Üretim Masrafları (TL)	Brüt Kar (TL)	Net Kar (TL)	Üretim Masrafları (TL)	Brüt Kar (TL)	Net Kar (TL)		
T1	794.14	513.27	<b>101.80</b>	835.74	738.16	<b>325.47</b>	427.27	<b>3</b>
T2	774.01	553.93	<b>143.03</b>	818.76	773.00	<b>360.79</b>	503.82	<b>1</b>
T3	779.81	517.23	106.17	823.37	730.09	317.76	423.93	<b>4</b>
T4	793.87	412.22	0.74	836.21	588.17	175.47	176.21	<b>5</b>
T5	775.33	515.51	104.58	820.75	744.45	332.20	436.78	<b>2</b>

## SONUÇ

Buğday tarımında net karın artırılması için birim alanda alınacak dane verimi ile sap veriminin artırılmasının yanı sıra üretim masraflarının azaltılmasının da sağlanması gerekmektedir. Üretim masraflarını; %23-29 arasında değişen oranlarda tohum yatağının hazırlanmasında uygulanan toprak işleme ve ekim yöntemleri oluşturmaktadır. Tohum yatağının hazırlanmasında; üretim masraflarının azaltılması, sürdürülebilir toprak verimliliği, toprakta nemin korunması, organik madde miktarının artırılması ve zamanda yeterlilik gibi konular dikkate alındığında, olumsuz etkilerinden dolayı süregelen geleneksel toprak işleme ve ekim yöntemlerine alternatif olarak, azaltılmış veya doğrudan ekim yöntemlerinin kullanılması gerekmektedir.

Çukurova Bölgesinde yaygın olarak yıl içinde buğday + II. ürün soya şeklinde uygulama yapılmaktadır. Buğday üretiminde; toprağın yapısını bozmayacak, II. ürün soyanın gelişimine de olumlu katkı sağlayacak tohum yatağının hazırlanması büyük önem taşımaktadır.

Çalışmada 2019 yılı ve 2020 yılında tespit verilerin değerlendirilmesi sonucunda buğday üretiminde, farklı toprak işleme ve ekim yöntemleri içinde, koruyucu toprak işleme yöntemlerinden olan azaltılmış toprak işleme T2 uygulaması; en yüksek 533.3 kg.da-1 tane, 994.9 kg.da-1 sap veriminin yanı sıra, birinci yıl 143.03 TL.da-1, ikinci yıl 360.79 TL.da-1 en yüksek net kar ile yine birinci yıl 1.08 TL.kg-1, ikinci yıl 1.04 TL.kg-1 en düşük birim üretim maliyetiyle en uygun toprak işleme ve ekim yöntemi olarak belirlenmiştir. Doğrudan ekim yöntemi (T5); dane, sap verimi, net kar ve birim üretim maliyeti kriterleri dikkate alınarak yapılan sıralamada T2 uygulamasından sonra ikinci sırada yer almıştır.

Çalışma sonuçlarına göre, Çukurova şartlarında buğday + II.ürün soya üretiminde; buğday için geleneksel toprak işleme ve ekim yöntemi olan T1 uygulamasının, T2 ve T5 uygulaması ile kıyaslandığında, birim alanda daha az gelir sağladığı belirlenmiştir. Sonuç olarak; birim alanda en yüksek tane ve sap verimi ile birlikte en yüksek net geliri sağlayan azaltılmış toprak işleme kapsamında değerlendirilen T2 uygulaması (kombine çizel-rototiller- dişli tırmık + Ekim makinası) üreticilere önerilebilir.

Koruyucu toprak işleme sınıfına giren ve azaltılmış toprak işleme olarak kabul edilen T2 uygulamasının yanı sıra toprak neminin daha iyi muhafaza edilmesi, toprak yapısının iyileşmesi, uzun vadede toprakta organik madde artışının gözlemlenmesi ve aynı yerde yıllarca tohum yatağı hazırlanmasına olanak sağlayabilmesi sebebiyle T5 uygulaması da değerlendirilmelidir. Ayrıca bu kazanımlar ile birlikte çalışma sonuçları da dikkate alındığında; yıldan yıla dane ve sap veriminde görülen artışlar da doğrudan ekimin (T5) toprak işleme ve ekim yöntemleri arasında iyi bir alternatif olduğunu göstermektedir.

## KAYNAKLAR

- Açıl F. 1974. Tarımsal Ürün Maliyetlerinin Hesaplanması ve Memleketimiz Tarımsal Ürün Maliyetlerindeki Gelişmeler. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:567, Ankara.
- Anonim, 2006. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.
- Aykanat S. 2009. Buğday Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Aykas E, Yalçın H, Çakır E. 2005. Koruyucu Toprak İşleme Yöntemleri ve Doğrudan Ekim. Ege Üniversitesi Ziraat. Fakültesi Dergisi, 42(3):195-205.
- Aykas E, Çakır E, Yalçın H, Okur B, Nemli Y, Çelik A. 2010. Koruyucu Toprak İşleme Doğrudan Ekim ve Türkiye'deki Uygulamaları. Ziraat Mühendisliği VII Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Bildiriler Kitabı-I.
- Baran, MF, Durgut MR, Kayhan İE, Aydın B, Kurşun İ, Bayhan Y. 2013. İkinci Ürün Ayçiçeği Üretiminde Uygulanabilecek Farklı Toprak İşleme ve Ekim Yöntemlerinin Teknik ve Ekonomik Olarak Belirlenmesi. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 9(1), 35-42.
- Barut H, Semercioğlu T, Keklikçi Z, Avçın A. 2006. Çukurova Bölgesinde Pamuk Sonrası Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemleri ile Buğday Yetiştirme Olanaklarının Araştırılması, TAGEM/TA/02/03/01/13 Projesi Sonuç Raporu, Adana.
- Chetan F, Chetan C, Rusu T, Moraru PI, Ignea M, Simon A. 2017. Influence of Fertilization and Soil Tillage System on Water Conservation in Soil, Production and Economic Efficiency in the Winter Wheat Crop. Scientific Papers. Series A. Agronomy, 60:42-48.
- Çarman K, Uyanöz R, Marakoğlu T, Kırtış F. 2014. Alternatif Toprak İşleme Sistemlerinin 3E (Enerji, Erozyon, Emisyon) Üzerine Etkileri. TÜBİTAK 111 O 182 no.lu Proje Sonuç Raporu.
- Gajri PR, Arora VK, Prihar SS. 2002. Tillage for Sustainable Cropping. Food Products Press, NY. 13904-1580.
- Gheres M. 2007. Consideration on the Impact of Agricultural Technologies On Soil Compaction. in Soil Compaction - Processes and Consequences. Ed. Risoprint Cluj-Napoca, p:149-157.
- Kamburoğlu İ. 2002. Kırklareli Kuru Tarım Koşullarında Buğday Tarımında Toprak İşlemesiz, Azaltılmış Toprak İşlemeli ve Geleneksel Toprak İşlemeli Sistemlerin Toprağın Rutubet Değişimine ve Ürün Verimine Etkisi. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, p: 104-114.
- Karaağaç HA, Barut ZB. 2007. İkinci Ürün Silajlık Mısır Tarımında Farklı Toprak İşleme ve Ekim Sistemlerinin Teknik ve Ekonomik Yönden Karşılaştırılması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 3(1):33-40.
- Lazic V, Turan J. 1995. Factors of Fuel Consumption in Ploughing. Contemporary Agricultural Engineering. 21(1): 54-60.
- Özkan E. 1996. Trakya Bölgesinde Tarımsal Ürünlerin Üretim Girdileri ve Maliyetleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Atatürk Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.
- Sabah M. 2010. Söke Ovasında İkinci Ürün Yağlık Ayçiçeği Üretiminde Enerji Kullanımı. Yüksek Lisans Tezi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarım Makinaları Anabilim Dalı, Adana.
- Shinners KJ, Wilkes JM, England TD. 1993. Performance Characteristics of a Tillage Machine With Active-Passive Components. J.Agrich. Engineering Res., 55:277-297.
- Stott PA, Gillett NP, Hegerl GC, Karoly DJ, Stone DA, Zhang X, Zwiers F. 2010. Detection and Attribution of Climate Change: A Regional Perspective. WIREs Climate Change, 1: 192-211.
- Süzer S. 2013. Tarım Alanlarında Görülen Su ve Rüzgar Erozyonuyla Mücadele Yöntemleri. Agrotime Dergisi, 1(3): 34-43.

- Şehirli S, Gençtan T, Birsin AM, Zincirci N, Uçkesen B. 2000. Türkiye Tahıl ve Yemelik Tane Baklagil Üretimini Bugünkü ve Gelecekteki Boyutları. Türkiye Ziraat Mühendisliği V. Teknik Kongresi. Ankara.
- TUİK, 2020. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-Istatistikleri-2020-33737> (Erişim tarihi: 24.06.2021).
- Yalçın H, Çakır E, Akdemir H, Öcel T, Soya H. 2003. Hafif Topraklarda Azaltılmış Toprak İşleme Yöntemlerinin İş Başarıları ve Buğday Verimine Etkileri. Koruyucu Toprak İşleme ve Doğrudan Ekim Çalıştayı, 23- 24 Ekim, 97-107, İzmir.
- Yalçın H, Çakır E. 2006. Tillage Effects and Energy Efficiencies of Subsoiling and Direct Seeding in Light Soil on Yield of Second Crop Corn for Silage in Western Turkey. Soil and Tillage Research 90(1-2), 250-255.





# Yarı-kurak tepe-eğim (hillslope) bir arazide hidropedolojik değişkenlerin faktör analizi†

Seval Sünal Kavaklıgil<sup>1\*</sup>, Ülkü Yılmaz<sup>1</sup>, Sabit Erşahin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Çankırı Karatekin Üniversitesi Orman Fakültesi, Çankırı

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

## Özet

Toprak özellikleri doğal süreçler, çevresel etmenler ve farklı amenajman uygulamaları sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedir. Toprak değişkenliğinin değerlendirilmesinde çok sayıda yöntem kullanılmakta olup, her yöntemin avantajları ve dezavantajları vardır. Bu çalışma ile Çankırı'da 82 hektarlık yarı kurak bir alanda toprak varyasyonu faktör analizi ile değerlendirilmiştir. Tepe-eğim (hillslope) modelinin her bir pozisyonundan alınan toplam 486 toprak örneği faktör analizi ile tanımlanmıştır. Bu sebeple 27 toprak parametrik ve morfometrik değişkeni kullanılmıştır. Yapılan analiz sonucuna göre Scree analizine dayalı olarak dokuz faktör seçilmiş olup, bu faktörler veri setindeki toplam varyansın %75,4'ünü açıklamıştır. Gözenek ve kök miktar/boyut/şeklinin yüklendiği faktör 1, çalışma alanı verilerinin varyasyonun en büyük yüzdesi (%18.1) olduğunu göstermiştir. Çıkan sonuca göre, çalışma alanında gözenek ve kök özelliklerinin, hidropedolojik özelliklerin varyasyonunu kontrol eden en önemli değişken olduğunu göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Faktör analizi, yarı-kurak tepe-eğim, toprak morfolojik özellikleri, hidropedoloji

## Factor analysis of hydrogeological variables on a semi-arid hillslope

## Abstract

Soils are highly spatially variable due to natural and management factors. Numerous of methods are used in evaluation of soil variability, each method has its advantages and disadvantages. We evaluated soils variation in a 82-ha cultivated semi-arid area in Çankırı by factor analysis. We used 27 soil parametric and morphometric variables, described on 486 sites at different positions of hillslopes with various aspects, with factor analysis. It were selected nine factors based on scree analysis. The nine factors explained 75.4% of total variance in dataset. The factor 1, in which quantity, size, shape of roots and pores were loaded, explained greatest percent of variation (18.1%) in data, and this suggested the pore and root properties were the most important variables controlling variation of hydrogeological properties in the study area.

**Keywords:** Factor analysis, semi-arid hillslope, spatial variation, soil morphologic properties

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Toprak özellikleri doğal süreçler, çevresel etmenler ve farklı amenajman uygulamaları sonucu dikey ve yatay yönde değişmektedir. Toprak özellikleri ve bunların peyzaj üzerindeki dağılımı, uzun zamandır hidrolojik süreçler için kritik olarak kabul edilmektedir. Toprağın hidrolojik süreçler üzerindeki etkisi, toprağın suyu iletme, depolama ve reaksiyona girme yeteneğinden kaynaklanmaktadır (Park ve Burt, 1999). Yarı-kurak bölgelerde infiltrasyon hızı ve hidrolik iletkenlik gibi hidrolojik süreçler zamansal ve mekansal olarak fazla değişkenlik gösterirler. Bu bölgelerde hidrolojik süreçler ve etki mekanizmaları bilindiği takdirde bu süreçlerin modellenmesi ve kontrol edilmesi daha kolay olur (Mayor ve ark., 2009). Hidrolojik süreçleri gözlemlemek ve ölçmek oldukça zor ve maliyetlidir. Bu süreçler doğada dinamik olup, kuvvetli zamansal ve uzaysal değişkenlik göstermektedir (Sivapalan, 2003). Uzaysal ve zamansal değişkenliğin toprak üzerindeki

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0376 212 0519

E-posta : [sevalsunal@karatekin.edu.tr](mailto:sevalsunal@karatekin.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ** (†İlk yazarın doktora tezinden üretilmiştir)

Geliş Tarihi : 17 Ağustos 2021

e-ISSN : 2146-8141

Kabul Tarihi : 03 Kasım 2021

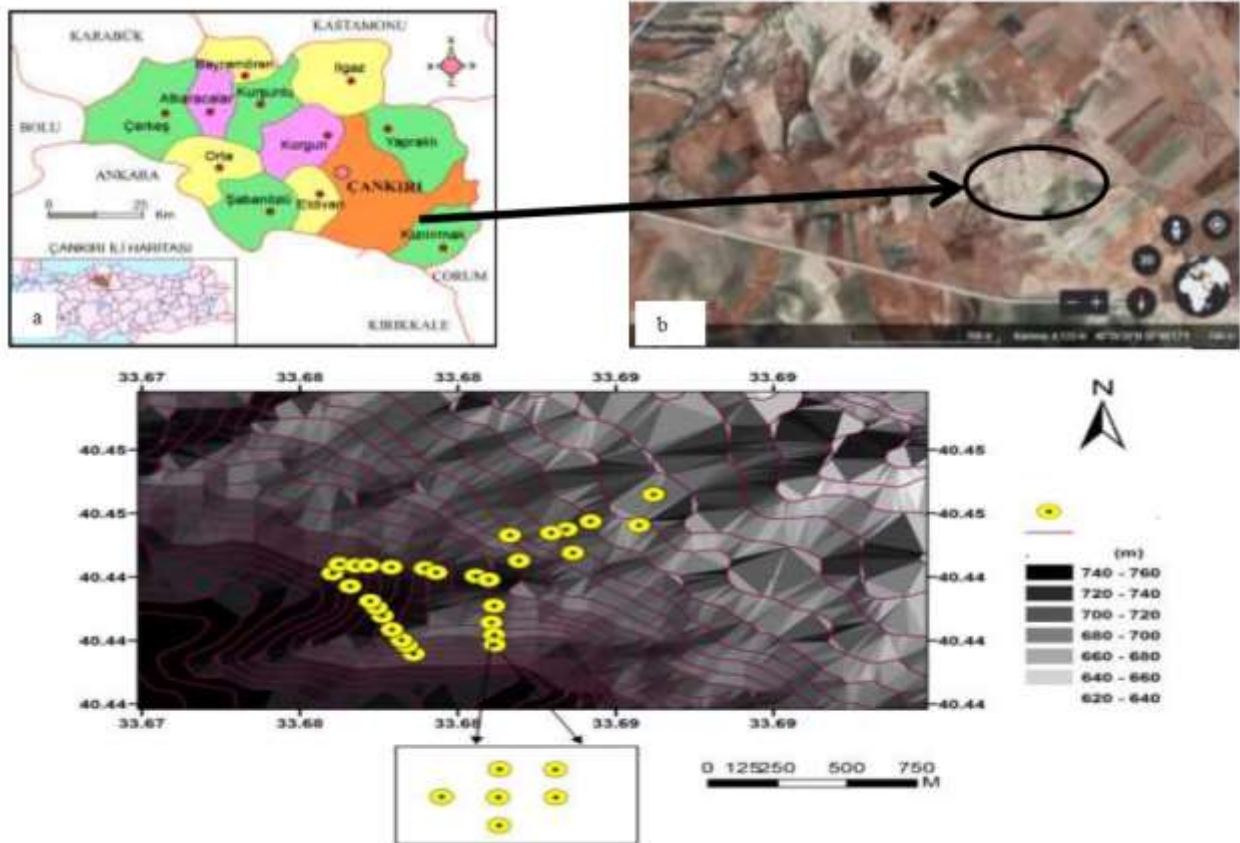
DOI : 10.33409/tbbbd.983787

etkilerinin anlaşılması için uzun vadeli ölçümler gerekir ancak toprak özellikleri hem kısa vadede doğada dinamik değildir hem de uzaysal değişkenliği rastgele değildir (Webster ve Oliver, 2001).

Toprak değişkenliğinin değerlendirilmesinde çok sayıda yöntem kullanılmakta olup, her yöntemin avantajları ve dezavantajları vardır. Faktör analizi birbiriyle ilişkili olan çok sayıdaki değişkeni kullanarak daha az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler haline getirmeye yarayan bir istatistik tekniğidir (Nizam ve ark., 1998; Sağlam, 2013). Bu yöntem ile veri setindeki maksimum bilgi sağlayan değişkenler belirlenerek (McNeal ve ark., 1985), elde edilen bilgiler ışığında toprakların sınıflandırılması ve amenajmanında yaygın olarak kullanılabilir (Donkin ve Fey, 1991; Sánchez-Marañón ve ark., 1996). Toprak özelliklerinin değişkenliğinin belirlendiği birçok çalışmada faktör analizinin kullanıldığı görülmektedir (Erşahin ve Karaman, 2000; McGrath ve ark., 2004; Sağlam, 2013, 2015; Shukla ve ark., 2006). Bu çalışmada tipik yarı-kurak özellik gösteren, jips ve kireç depozitleri üzerinde yer alan arazinin toprak morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri, infiltrasyon ve doymuş hidrolik iletkenlik gibi birbirleriyle etkileşim halindeki özelliklerin çalışma alanındaki etkileşimleri incelenmiştir. Çalışmada birbiriyle ilişkili çok değişkenin olması sebebiyle, bu değişkenleri kullanarak daha az sayıda, anlamlı ve birbirinden bağımsız faktörler elde edebilmek için faktör analizi yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma Çankırı ili Aşağı Pelitözü Köyü'nün 4 km güney doğusunda bulunan tarım arazilerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Çalışma alanı toplam 82 ha'dır. Çalışma alanında yayılış gösteren anakaya jips olup, tabanda kum taşı, silt taşı, üste doğru kil taşı ve marn ara bantları kapsar. Çalışma alanı ve çevresi Türkiye'de özellikle Oligo-Miosen jipsli serileri olarak bilinen formasyonların yaygın olarak bulunduğu sahalardandır (Doğan, 2002). Çalışma alanının nem rejimi 'Xeric', toprak sıcaklık rejimi ise 'Mesic'tir.



Şekil 1. Çalışma alanının konumu, toprak profilleri ve örnekleme noktalarının çalışma alanındaki konumları (a ve b Anonim, 2021).

Çalışma alanı tipik karasal iklim özellikleri göstermektedir (Birgili ve ark., 1975). Çalışma alanına en yakın meteoroloji istasyonu Çankırı merkezdedir. Çankırı Meteoroloji İstasyonundan (731 m) alınan verilere göre; bölgede yıllık ortalama sıcaklık 11.3°C'dir. En yüksek sıcaklık 31.2°C ile Ağustos ayında, en düşük sıcaklık -4.0°C ile Ocak ayında gerçekleşmiştir. Yıllık ortalama yağış miktarı 412.3 mm'dir. Çalışma tepe-eğim

modelinin (hillslope) beş farklı pozisyonunda (zirve eğim, omuz eğim, arka eğim, ayak eğim, parmak eğim) yürütülmüştür. Çalışma alanında her bir tepe-eğim pozisyonu için ölçümler yapılmış ve aynı zamanda bir kepçe ile her pozisyonu temsilen 31 adet toprak profili açılmıştır. Açılan her toprak profilinde horizonlarda derinlik, kalınlık, horizonlar arası sınır, horizonun tekstürü ve strüktürü, rengi, kıvamı, köpürme, kök dağılımı, taşlılık, gözeneklilik, redoximorfik özellikler, eğim sınıfı-derecesi, ana materyal, plastiklik, yapışkanlık, dağılganlık, yüzey özellikleri, toprak çatlakları ve özel görünümle tanımlanarak not edilmiştir. Toprak morfolojik özelliklerinin tanımlanması "Field Book For Describing and Sampling Soils. 2012 version 3. National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service U.S. Department of Agriculture" de belirtildiği şekilde yapılmıştır.

Toprak örneklerinin alındığı bölgeyi temsilen tansiyon infiltrometresi ile infiltrasyon ölçümleri ve horizon esasına göre de Guelph permeametri ile hidrolik iletkenlik ölçümleri yapılmıştır. Bu bağlamda 495 adet hidrolik iletkenlik testi, 155 adet infiltrasyon testi yapılmış olup, toplam 486 adet toprak örneği alınmıştır. İnfiltrasyon hızının belirlenmesinde kullanımı hızla yaygınlaşan tansiyon infiltrometreleri kullanılmıştır. Guelph permeametrinin kullanımı ise detaylı olarak araştırmacılar tarafından tanımlanmıştır (Reynolds ve Elrick, 1985). Çalışma alanının genel özelliklerini belirlemek amacıyla toprak tekstürü (Gee ve Bauder, 1986), agregat stabilitesi (Kemper ve Rosenau, 1986), pH (Hendershot ve ark., 1993), elektriksel iletkenlik (Janzen, 1993), toprak organik maddesi (Nelson ve Sommers, 1982), kireç miktarı (Kacar, 1996), tarla kapasitesi, solma noktası (Cassel ve Nielsen, 1986), hacim ağırlığı (Blake ve Hartge, 1986) ve katyon değişim kapasitesi (Chapman ve Pratt, 1982) analizleri yapılmıştır.

Çalışma alanından horizon esasına göre alınan toprak örneklerinin analiz sonuçları kullanılarak toprak özelliklerinin genel durumunu ve değişimini değerlendirmek için tanımlayıcı istatistikler yapılmıştır. Toprak morfolojik özelliklerini sayısal olarak değerlendirebilmek için kodlama sistemi yapılmıştır (Tablo 1). Her bir toprak morfolojik özelliği için ayrı ayrı numaralar verilerek tanımlayıcı istatistikleri yapılmıştır. Çalışma alanında fazla sayıda değişken olmasından dolayı veri setini basitleştirmek ve toprak değişkenliğinin genel dağılımında etkili olan faktörleri belirleyebilmek için çok değişkenli istatistiksel analiz olan faktör analizi yapılmıştır.

Çizelge 1. Toprak morfolojik özelliklerinin kodlanması

Benekleşme		Yapışkanlık	Kod	Plastiklik	Kod
Miktar/Büyükük	Kod				
Yok	0	Yapışkan değil	1	Plastik değil	1
Az-kaba	1	Az yapışkan	2	Az plastik	2
Yaygın-orta	2	Orta yapışkan	3	Orta plastik	3
Çok-kaba	3	Çok yapışkan	4	Çok plastik	4
Kökler ve Gözenekler					
Sınıf	Kod	Boyut	Kod	Şekil	Kod
Az	1	Çok ince	1	Dendritik	1
Yaygın	2	İnce	2	Düzensiz	2
Çok	3	Orta	3	Tüp şeklinde	3
		Kaba	4	Dağınık	4
		Çok kaba	5		
Konkresyon-Nodül (Konsantrasyon)					
Sınıf	Kod	Boyut	Kod	Şekil	Kod
Yok	0	Yok	0	Silindirik	1
Az	1	İnce	1	Dendritik	2
Yaygın	2	Orta	2	Düzensiz	3
Çok	3	Kaba	3	Yassı	4
		Çok kaba	4	Ağımsı	5
		Fazla kaba	5	Küresel	6
Pedalite					
Tip	Kod	Sınıf	Kod	Boyut	Kod
Granüler	1	Zayıf	1	Çok ince	1
Köşeli blok	2	Orta	2	İnce	2
Yarı-köşeli blok	3	Güçlü	3	Orta	3
Yassı	4			Kaba	4
Tabakalı	5			Çok kaba	5
Prizmatik	6			Çok fazla kaba	6
Kolumnar	7				

## Bulgular ve Tartışma

Çalışma alanına ilişkin toprak özelliklerinin tanımsal istatistikleri Çizelge.1’de verilmiştir. Çalışma alanı toprakları organik maddece fakir (1,73), kireçli (%22,5), tuzsuz (EC: 0,69 dS/m) ve alkalın (pH: 8,28) dir. Toprakların ortalama kil içeriği % 42,1, kum içeriği % 31,1 ve silt içeriği % 26,8’dir (Çizelge 1). Çalışma alanındaki toprak tekstürü genellikle kumlu kildir. Çalışma alanı topraklarının pH’sı 7,45-8,79 arasında değişmektedir. Çalışma alanında  $K_s$  için aritmetik ortalama 2,21 (cm/s), en küçük değer 0,01 (cm/s) ve en büyük değer de 14,19 (cm/s) olarak bulunmuştur. Çalışma alanında ölçülen toprak özelliklerinin değişkenliklerini birbiri ile kıyaslayabilmek için varyasyon katsayılarına bakıldığında, en yüksek EC, agregat stabilitesi ve doymuş hidrolik iletkenliğin ( $K_s$ ) değişkenlik gösterdiği (sırasıyla %94,6, %102,5, %109,5), pH’nın ise düşük düzeyde değişkenlik gösterdiği (%2,41) görülmektedir. pH’nın az değişkenlik göstermesini yapılan diğer çalışmalar da desteklemektedir (Erşahin, 1999a; Mulla ve McBratney, 2000). Bu sonuca göre pH, arazi boyunca daha fazla benzerlik gösterirken, EC’nin ise aşırı farklılık gösterdiği yorumu yapılabilir. Çizelge 1’e göre araştırma alanı topraklarının  $K_s$  ortalaması 0,00071 cm/s çıkmıştır. Bu değer  $K_s$  sınıflandırmasında çok düşük sınıfa girmektedir (Klute ve Dirksen, 1986). Elde edilen sonuçlara göre, en fazla değişkenlik gösteren (VK= 109,5) toprak özelliklerinden bir tanesi de  $K_s$  (doymuş hidrolik iletkenlik)’dir (Çizelge.1). Bu değişkenliğin, çalışma alanındaki yersel topoğrafik farklılıklar ile toprak işleme ve tekstürdeki farklılıkların  $K_s$  üzerinde yaptığı etkiden kaynaklandığı düşünülmektedir.

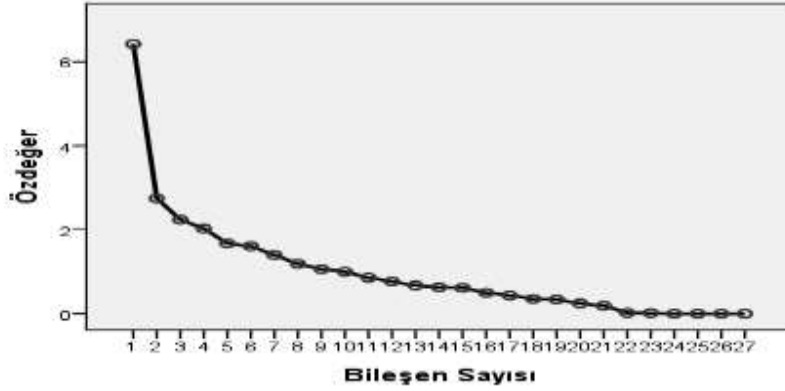
Çizelge 1. Çalışma alanı topraklarının parametrik ve morfolojik özelliklerine ilişkin tanımsal istatistik analiz sonuçları (N:486)

Değişkenler	Örnek sayısı	En Küçük	En Büyük	Ortalama	Standart sapma	Varyans	Çarpıklık	Basıklık	Varyasyon Katsayısı (VK)
TOM (%)	486	0,03	3,67	1,73	0,85	0,73	0,10	-0,83	49,13
Db (g/cm <sup>3</sup> )	486	1,00	1,55	1,27	0,13	0,02	0,11	-1,04	10,20
≠Nem (%)	486	1,39	34,11	14,96	7,41	54,9	0,10	-0,71	49,53
CaCO <sub>3</sub> (%)	486	3,64	68,00	22,53	8,81	77,68	0,98	1,97	39,10
EC (µS/cm)	486	10,00	2180	690,0	652,93	426322,8	1,15	-0,06	<b>94,62</b>
pH	486	7,45	8,79	8,28	0,20	0,04	0,12	0,08	2,41
Kum (%)	486	7,20	67,00	31,13	12,08	146,04	0,76	0,03	38,80
Kil (%)	486	0,80	74,30	42,05	19,03	362,33	-0,51	-0,86	45,25
Silt (%)	486	0,90	73,40	26,86	15,40	237,32	1,08	0,85	57,33
Agregat Stabilitesi (%)	486	0,02	10,99	2,00	2,05	4,22	1,58	2,35	<b>102,5</b>
TK (%)	486	11,75	53,29	32,86	6,65	44,27	0,17	0,20	20,23
SN (%)	486	5,13	33,09	21,50	4,98	24,81	-0,60	0,37	23,16
BYSİ (%)	486	0,28	35,01	11,22	6,29	39,63	0,60	0,22	56,06
$K_s$ (cm/s)	486	0,01	14,19	2,21	2,42	5,90	2,43	6,96	<b>109,50</b>
KDK (meq/100gr)	486	1,13	41,56	24,4	10,03	100	-0,46	-0,93	41,10
Sorptivite (cm/sn <sup>0.5</sup> )	174	0,19	16,40	2,20	2,80	7,87	2,46	6,41	<b>127,00</b>
İnfiltrasyon Hızı (cm/sa)	174	0,10	11,18	3,35	2,81	7,92	0,80	-0,43	<b>83,88</b>
Benekleşme	81	0,00	3,00	0,24	0,68	0,46	2,57	5,27	<b>283,30</b>
Konsantrasyonlar (Konkresyon-nodül)	81	0,00	20,00	5,11	5,90	34,82	0,97	-0,37	<b>115,45</b>
Pedalite	81	1,00	22,00	7,24	5,38	29,03	0,73	0,16	74,30
Kırılgenlik	81	1,00	19,00	7,65	4,64	21,55	0,46	-0,96	60,65
Yapışkanlık	81	1,00	4,00	2,00	0,79	0,62	0,15	-0,97	39,50
Plastiklik	81	1,00	4,00	2,01	0,74	0,56	0,16	-0,70	36,81
Gözenek Sınıfı	81	0,00	3,00	1,06	0,59	0,35	0,33	0,96	55,60
Gözenek Boyutu	81	0,00	5,00	1,37	0,99	0,98	1,15	1,88	72,20
Gözenek Şekli	81	0,00	4,00	1,34	1,05	1,10	1,18	0,79	<b>78,30</b>
Kök Sınıfı	81	0,00	3,00	1,07	0,59	0,35	0,33	0,96	55,10
Kök Boyutu	81	0,00	5,00	1,40	0,99	0,99	1,03	1,63	70,70
Kök Şekli	81	0,00	4,00	1,34	1,05	1,10	1,18	0,79	78,30

TOM: Toprak Organik Maddesi, Db: Hacim Ağırlığı, ≠ Örnekleme Anındaki Su İçeriği, AS: Agregat Stabilitesi, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, BYSİ: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği, Ks: Doymuş Hidrolik İletkenlik, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, İH: İnfiltrasyon Hızı

Çalışmamızda faktör analizi toprak özelliklerinin kendi aralarındaki ilişkileri ortaya koymak için kullanılmıştır. Faktör analizi korelasyon matrisi kullanılarak değişkenler üzerinde faktör yükünün belirlenebilmesi için kullanılmaktadır (Çelenk, 2016). Öz değeri 1’den büyük faktörler veri içerisinde her bir toprak özelliğinden daha fazla toplam değişkenliği açıklar. Öz değeri 1’den küçük faktörler de her bir toprak

özelliğine göre daha düşük toplam değişkenliği ifade eder. Bu sebeple sadece 1'den büyük faktörler dikkate alınır ve toprak özellikleri en yüksek öz değere sahip olan faktörlere atanırlar (Çelenk, 2016). Faktör analizinde çizgi grafiğinde eğimin iyice azaldığı noktanın işaret ettiği sayıda faktör belirlenir. Scree analizine göre 1 ve 1'in üzerindeki öz değerler alındığından grafikten dokuzuncu faktörden itibaren çizgi grafiği eğimini kaybetmeye başladığı için faktör sayısı 9 ile sınırlanabilir (Şekil 2).



Şekil 2. Toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ilişkin faktör analizi çizgi grafiği

Çalışma alanına ait tüm toprak özelliklerinin öz değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Değişkenleri dönüştürmenin amacı, yorumlanması daha kolay anlamlı faktörler elde etmektir. Döndürülmüş bileşenler matrisi faktör analizinin nihai bir sonucudur. Matriste esas değişken ve onun faktörü arasındaki ilişkiler görülmektedir

Çizelge 2. Toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ilişkin dönüştürülmüş bileşenler matrisi

Faktörler	Öz değer	% Varyans	Birikimli % varyans
Faktör 1	4,91	18,19	18,19
Faktör 2	2,90	10,76	28,95
Faktör 3	2,70	10,0	38,95
Faktör 4	2,05	7,61	46,57
Faktör 5	1,66	6,16	52,73
Faktör 6	1,63	6,07	58,80
Faktör 7	1,52	5,65	64,45
Faktör 8	1,52	5,63	70,09
Faktör 9	1,43	5,31	75,40

Faktör analizi sonucuna göre tüm toprak özellikleri arasında solma noktası en yüksek yükü kum ise en düşük yükü alarak atanan toprak özellikleri olmuştur (Çizelge 3). Faktör 1'e morfolojik değişkenler por boyutu, kök boyut, kök şekli, por şekli, kök sınıfı ve por sınıfı yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın %18'ini açıklamıştır. Faktör 1 'kök ve por faktörü' olarak adlandırılmıştır. Kök ve porlar arasında pozitif bir ilişki bulunmaktadır. Tokat Kazova'da 10 toprak indikatörü ile yapılan PCA analizi sonucunda araştırmacılar eigen değeri 1.0'in üzerinde olan 4 temel bileşen olduğunu bulmuşlardır. Yapılan araştırmada bu dört temel bileşen verideki değişkenliğin %67,89'unu açıklamış olup, faktör 1 altında en yüksek ağırlığa sahip olan değişkenler potasyum, agregat stabilitesi, organik karbon ve hacim ağırlığı olmuştur (Acir, 2014). Rize'de yapılan benzer bir çalışmada, araştırmacılar ekstrakte edilebilir Ca, Mg ve pH'nın atandığı Faktör 1'in toplam değişkenliğin % 18,31'ini açıkladığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda araştırmacılar, faktör 1'e atanan ekstrakte edilebilir Ca ve Mg'un pH ile pozitif ilişkili olması nedeniyle faktör, bazik katyonlar adıyla tanımlanmışlardır (Özyazıcı ve ark., 2014).

Faktör 2'ye değişkenler silt, kil ve KDK yüklenmiş olup, Faktör 2 veri setine ilişkin varyansın % 11'ini açıklamıştır (Çizelge 3). Faktör 2 'tekstür faktörü' olarak adlandırılmış ve beklenildiği üzere silt ve kil arasında negatif bir ilişki bulunmuştur. Faktör 3'e yapışkanlık, plastiklik ve hacim ağırlığı yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 10'unu açıklamıştır. Faktör 3 'toprak mekaniği faktörü' olarak adlandırılmıştır. Toprağın hacim ağırlığı, tekstür ve gözeneklilik ile yakından ilgilidir. Killi toprakların tanecik boyutu küçük olduğundan hacim ağırlığı da yüksektir. Hacim ağırlığı arttıkça su tutma kapasitesi ve nem artacağından,

hacim ağırlığı yapışkanlık ve plastiklik ile pozitif ilişkilidir. Bu sebeple faktör 3'ün dolaylı olarak kil miktarı ve kil tipine bağlı olduğu söylenebilir.

Faktör 4'e bitkiye yarayışlı su içeriği ve tarla kapasitesi yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 7.61'ini açıklamıştır (Çizelge 3). Faktör 4 'toprak suyu faktörü' olarak adlandırılmıştır. Benzer bir çalışmada (Sağlam, 2013), araştırmacı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kilin pozitif, makropor ve kum ise negatif ilişkiye sahip olduğunu rapor etmiş olup. birinci faktöre toprakta tutulan su miktarı üzerine olumlu ve olumsuz katkı yapabilen özellikler olması nedeniyle "toprak tekstürü ve suyu" adı vermiştir. Faktör 5'e örnekleme anındaki nem içeriği, konsantrasyonlar ve toprak organik maddesi yüklenmiş olup, veri setine ilişkin varyansın % 6.16'sını açıklamıştır. Faktör 5 'redoksımorfik faktör' olarak adlandırılmıştır. Nem miktarının artması ile kil miktarında bir artış olmaktadır, nitekim çalışmada yapılan tanımlayıcı istatistik analizlerinin sonucu bunu destekler niteliktedir (Çizelge 1). Kil miktarının artması ile toprakta meydana gelen perkolasyon azalır ve burada kil kütanları yani konkresyonlar oluşmaktadır.

**Çizelge 3** Toprak parametrik ve morfolojik özelliklerine ilişkin faktör analizi

Değişkenler	Faktör								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Por Boyut	0,89								
Por Şekli	0,87								
Kök Şekli	0,87								
Kök Boyut	0,86								
Por Sınıf	0,81								
Kök Sınıf	0,81								
Silt (%)		-0,91							
Kil (%)		0,90							
KDK(meq/100gr)		0,88							
Yapışkanlık			0,86						
Plastiklik			0,80						
Db (g/cm <sup>3</sup> )			0,50						
BYSİ (%)				0,88					
TK (%)				0,77					
# Nem (%)					0,77				
Konkresyon-nodül					0,68				
TOM (%)					-0,57				
Benekleşme						0,69			
pH						0,68			
EC (µS/cm)						-0,60			
Pedalite							0,79		
Kırılğanlık							0,56		
Kum (%)							-0,39		
SN (%)								0,94	
CaCO <sub>3</sub> (%)									0,68
Ks (cm/s)									-0,52
AS (%)									0,50
% Varyans	18,19	10,76	10	7,61	6,16	6,07	5,65	5,63	5,31

TOM: Toprak Organik Maddesi, Db: Hacim Ağırlığı, # Örnekleme Anındaki Su İçeriği, AS: Agregat Stabilitesi, TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, BYŞİ: Bitkiye Yarayışlı Su İçeriği, Ks: Doymuş Hidrolik İletkenlik, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, İH: İnfiltrasyon Hızı

Faktör 6'ya benekleşme, EC ve pH yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 6.07'sini açıklamıştır. Faktör 6 'toprak kimyası faktörü' olarak adlandırılmıştır. Benekleşme ve elektriksel iletkenlik arasında negatif bir ilişki vardır. EC'nin düşük olduğu topraklarda K<sub>s</sub> daha yüksektir. Benekleşme suyun hareketi ve kil ile ilişkili bir morfolojik toprak özelliğidir. Nitekim çalışmamızda K<sub>s</sub> ile EC arasında 0.05 önem seviyesinde negatif bir ilişki bulunmuş olup, redoksımorfik özelliklerden olan beneklenmenin (mottles) EC'nin düşük olduğu yerlerde fazla olmasını kanıtlar niteliktedir. EC'nin düşük olduğu sıkışmış katmanlarda su hareketinin bir sonucu olarak beneklenmenin görülmesi sonuçları destekler niteliktedir. Faktör 7'e pedalite, kırılğanlık ve kum yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 6.65'ini açıklamıştır. Faktör 7 'pedalite ve kıvam faktörü' olarak adlandırılmıştır. Kumun artması ile toprağın su tutma kapasitesi azalarak, kıvam limitindeki su miktarı da buna bağlı olarak azaltılmaktadır. Faktör 8'e solma noktası tek başına yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 5.63'ünü açıklamıştır. Faktör 8 'su tutma faktörü' olarak adlandırılmıştır. Faktör 9'a CaCO<sub>3</sub>, K<sub>s</sub> ve % agregat stabilitesi yüklenmiş olup, veri setine ait varyansın % 5.31'ini

açıklamıştır. Faktör 9 'toprak suyu hareketi ve strüktür faktörü' olarak adlandırılmıştır.  $\text{CaCO}_3$  ve Ks arasındaki negatif ilişki beklenen bir durumdur.

## Sonuçlar

Faktör analizi sonuçlarına göre, çalışma alanındaki toprak değişkenliğinin temel olarak kök sınıfı/boyut/şekil, gözenek sınıfı/boyut/şekil ve doku bileşenlerinden kaynaklandığı söylenebilir. Bu, çalışma alanındaki hidropedolojik özelliklerin değişimini kontrol eden en önemli değişkenlerin gözenek ve kök özellikleri olduğunu düşündürmüştür. Hidropedolojiyi daha iyi anlamak için yüzey altında meydana gelen süreçleri ve bu süreçlerin yeterli ve etkili toprak-su yönetimi üzerindeki etkilerini anlamak gerekir. Yüzey altında gerçekleşen süreçler, toprak oluşumu, toprak hidrolojisi ve hidrofiziksel süreçler üzerinde büyük bir kontrole sahiptir. Bu aşamada gerçekleşen iki yönlü geri-besleme mekanizmalarının anlaşılması oldukça önemlidir. Yapılan bu çalışmada geçirimsiz tabaka ile üst toprak ara yüzünde meydana gelen yatay akışın, baskın hidrolojik süreç olduğu düşünülmektedir.

## KAYNAKLAR

- Acir, N., 2014. Kurak ve yarı-kurak bölge topraklarının toprak kalitesinin belirlenmesinde kullanılacak minimum veri setlerinin hazırlanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, Tokat. (Doktora Tezi).
- Anonim a,2021.[http://cografyaharita.com/turkiye\\_mulki\\_idare\\_haritalari.html](http://cografyaharita.com/turkiye_mulki_idare_haritalari.html)
- Anonim b,2021 <https://earth.google.com/web/search>
- Birgili, S, R Yoldas and G Unalan 1975. Çankiri-Çorum havzasının jeolojisi ve petrol olanakları. MTA Raporu.
- Blake, G., Hartge, K., 1986. Bulk density. Methods of soil analysis. Phys. Mineral. methods. Physical and Mineralogical Methods: 377-382.
- Cassel, DK and DR Nielsen 1986. Field capacity and available water capacity. Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods: 901-926.
- Chapman, HD and PF Pratt 1982. Method for the Analysis of Soil. Plant And Water 2nd ed California University Agricultural Division, California: 170.
- Çelenk, Fehmiye Kadioğulları 2016. Toprak özelliklerinde mekânsal değişkenliğin faktör analizi: Erenler örneği (Sakarya). Türk Coğrafya Dergisi.
- Doğan, Uğur 2002. Çankırı doğusunda jips karstlaşmasıyla oluşan sübsidans dolinleri. Gazi Üniversitesi Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi 22.
- Donkin, MJ and MV Fey 1991. Factor analysis of familiar properties of some Natal soils with potential for afforestation. Geoderma 48: 297-304.
- Erşahin, S 1999a. Aluviyal bir tarlada bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin uzaysal (Spatial) değişkenliğinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 13: 34-41.
- Erşahin, S and MR Karaman 2000. Toprak Değişkenliğinin Yere Özgü Amenajman ve Toprak Verimliliği Çalışmaları için Değerlendirilmesinde Faktör Analizinin Kullanılması. Tarım Bilimleri Dergisi 6: 76-81.
- Gee G.W., ve Bauder, J.W. 1986., 1986. Particle-Size Analysis. . 2nd ed. Am. Soc. Agron., Madison, WI: 383-412.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H. ve Duquette, M., 1993. Soil Reaction and Exchangeable Acidity. Can. Soc. Soil Sci. CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- Janzen, H.H., 1993, 1993. Soluble Salts in Soil Sampling and Methods of Analysis. Cart. M.R. Can. Soc. Soil Sci. CRC Pres Inc. Boca Raton, Florida. USA.
- Kacar, B 1996. Toprak analizleri.(soil analysis) AÜ Ziraat Fakültesi Eğitim Arastırma ve Gelistirme Vakfi Publications No: 3. In Toprak analizleri.(soil analysis) AÜ Ziraat Fakültesi Eğitim Arastırma ve Gelistirme Vakfi Publications No: 3: Ankara.
- Kemper, W.D., Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distributions. Methods soil Anal. Part 1 Phys. Mineral. Methods. p 425-42.
- Klute, A., Cassel, D.K., Nielsen, D.R., 1986. Field Capacity and Available Water Capacity. 635-660. <https://doi.org/10.2136/sssabookser5.1.2ed.c36>
- Mayor, Ángeles G, Susana Bautista and Juan Bellot 2009. Factors and interactions controlling infiltration, runoff, and soil loss at the microscale in a patchy Mediterranean semiarid landscape. Earth Surface Processes and Landforms 34: 1702-1711.
- McGrath, David, Chaosheng Zhang and Owen T Carton 2004. Geostatistical analyses and hazard assessment on soil lead in Silvermines area, Ireland. Environmental Pollution 127: 239-248.
- McNeal, James M, RC Severson and LARRY P GouGH 1985. The occurrence of extractable elements in soils from the northern Great Plains. Soil Science Society of America Journal 49: 873-881.

- Mulla, DJ and AB McBratney 2000. Soil spatial variability. p. A321–A352. MK Summer (ed.) Handbook of soil science. In Soil spatial variability. p. A321–A352. MK Summer (ed.) Handbook of soil science: CRC Press, Boca Raton, FL. Soil spatial variability. p. A321–A352. In MK Summer (ed.) Handbook of soil science. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Nizam, A, D Kleinbaum, K Muller and L Kupper 1998. Applied regression analysis and other multivariable methods. Duxbury Pr, Pacific Grove.
- Nelson, D.W., ve Sommers, L.E., 1982. Total Carbon, organic carbon, and Organic Matter. Page, A.L. Methods Soil Anal. Part 2, 2nd ed. Agron. Monogr. 9. ASA. Madison, 539–579.
- Özyazici, M.A., Sağlam, M., Dengiz, O., Erkoçak, A. 2014. Toprak Su Dergisi 3 (1):(12-23).
- Park, SJ and TP Burt 1999. Identification of throughflow using the distribution of secondary iron oxides in soils. Geoderma 93: 61-84.
- Reynolds, Wd and De Elrick 1985. In Situ Measurement Of Field-Saturated Hydraulic Conductivity, Sorptivity, And The [Alpha]-Parameter Using The Guelph Permeameter. Soil Science 140: 292-302.
- Sağlam, Mustafa 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi 2.
- Sağlam, Mustafa 2015. Evaluation of the physicochemical properties of alluvial and colluvial soils formed under ustic moisture regime using multivariate geostatistical techniques. Archives of Agronomy and Soil Science 61: 943-957.
- Sánchez-Marañón, M, R Delgado, J Párraga and G Delgado 1996. Multivariate analysis in the quantitative evaluation of soils for reforestation in the Sierra Nevada (southern Spain). Geoderma 69: 233-248.
- Shukla, MK, R Lal and M Ebinger 2006. Determining soil quality indicators by factor analysis. Soil and tillage research 87: 194-204.
- Sivapalan, Murugesu 2003. Process complexity at hillslope scale, process simplicity at the watershed scale: is there a connection? Hydrological Processes 17: 1037-1041.
- Webster, Richard and Margaret A Oliver 2001. Geostatistics for environmental scientists (Statistics in Practice).





# Şeker fabrikası atığı vinasın (şilempe) inkübasyon süresince toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri

Çağla Ateş<sup>1\*</sup>, Ayten Namlı<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara

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

## Özet

Bu çalışmada, şeker fabrikası atığı vinasın toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri 6 ay süreli inkübasyon denemesiyle ortaya konulmuştur. Dört farklı vinas çeşidi 300 g'lık saksılara 0, 2, 4, 8, 20 L/da dozlarında uygulanmış ve inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyonun 15, 30, 60, 120 ve 180. günlerinde alınan toprak örneklerinde β-glukozidaz enzim aktivitesi, alkali fosfataz enzim aktivitesi, toprak solunumu (CO<sub>2</sub> çıkışı) ve mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) analizleri yapılmıştır. İnkübasyonun 15, 60, 120 ve 180. günlerinde de organik madde, pH ve EC analizi yapılmıştır. Yapılan analizler sonucunda artan vinas dozuna bağlı olarak CO<sub>2</sub> çıkışı artış göstermiştir. Vinas uygulanmış toprakların MBC içerikleri kontrole göre daha fazla olmuştur. Beta glukozidaz enzim aktivitesi inkübasyonun başlarında kontrole göre artış göstermiş ancak ilerleyen dönemlere bağlı olarak kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Bütün vinas çeşitlerinin en yüksek dozu olan 20 L/da uygulamasında, tüm inkübasyon zamanlarında beta glukozidaz aktivitesi diğer dozlara göre önemli derecede azalmıştır (P<0.05). Toprakların EC değerleri, pH'nın aksine inkübasyon zamanına ve vinasın uygulama dozuna bağlı olarak artmıştır (P<0.05). Vinasın toprağa uygulanmasının biyokimyasal özelliklerinde olumlu etki etmesine bağlı olarak, bu endüstriyel atığın güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için uygun bir seçenek olabileceği, ancak uzun vadede toprak tuzluluğunun gelişmesini önlemek için uygulama seviyesinin belirli sınırlar içinde olması gerektiği düşünülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Vinas, sıvı organik gübre, toprak, enzim aktivitesi, mikrobiyal biyokütle karbonu.

## Effects of sugar beet factory disposal of vinasse on some chemical and biochemical properties of soil during incubation period

### Abstract

In this study, the effects of sugar beet factory waste vinasse on some biochemical properties of soil have been evaluated with 6 months incubation experiment. Four different types of vinasse were applied to 300 g pots at 0, 2, 4, 8, 20 L/da doses. On the 15-30-60-120 and 180th days of incubation, β-glucosidase and alkaline phosphatase enzyme activities, soil respiration and microbial biomass were measured in soils. On the 15-60-120 and 180<sup>th</sup> days of incubation organic matter, pH and EC analysis was performed. As a result of the analysis, CO<sub>2</sub> release enhanced with increasing vinasse dose. The microbial biomass carbon (MBC) content of the soils treated with vinas was higher than that of control. Beta glucosidase enzyme activity increased at the beginning of the incubation compared to the control, but there was no significant difference between control and applications depending on sampling time. Beta glucosidase activity decreased significantly at all sampling times in 20 L/da, which is the highest dose of all vinasse (P < 0.05). Contrary to pH, the EC values of the soils increased depending on the incubation time and the application dose of vinasse (P < 0.05). Due to the positive effect of the application of vinasse on the biochemical properties of soil, it is thought that it may be a suitable option for the safe disposal of this industrial waste, but the application level should be within certain limits in order to prevent the development of soil salinity in the long term.

**Keywords:** Vinasse, liquid organic fertilizer, soil, enzyme activity, microbial biomass carbon.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0312 3076233

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 08 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 05 Aralık 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.992996

## Giriş

Etil alkol petrol türevlerinden ve biyolojik ham maddelerden üretilmektedir. Dünyada kozmetik, boya, mürekkep gibi endüstriyel uygulamalarda ve içki sanayinde kullanılan etil alkol aynı zamanda yakıt olarak da kullanılmaktadır. Biyolojik kaynaklardan elde edilen etil alkol, biyoetanol olarak anılmaktadır ve ulaşım sektöründe alternatif enerji kaynağı olarak kullanılmaktadır (Ar, 2014).

Birçok ülkede olduğu gibi ülkemizde de biyoetanol belli oranda benzine eklenerek yakıt olarak kullanılmakta olup, Türk Şeker, Tarkim, Tezkim ve Konya Şeker A.Ş. firmaları yakıt biyoetanolu üretmek için Dağıtım Yetki Belgesi almıştır. Tarkim ve Tezkim mısır ve buğdaydan, Türk Şeker ve Konya Şeker ise şeker pancarı melasından biyoetanol üretimi yapmaktadır (Anonim, 2020). Şeker pancarı vinası etil alkol endüstrisinin son yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Şeker üretim atığı olan melasın alkol üretimi için fermente edilip, destilasyon yolu ile alkolü uzaklaştırıldıktan sonra kalan kısmı vinasıdır. Çizelge 1’de görüleceği üzere ülkemizde etil alkol üretimi gün geçtikçe artmaktadır. Üretilen her 1 L etil alkole karşı yaklaşık 10-15 L vinas oluşmaktadır ve alkol fabrikalarının en büyük sorunu çıkan vinasın değerlendirilmesidir.

Çizelge 1. Türkiye’de yıllara bağlı olarak etil alkol üretimi (TOB, 2021)

Yıllar	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Üretim (Litre)	102.682.033	106.132.097	111.076.773	110.986.010	121.181.496	147.706.852

Vinas, ham maddeden kaynaklanan yüksek organik madde, çözünmüş katı, ağır metaller, fenolikler, şekerler (karbonhidratlar) ile proteinlerin (amino grupları) reaksiyonu sonucu oluşan melanodinler ve asitlerin hidroliziyle meydana gelen bileşikler gibi fitotoksik, antibakteriyel ve zor ayrışan bileşikleri içermektedir. Bu nedenle vinasın çevreye direk deşarjı toprakta ve yeraltı sularında kirliliğe neden olabilmektedir (Wilkie ve ark., 2000, Tejada ve Gonzalez, 2005, Pant ve Adholeya, 2007). İçerdiği yüksek miktardaki renk bileşikleri nedeniyle arıtılmadan su kaynaklarına deşarj edildiğinde nehir ve göllerde güneş ışığı geçirgenliğini azaltarak fotosentetik aktivitenin ve çözünmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına ve sucul yaşam koşullarında tehlikeli durumlara neden olmaktadır. Yüksek organik içeriğe bağlı olarak yeraltı sularında oluşan besin zenginleşmesi ya da ötrofikasyon, ekosistemin yapısında ve işlevinde istenmeyen değişimlere neden olabilmektedir (FitzGibbon ve ark., 1998, Espana-Gamboa ve ark., 2011, Arimi ve ark., 2014).

Tarımda sıvı formda organik gübre ve yaprak gübresi üretimlerinde kullanılan vinas, azot, fosfor ve potasyum ile zenginleştirilmek suretiyle organomineral gübre yapımında da kullanılmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığının, Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmeliğinde, “sıvı organik gübre” olarak tanımlanan vinas, özel sektör tarafından tarımsal üretim amacıyla piyasada satılmaktadır. Şilempe olarak da adlandırılan vinasın kullanımına yönelik farklı doz ve uygulama şekilleri önerilmektedir. Kullanım alanının çok fazla olması ve kullanılan alanın tarımsal üretim olması nedeniyle vinasın toprak ve bitki üzerine etkilerinin bilinmesi önem arz etmektedir. Ülkemizde vinasın toprak özellikleri üzerine etkilerini ortaya koyan çalışma sayısı sınırlıdır. Bu çalışma ile piyasada özel sektör tarafından satılan 2 adet ve kamuya ait 2 adet şeker fabrikasından çıkan vinasın toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkileri 6 aylık inkübasyon denemesiyle belirlenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Çalışmada 4 farklı vinas (Özel Sektör 1, Özel Sektör 2, Kamu 1, Kamu 2) kullanılmıştır. Vinas örneklerinde pH, EC (Elektriksel iletkenlik), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ), biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ), organik madde, organik C, toplam N, organik N, NH<sub>4</sub>-N, NO<sub>3</sub>-N, suda çözünür potasyum (K<sub>2</sub>O), suda çözünür fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), Cl, SO<sub>4</sub>, toplam S, P, K, Na, Mg, Fe, Cu, Zn, Mn, Cd, Ni, Pb, Hg, Cr, humik asit, toplam hidroksiprolin, betain ve toplam fenol analizleri yapılmıştır. İçerik analizleri yapılan vinasların toprağa uygulandığında toprağın bazı kimyasal ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla inkübasyona tabi tutulmuşlardır (Çizelge 2). İnkübasyon denemesi 4 adet vinas, 5 vinas dozu (0, 2, 4, 8, 20 L/da), 5 zaman (15, 30, 60, 120 ve 180. gün) ve 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneği, Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftlik arazisinde bulunan Çiftlik Serisi’nden 0-20 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örnekleri hava kuru olacak şekilde kurutulmuş ve 2 mm’lik eleklerden elenerek tarla kapasitesi, nem, tekstür, pH, EC, toplam N, organik madde, bitkiye yarayışlı P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, bitkiye yarayışlı K<sub>2</sub>O, kireç analizleri yapılmıştır. Hazırlanan toprak örnekleri fırın-kuru bazda 300 g olacak şekilde saksılara tartılmış ve su tutma kapasitesinin %65’i düzeyinde nemlendirilerek ağızları kapatılmış ve hava alması için kapaklara delikler açılmıştır. Toprak örnekleri inkübatörde bir hafta süre ile 28°C’de ön inkübasyona alınmıştır. Bir haftalık ön inkübasyon sonunda oluşturulan saksı denemesi düzenine göre

topraklara piyasada satılan vinaslar için yaygın olarak tavsiye edilen etiket dozlarına uygun olacak şekilde 2, 4, 8 L/da ve vinasın olumlu ya da olumsuz etkisini inkübasyon süresinde daha net ortaya koyabilmek için bir adet yüksek doz (20 L/da) vinas homojen bir şekilde toprakla karıştırılmıştır. Deneme saksılarının nem içerikleri inkübasyon süresince periyodik ölçümlerle su tutma kapasitesinin %60-70'i arasında korunmuştur. İnkübasyonun 15, 30, 60, 120 ve 180. günlerinde örneklemeler yapılarak beta glukozidaz ve alkali fosfataz enzim aktivitesi, toprak solunumu (CO<sub>2</sub> çıkışı) ve mikrobiyal biyokütle karbonu (MBC) analizleri yapılmıştır (Çizelge 2). Biyokimyasal özelliklerin yanında vinasın toprakların organik madde, pH ve EC değerleri üzerinde etkileri de belirlenmiştir.

Çizelge 2. Çalışmada kullanılan vinas örneklerinin özellikleri

Özellikler	Özel Sektör 1	Özel Sektör 2	Kamu 1	Kamu 2	Kaynak
Organik Madde (Kuru maddede, %)	53.10	47.18	47.15	51.46	AOAC (1995)
Toplam Humik+Fulvik asit (%)	32.99	21.10	33.82	35.73	TS 5869 ISO 5073
Toplam Azot (%)	2.10	2.51	2.09	2.20	
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N, %)	0.01	0.08	0.03	0.01	TS EN 15475, 15476, 15478
Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N, %)	0.03	0.33	0.67	0.09	
Organik Azot (Hesaplama) (%)	2.06	2.10	1.39	2.10	
Organik Karbon (Hesaplama) (%)	16.52	15.34	15.87	16.58	
pH (Orijinal, potansiyometrik)	5.55	6.00	5.69	5.50	
EC (Orijinal, dS/m)	7.98	13.64	7.60	8.26	
Toplam Fosfor (%)	0.02	0.04	0.04	0.03	
Toplam Potasyum (%)	4.95	5.66	4.37	3.98	Kacar ve Kütük (2009)
Suda Çözünür Fosfor (%)	0.01	0.01	0.02	0.02	
Suda Çözünür Potasyum (%)	3.98	4.56	4.29	3.71	
Cl <sup>-</sup> (mg/kg)	16390	23680	11830	21750	APHA, SM 4110 (1992)
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (mg/kg)	134.50	223.00	229.50	150.00	
Toplam C (%)	28.00	26.00	26.90	28.10	
Toplam Magnezyum (%)	4.62	30.28	182.50	36.96	
Toplam Sodyum (%)	1.38	1.68	0.94	1.56	
Toplam Bor (mg/kg)	26.54	25.38	23.06	27.48	Isaac ve Johnson (1998)
Toplam Demir (mg/kg)	18.34	22.74	17.14	24.18	
Toplam Bakır (mg/kg)	<0.015	<0.015	<0.015	<0.015	
Toplam Çinko (mg/kg)	17.38	18.72	16.94	20.26	
Toplam Mangan (mg/kg)	6.06	7.48	6.48	7.80	
Toplam Kükürt (%)	0.40	0.32	0.37	0.27	Kacar ve Kütük (2009)
Toplam Nikel (mg/kg)	<0.14	<0.14	<0.14	<0.14	
Toplam Krom (mg/kg)	< 0.8	< 0.8	< 0.8	< 0.8	
Toplam Kurşun (mg/kg)	<0.09	<0.09	<0.09	<0.09	EPA Method 3050 (1996)
Toplam Kadmiyum (mg/kg)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
Toplam Civa (mg/kg)	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
KOİ (g/L)	101.60	73.70	64.50	73.00	APHA, SM 5210 (2011)
BOİ <sub>5</sub> (g/L)	36.84	28.17	23.07	27.27	APHA, SM 5220 (2011)
BOİ/KOİ (Hesaplama)	0.36	0.38	0.35	0.37	
Toplam Fenol (mg GAE/100g)	1317.42	1655.17	1439.27	1442.15	Cemeroğlu (2010)
Toplam Hidroksiprolin (mg/100g)	32.27	38.59	37.89	33.68	TS 6236 ISO 3496 (1997)
Betain (%)	6.84	7.95	2.71	5.34	Rivoira (2017)

Denemede kullanılan vinasların inkübasyon süresi boyunca toprağın kimyasal ve biyokimyasal özelliklerine etkileri bakımından elde edilen gözlemler mstat-c istatistik programı, tekrarlanan ölçümlü varyans analizi (repeated measurement anova) ile değerlendirilmiştir. Tekrarlanan ölçümler zaman faktörünün seviyelerinde gerçekleştirilmiştir. Önemlilik düzeyi F testine göre, ortalamaların farklılık gruplandırması ise Duncan testine göre yapılmıştır. Üzerinde durulan özellikler bakımından incelemeler her bir zamanda ayrı ayrı yapılmıştır. Bu çalışmanın amacı piyasada satılmakta olan özel ve kamuya ait vinas örneklerinin toprağın bazı özellikleri üzerine etkilerini ortaya koymak olduğundan denemeye alınan vinasların birbirine göre üstünlük veya olumsuzlukları kıyaslanmamış ve istatistiksel analizler her bir vinas için ayrı ayrı yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Vinas örneklerinin analiz sonuçları

Çalışmada kullanılan Vinas örneklerinin içerik analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir. Tarım ve Orman Bakanlığı “Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik” çerçevesinde vinas, “sıvı organik gübre” kapsamında değerlendirilmektedir ve yönetmelik kriterlerine göre en az %15 organik madde içermelidir. Çalışmada ele alınan vinas örnekleri organik madde içerikleri açısından değerlendirildiğinde incelenen tüm vinas örneklerinin organik madde içeriğinin %15’in oldukça üzerinde olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Yönetmelikte belirtilen diğer sınır değer zorunluluğu ağır metallerle ilgili olup, buna göre vinasların ağır metal sınır değerleri yönetmelik değerlerinin altında bulunmaktadır. Toplam hidroksiprolin içeriği ilgili yönetmelikte bitkisel ürünlerde maksimum %0.5 olarak belirlenmiş olup, buna göre; çalışmada ele alınan vinasların tamamının toplam hidroksiprolin içeriği sınır değerinin oldukça altındadır.

Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği alıcı ortama deşarj standartlarında içki sanayi - melastan alkol üretimi için KOİ değeri 400 mg L-1 olarak belirlenmiştir. Buna göre çalışmada kullanılan vinaslar ilgili yönetmelik açısından değerlendirildiğinde; incelenen vinasların tamamında KOİ değeri sınır değerinin çok üzerindedir. Ancak vinaslar düşük BOİ/KOİ oranına sahip olup bu da içeriğindeki organiklerin biyolojik olarak parçalanabilir olduğunu göstermektedir. Vinasların azot içerikleri, betain içerikleri ile paralellik göstermiş olup, azotu düşük olan vinasın betain içeriği de düşük bulunmuştur. Vinasların tamamı diğer araştırmalardaki sonuçlara benzer şekilde asit karakterde olup, EC değerleri ise oldukça yüksek bulunmuştur. Dört vinas örneğinin de potasyum içerikleri yüksek bulunmuştur. Vinasların, ilgili yönetmeliğe göre kullanımını kısıtlayan engel bulunmamaktadır.

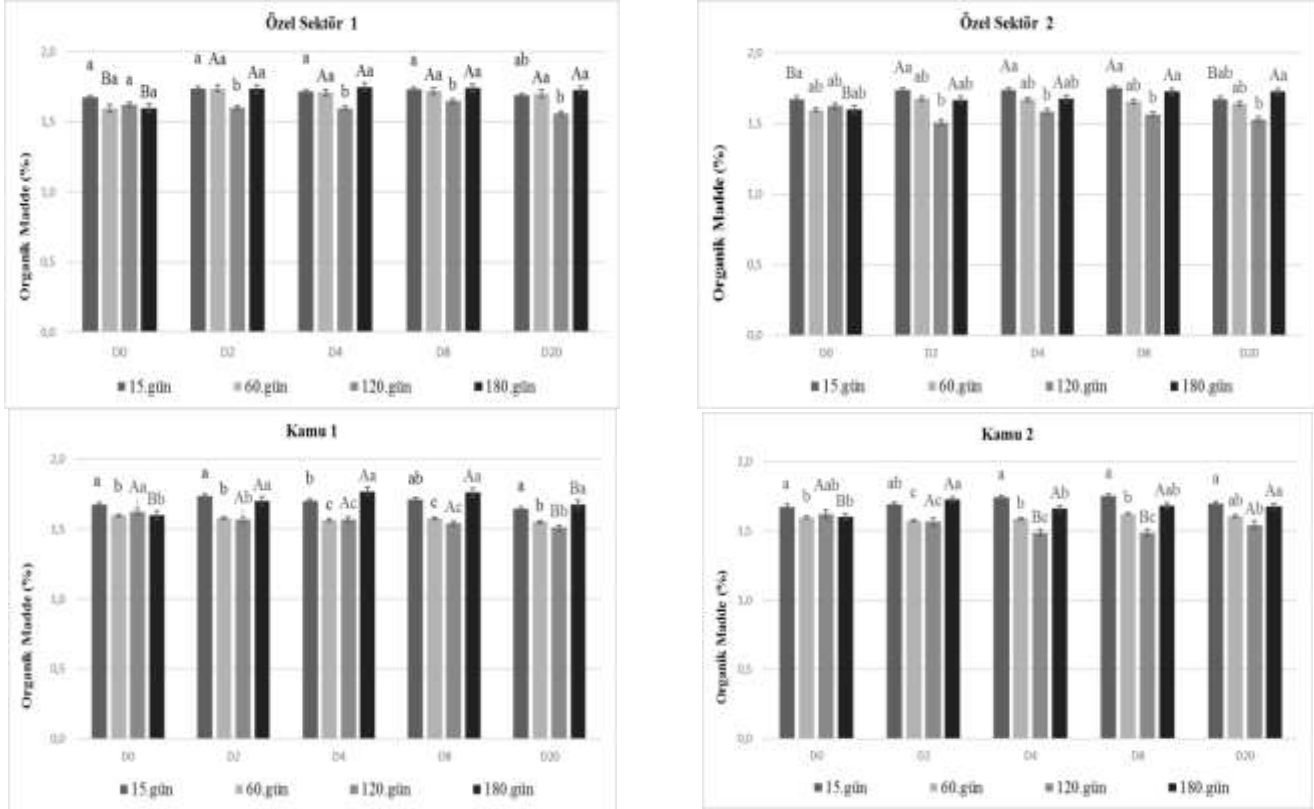
### İnkübasyon denemesi sonuçları

İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin analiz sonuçları Çizelge 3’te verilmiştir. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin bünyesi killi olup, nötr, tuzsuz, fosfor ve potasyum bakımından yeterli, organik madde bakımından fakir, azot içeriği iyi, kireç içeriği yüksek bulunmuştur.

Çizelge 3. İnkübasyon denemesinde kullanılan toprak örneğinin özellikleri

Toprak Özellikleri		Kaynak	
Bünye sınıfı		Killi/C	Bouyoucous (1951)
Hacim Ağırlığı (silindir)	g/cm <sup>3</sup>	1.14	Blake ve Hartge 1986)
pH		7.95	
EC	dS/m	0.31	Jackson (1962)
Kireç	%	23.90	
Organik Madde	%	1.56	Richards (1954)
Toplam N	%	0.12	Bremmer (1965)
Bitkiye yararlı Fosfor	mg/kg	12.07	Olsen ve ark., (1954)
Bitkiye yararlı Potasyum	mg/kg	147.00	Richards (1954)

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen organik madde miktarları Şekil 1’de verilmiştir. İnkübasyon denemesine alınan toprakların organik madde miktarı inkübasyonun son dönemi olan 180. günde başlangıca göre artış göstermiştir. İnkübasyonun 180. gününde Kamu 1 vinas uygulamasının 4 ve 8 L/da dozları ile Özel Sektör 1 vinas uygulamasının 20 L/da uygulaması organik madde miktarını başlangıca göre artırmıştır ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ).

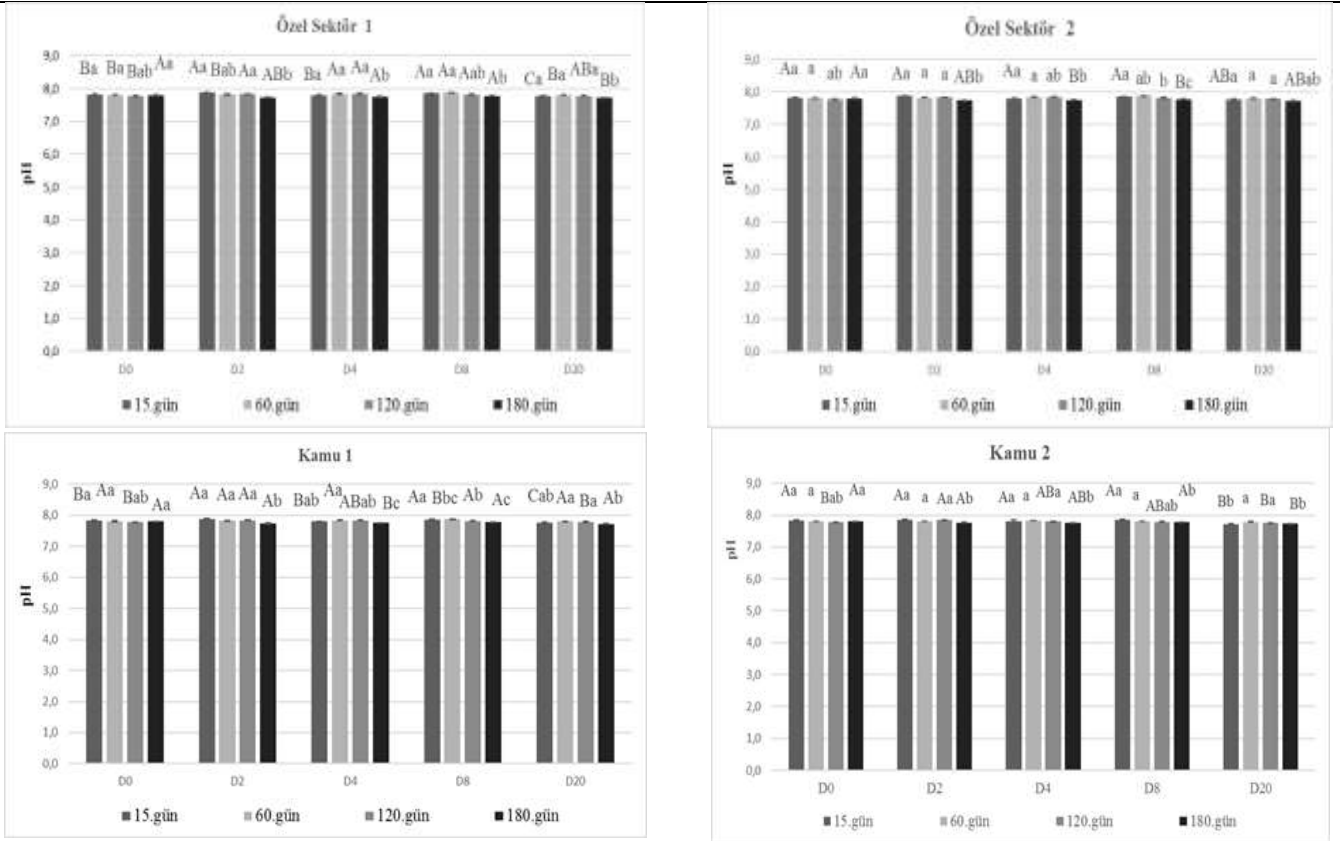


Şekil 1. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların organik madde miktarları üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında  $P<0.05$  düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

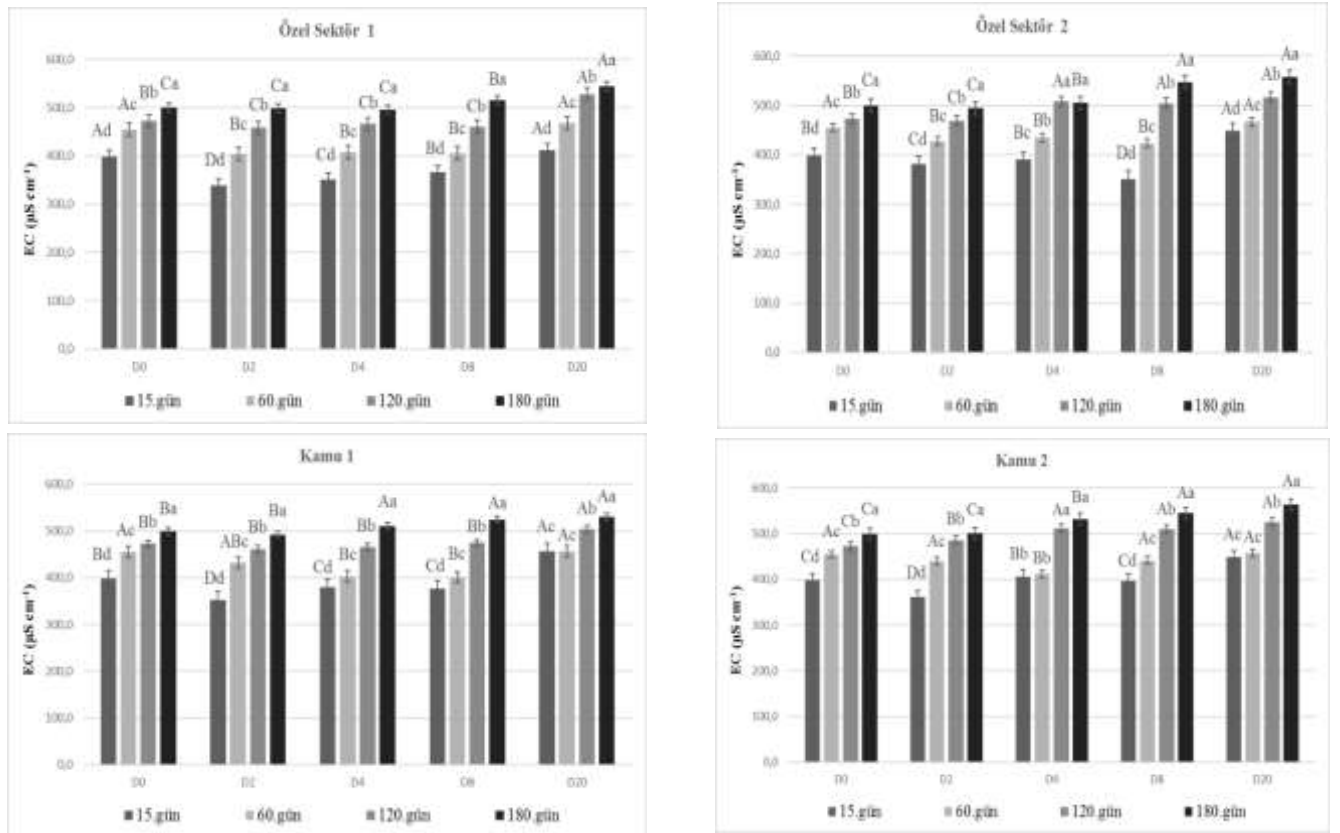
İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen pH ve EC değerleri sırasıyla Şekil 2 ve Şekil 3’te verilmiştir. İnkübasyon süresi ve doza bağlı olarak toprakların pH’larında meydana gelen azalış istatistiksel olarak önemli ( $P<0.05$ ) bulunmuştur. pH üzerindeki bu etki organik asit ve hidrojen iyonlarının oluşumuyla açıklanmaktadır. Dekompozisyon sürecinin organik asit ve  $CO_2$  salımını hızlandırarak toprak pH’sını düşürmüş olabileceği düşünülmektedir (Arafat ve Yassen, 2002).

Toprakların EC değerleri, pH’nın aksine inkübasyon zamanına ve vinasın uygulama dozuna bağlı olarak artmıştır ( $P<0.05$ ). Zamana bağlı olarak kontrol dahil toprakların EC değerlerinde meydana gelen artışın bir kısmının inkübasyon süresince saksılara verilen sudan kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Her ne kadar kontrol topraklarının EC değerleri de zamana bağlı olarak artmış olsa da, artan vinas dozuna bağlı olarak EC’de meydana gelen artışın kontrole göre fazla olması, vinasın EC’nin artışında etkili olduğunu göstermektedir. Richards (1954)’e göre, EC değeri  $>4000 \mu S cm^{-1}$  ( $>4 dS/m$ ) ise tuzlu sınıfına girmektedir. Buna göre inkübasyon denemesi topraklarının tuzluluk problemi bulunmamaktadır.

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen alkali fosfataz enzim aktivite değerleri Şekil 4’de verilmiştir. Hücre dışı fosfataz enzim aktivitesi, organik fosfor (P) bileşiklerinin hidroliziyle topraktaki P döngüsünde işlev görmektedir ve P içeren uygulamalardan etkilenmesi beklenmektedir (Alotaibi ve Schoenau, 2011). Fosfataz enzim aktivitesi toprakta bitkinin yararlanamayacağı formdaki organik fosforun bitkinin yararlanabileceği form olan inorganik fosfora dönüşmesinde görev alan enzimdir. Organik P, toprakta bulunan humusun ve diğer organik maddelerin bileşiminde bulunan fosfordur.

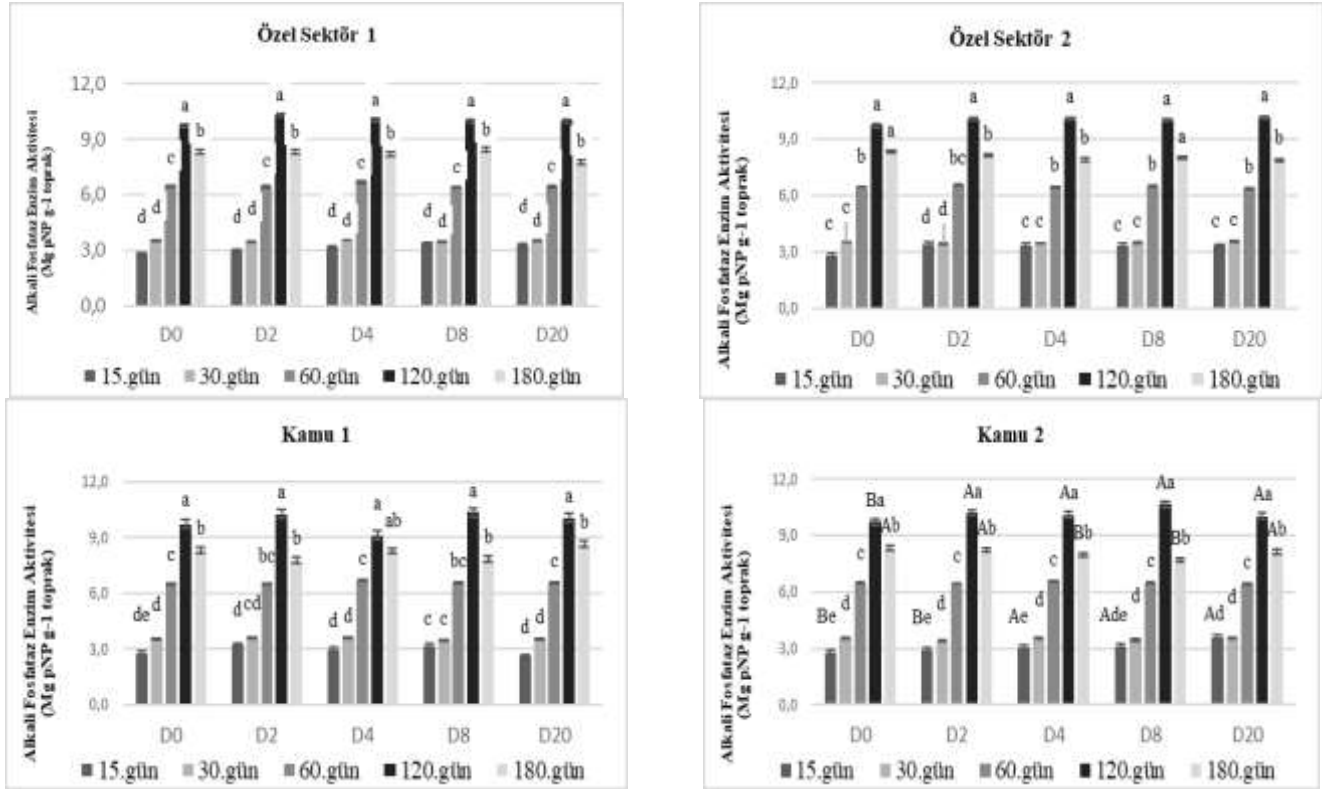


Şekil 2. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların pH değerleri üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).



Şekil 3. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların EC değerleri üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

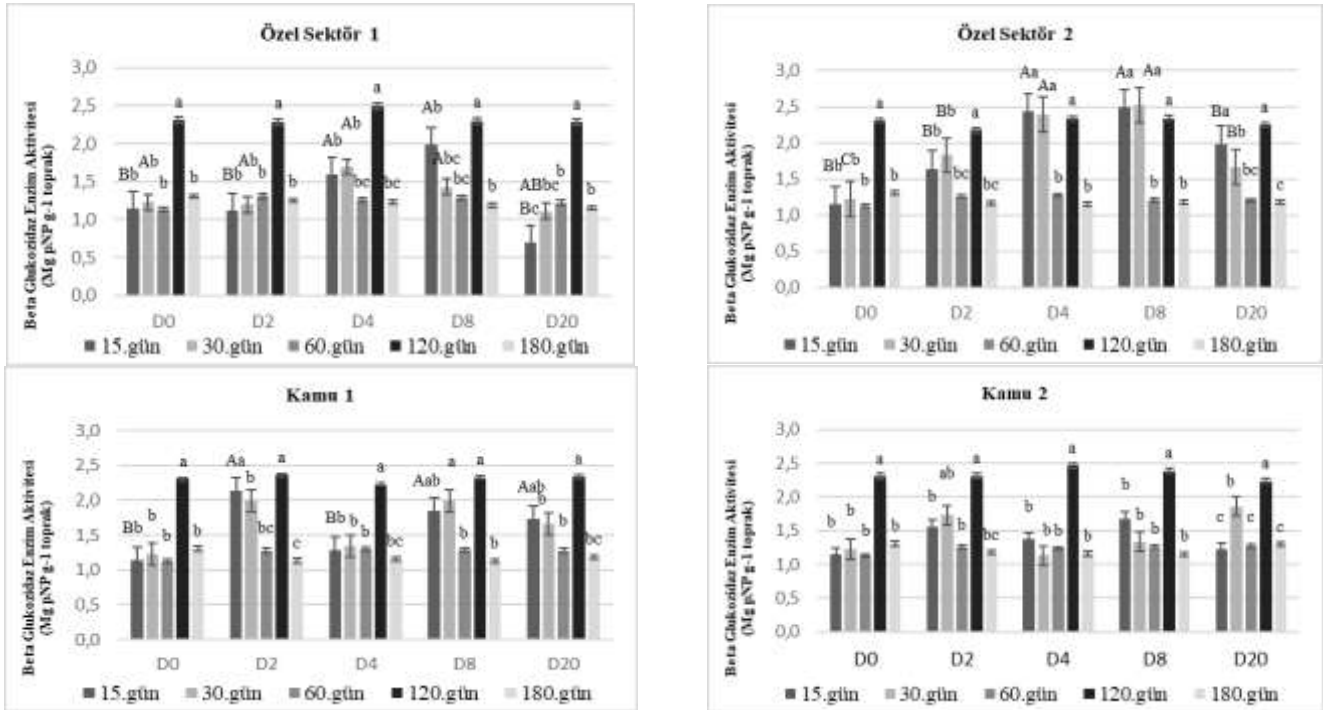
İnkübasyon denemesinde alkali fosfataz enzim aktivitesi, Özel Sektör 1, Özel Sektör 2 ve Kamu 1 vinas uygulamalarında tüm inkübasyon dönemlerinde artan doza bağlı olarak artış göstermiş ancak bu artış istatistiksel olarak anlamlı olmamıştır. Kamu 2 vinas uygulamasında ise inkübasyonun 120. gününde vinas uygulama dozlarının tamamında kontrole göre alkali fosfataz enzim aktivitesinde belirlenen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P<0.05$ ). Kamu 2 vinasının 8 L/da uygulandığı toprakların 120. gününde en yüksek alkali fosfataz aktivitesi belirlenmiştir. Uygulama dozları arasındaki farklılık incelendiğinde, alkali fosfataz enzim aktivitesi tüm dozlarda inkübasyon süresindeki artışa bağlı olarak 120. güne kadar yükselmiş, takip eden süreçte ise azalmıştır ( $P<0.05$ ). Yüksek fosfataz aktivitesi organik fosfor varlığını ve toprak mikroorganizmaları için alınabilir fosfor eksikliğini yansıtmaktadır, alkali fosfatazdaki artış nispeten yüksek miktarda mevcut çözünür fosfor konsantrasyonundan kaynaklanmaktadır (Bol ve ark., 2003). Benzer şekilde, farklı kompostların uygulandığı toprakta fosfataz aktivitesinin anlamlı derecede yüksek olduğu bulunmuştur (Ros ve ark., 2006).



Şekil 4. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların alkali fosfataz enzim aktivitesine etkileri (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında  $P<0.05$  düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

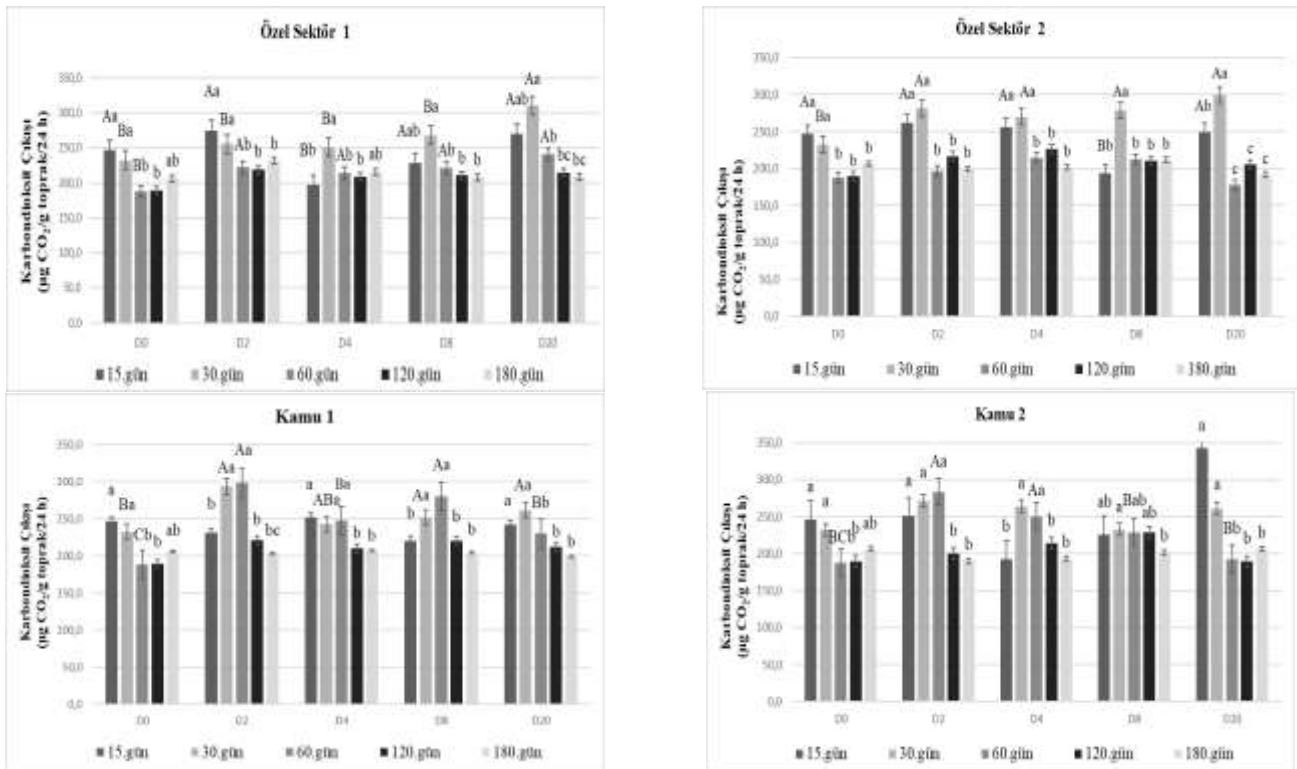
İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda 4 farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen beta glukozidaz enzim aktivite miktarları Şekil 5'de verilmiştir. Glukozidazlar, topraktaki beta glikozidlerin hidrolizini katalize eden, bitki kalıntılarının parçalanmasına katılan ve doğada yaygın bir şekilde dağılım gösteren enzimlerdir. Bu enzimin hidroliz ürünleri toprak organizmalarının önemli enerji kaynaklarıdır (Eivazi ve Zakaria,1993). Beta glukozidaz aktivitesi, organik maddenin ve buradaki süreçlerin durumunu yansıtmaktadır (Garcia ve Hernandez, 1996). Beta glukozidaz enzim aktivitesi, denemeye alınan vinas çeşitlerinin tamamında ve tüm dozlarda 120. günde en yüksek değerine ulaşmış, inkübasyon süresinin uzamasına bağlı olarak azalmıştır ( $P<0.05$ ). Uygulama dozları arasındaki farklılık incelendiğinde, inkübasyonun 1. ve 2. aylarında beta glukozidaz enzim aktivitesi Özel Sektör 1 ve Özel Sektör 2 vinasının 4 L/da ve 8 L/da uygulama dozunda en yüksek değere ulaşmış, daha sonra azalış göstermiştir ( $P<0.05$ ). Kamu 1 ve Kamu 2 vinas uygulamalarında artan doz uygulamaları arasındaki fark (Kamu 1, 15. gün hariç) istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ( $P<0.05$ ). Topraklara artan dozlarda vinas uygulaması toprağın beta glukozidaz enzim aktivitesini inkübasyonun başlarında olumlu yönde etkilemiş, ancak inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli olmamıştır. Piyasa uygulamasının üzerinde olan 20 L/da uygulama dozunda ise tüm zamanlarda ve bütün vinas çeşitlerinde beta glukozidaz aktivitesi diğer dozlara göre daha düşük bulunmuştur. Vinas uygulaması ile toprakların beta glukozidaz

enzim aktivitesi zamana bağlı azalma göstermiştir. Karbon döngüsünde görev alan beta glikozidaz enzim aktivitesinin organik maddeyi substrat olarak kullandığı ve organik maddenin zamanla mineralizasyona uğramasıyla enzim aktivitesinin zamana bağlı azalış gösterdiği düşünülmektedir (Şekil 5).



Şekil 5. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların beta glukozidaz enzim aktivitesine etkileri (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda 4 farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen karbondioksit çıkışı Şekil 6'da verilmiştir. Toprakların CO<sub>2</sub> çıkışı tüm vinas uygulamalarında ve tüm vinas dozlarında inkübasyonun ilerleyen zamanlarında azalmıştır.

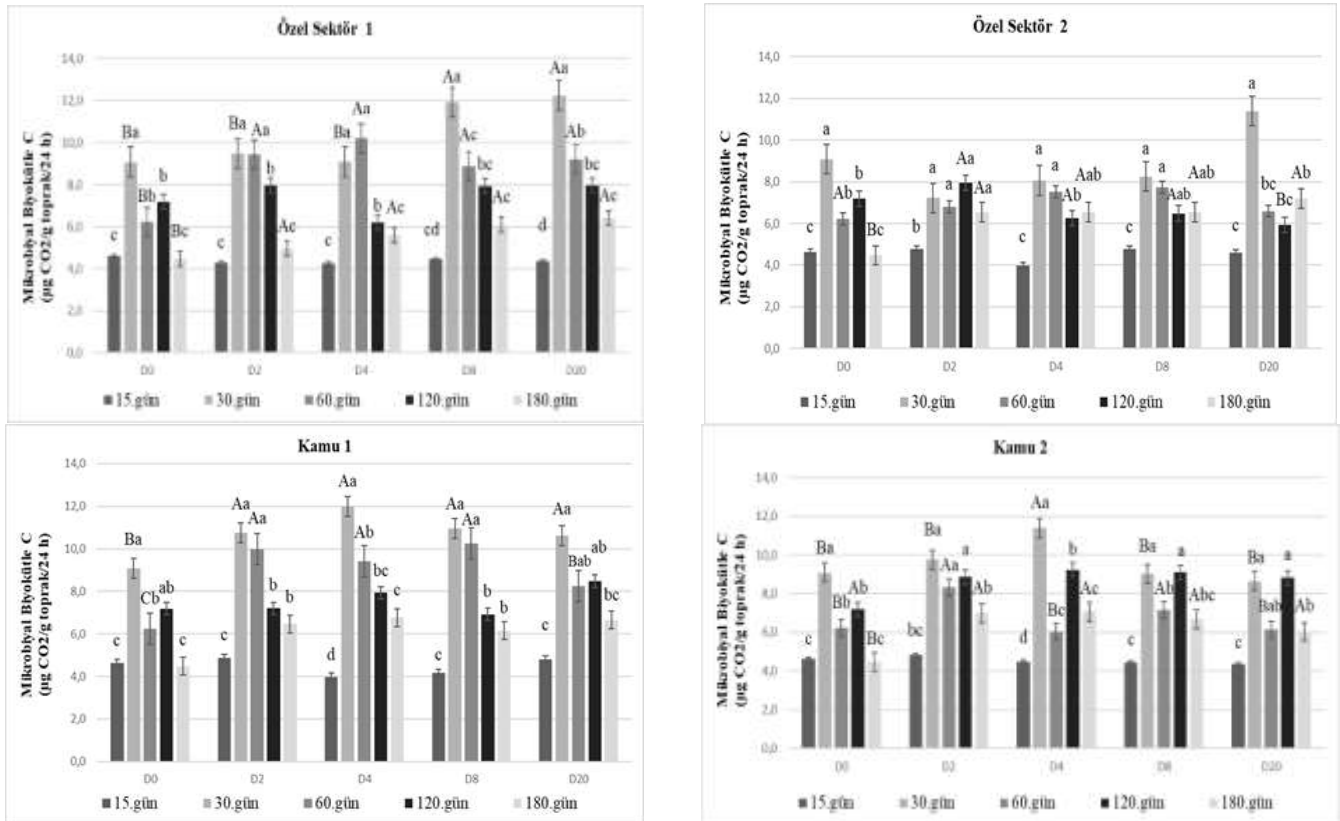


Şekil 6. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların karbondioksit çıkışı üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).



Zamana bağlı olarak CO<sub>2</sub> çıkış miktarlarındaki düşüş P<0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. İnkübasyonun 180. gününde CO<sub>2</sub> çıkışı Kamu 1, Kamu 2 ve Özel Sektör 2 vinas uygulamalarının tüm dozlarında kontrol uygulamasının altına düşmüştür. Genel olarak (özellikle Özel Sektör 1 ve Kamu 1) inkübasyonun 60. gününe kadar artan doza bağlı olarak CO<sub>2</sub> çıkışındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuş (P<0.05), 120. günden sonra ise dozlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Özetle artan doza bağlı olarak CO<sub>2</sub> çıkışı artış göstermiş, inkübasyon süresine bağlı olarak ise azalmış ve 180. gününde başlangıç zamanının altında CO<sub>2</sub> çıkışı belirlenmiştir. Toprakta meydana gelen ani CO<sub>2</sub> çıkışındaki artış genellikle kolaylıkla alınabilir organik substratların veya inorganik azotlu gübrelerin toprağa ilavesinden sonra meydana gelmektedir. Bu olgu, toprak organik maddesinin mineralizasyonundaki hızlanma sonucunda mikrobiyal aktivitedeki artış nedeniyle ateşleme etkisi olarak adlandırılmaktadır (Kuzuyakov ve ark., 2000).

İnkübasyon süresi boyunca farklı dozlarda dört farklı vinas ilave edilmiş toprak örneklerinde belirlenen MBC değerleri Şekil 7’de verilmiştir. Toprak mikrobiyal biyokütlesi organik maddenin çok küçük bir kısmını oluşturmasına rağmen organik maddeye göre çok daha dinamikdir. Dolayısıyla, mikrobiyal biyokütlenin ölçülmesi toprak yönetim sistemlerinin toprak organik maddesinin potansiyel değişimi üzerine etkilerini gösterebilmektedir. Mikrobiyal hücrelerden salınan besin elementleri bitki artıklarının parçalanmasından salınana göre 5 kat daha fazladır (Paul ve Clark, 1996). Ayrıca yüksek dinamik özelliğinden dolayı mikrobiyal biyokütle topraktaki değişimlere çok hızlı tepki verirken, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tepkisi nispeten daha yavaş olmaktadır (Balota ve ark., 2003; Babujia ve ark., 2010). İnkübasyon denemesi topraklarının MBC değerleri, inkübasyonun 30. gününde bütün uygulama dozlarında en yüksek değeri göstermiş, inkübasyon süresinin uzamasıyla bütün vinas dozlarında düşüş göstermiştir (P<0.05). Buna karşın inkübasyon sonunda bütün doz uygulamalarında MBC değerleri başlangıç değerinin üzerinde bulunurken kontrol uygulamasında başlangıç değerinin altına düşmüştür (P<0.05). Vinasların uygulama dozlarının MBC üzerine etkisine bakıldığında, genel olarak vinas uygulanmış toprakların biyokütle karbon içerikleri, kontrol toprağına göre daha fazla olmuştur.



Şekil 7. İnkübasyon denemesi uygulamalarının toprakların mikrobiyal biyokütle üzerine etkisi (Büyük harf uygulama dozları arası karşılaştırma; küçük harf zamanlar arası karşılaştırma, Aralarında P<0.05 düzeyinde ilişki olmayanlar harflendirilmemiştir).

Deneme topraklarında vinasın uygulandığı topraklarda gözlenen mikrobiyal biyokütle C içeriğindeki artış, kısmen kolaylıkla ayrışabilen besin içeren substratların girişine bağlanabilir. Burada etken olanın vinas dozu olduğu, her vinas çeşidinin etkili olduğu dozun birbirinden farklı olduğu düşünülmektedir. Alotaibi ve Schoenau (2018) etil alkol sanayi yan ürünü vinasın enzim aktivitesi, mikrobiyal biyokütle gibi toprak biyolojik özellikleri üzerine bildirilen etkilerinin literatürdeki tutarsızlığını belirtmiş ve bu durumun muhtemelen, çalışılan topraklar arasındaki toprak koşullarındaki farklılıklara ek olarak, kullanılan vinasın kimyasal bileşimindeki farklılıklar ve uygulama ile ölçüm arasında geçen zaman periyoduyla da ilgili olabileceğini ifade etmiştir. Tejada ve ark., (2007), dört yıl art arda yapılan uygulamalardan sonra şeker pancarı vinasının mikrobiyal biyokütle, solunuma ve enzimatik aktivitelere engel olarak toprağın biyokimyasal özellikleri üzerinde olumsuz etkiye sahip olduğunu bildirirken, Hati ve ark., (2007) 3 yıllık tarla denemesi sonunda vinas uygulanan topraklarda mikrobiyal biyokütle karbon değerinin arttığını bildirmiştir. Oruç ve Gök (1990)'ün yürüttüğü çalışmada da, Eskişehir Şeker Fabrikası atığı vinasın bilinçsizce atıldığı katı atık sahasından taşkın yaptığı tarım topraklarında altı değişik noktada farklı iki derinlikte alınan örneklerde CO<sub>2</sub> üretimi ile dehidrogenaz enzim aktivitesinde kontrol topraklarına kıyasla önemli ölçüde artış gözlemlendiği belirtilmiştir.

## Sonuç

Bu çalışmada kullanılan vinaslar, Tarım ve Orman Bakanlığı "Tarımda Kullanılan Organik, Mineral ve Mikrobiyal Kaynaklı Gübrelere Dair Yönetmelik" çerçevesinde değerlendirildiğinde; organik madde, ağır metaller ve hidrokspirolin içerikleri bakımından vinasların ilgili yönetmeliğe göre kullanımını kısıtlayan engel bulunmamaktadır. Yönetmelik kriterlerinde yer almayan bazı kimyasal özellikler bakımından vinaslar değerlendirildiğinde ise, tamamının potasyum içeriği yüksektir. Azot içerikleri ise betain içerikleri ile paralellik göstermiş olup, azotu düşük olan vinasın betain içeriği de düşük bulunmuştur. Vinasların pH'sı asidik olup, EC değeri yüksektir.

Farklı organik girdilerin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerinin ortaya konulmasında mikrobiyal biyokütle, karbondioksit çıkışı ve enzim aktiviteleri sıklıkla başvurulan parametrelerdir (Singh ve ark 1989; Joergensen ve ark., 1994; Nannipieri, 1994). Bu çalışmada, dört farklı vinas uygulanmış toprakta Alkali fosfataz ve Beta glukozidaz enzim aktiviteleri tüm dozlarda inkübasyonun başlarında olumlu yönde etkilenmiş ancak, inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde kontrol ile uygulamalar arasındaki fark önemli olmamıştır. Etiketle önerilen dozların çok üzerinde olan 20 L/da uygulama dozunda tüm zamanlarda ve bütün vinas çeşitlerinde diğer dozlara nazaran enzim aktiviteleri olumsuz etkilenmiştir. Benzer şekilde artan vinas dozuna bağlı olarak topraklarda CO<sub>2</sub> çıkışı ve mikrobiyal biyokütle karbon içerikleri, kontrol toprağına göre daha fazla olmuştur. Denemede vinasın uygulandığı topraklarda gözlenen mikrobiyal biyokütle C'ü ve CO<sub>2</sub> çıkışındaki artış, genellikle kısmen kolaylıkla ayrışabilen besin içeren substratların girişine bağlanmıştır. Yüksek doz (20 L/da) hariç vinas uygulamaları toprağın biyokimyasal özellikleri üzerinde olumlu etki yaparken, özellikle yüksek dozlarda vinas uygulamasıyla toprakta belirlenen tuz konsantrasyonundaki artışın, vinasın uzun vadede planlama olmadan rastgele uygulanmasının toprak tuzluluğu problemleri yaratabileceğini göstermektedir. Vinasın toprağına uygulanmasının biyokimyasal özelliklerinde olumlu etki etmesine bağlı olarak, bu endüstriyel atığın güvenli bir şekilde bertaraf edilmesi için uygun bir seçenek olabileceği, ancak uzun vadede toprak tuzluluğunun gelişmesini önlemek için uygulama seviyesinin belirli sınırlar içinde olması gerektiği göz önünde bulundurulmalıdır.

## KAYNAKLAR

- Alotaibi KD, Schoenau JJ, 2011. Enzymatic activity and microbial biomass in soil amended with biofuelproduction byproducts. *Applied Soil Ecology*, 48: 227-235.
- Alotaibi KD, Schoenau JJ, 2018. The effect of thin stillage on the chemical and biological properties of a Chernozem in Western Canada. *Geoderma Regional*, 12: 65-71.
- Anonim 2020. Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Sektör Raporu. [https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2020\\_Sektor\\_Raporu.pdf](https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2020_Sektor_Raporu.pdf) (Alıntı tarihi: 07.06.2021)
- AOAC, 1995. Official Methods of Analysis. Association of Official Analytical Chemists. USA.
- APHA, 1992. Standard Methods. SM 4110-Determination of Anions by Ion Chromatography. American Public Health Association.
- APHA, 2011. Standard Methods. SM 5210B-Biochemical Oxygen Demand (BOD). American Public Health Association.
- APHA, 2011. Standard Methods. SM 5220 B-Chemical Oxygen Demand (COD). American Public Health Association.
- Ar F, 2014. Biyoetanol kullanım zorunluluğunun Türk Ekonomisine Yaratacağı Etkiler. Pankobirlik / Dünya Enerji Konseyi Türk Milli Komitesi, Ankara.

- Arafat, S. ve Yassen, A.E. 2002. Agronomic evaluation of fertilizing efficiency of vinasse, 17th World Congress of Soil Science (WCSS), 14-21 August, Paper No:1991, Bangkok, Thailand.
- Arimi MM, Zhang Y, Götz G, Kiriamiti K, Geiben SU, 2014. Antimicrobial Colorants in Molasses Distillery Wastewater and Their Removal Technologies. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 87: 34-43.
- Babuja 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 Biology and Biochemistry*, 42: 2174-2181.
- Balota EL, Colozzi-Filho A, Andrad DS, Dick RP, 2003. Microbial biomass in soils under different tillage and crop rotation systems. *Biology and Fertility of Soils*, 38: 15-20.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. Bulk Density and Particle Density. In *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA Agronomy Monograph (2nd ed) no 9, 363-381, Madison.
- Bol R, Kandeler E, Amelung W, Glaser B, Marx MC, Preedy N, Lorenz K, 2003. Short-term effects of dairy slurry amendment on carbon sequestration and enzyme activities in a temperate grassland. *Soil Biol. Biochem.* 35: 1411-1421.
- Bouyoucos GOA, 1951. Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-38.
- Bremner JM, 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.
- Cemeroğlu B, 2010. Gıda Analizleri, Gıda Teknolojileri Derneği Yayınları, No: 34, 657, Ankara.
- Eivazi F, Zakaria A, 1993.  $\beta$ -Glucosidase in Soil Amended with Sewage Sludge. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 43 (2):155-161.
- EPA, 1996. EPA Method 3050B- Acid Digestion of Sediments, Sludges, and Soils. Environmental Protection Agency. USA.
- Espana-Gamboa E, Mijangos-Cortes J, Barahona-Perez L, Dominguez-Maldonado J, Hernández-Zarate G, Alzate-Gaviria L, 2011. Vinasse: characterization and treatments. *Waste Manage*, 29: 1235-1250.
- FitzGibbon F, Singh D, McMullan G, Marchant R, 1998. The effect of phenolics acids and molasses spent wash concentration on distillery wastewater remediation by fungi. *Process Biochem.* 33: 799-803.
- Garcia C, Hernandez T. 1996. Effect of Bromecil and Sewage Sludge Addition on Soil Enzymatic Activity. *Soil Sci. and Plant Nutrition*. 42 (1): 191- 195.
- Hati K, Biswas A, Bandyopadhyay K, Misra A, 2007. Soil properties and crop yield on a vertisol in India with application of distillery effluent. *Soil Tillage Res.*, 92: 60-68.
- Isaac RA, Johnson WC Jr, 1998. Elemental Determination by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry. P.165-170. In: Y.P. Kalra (eds), *Handbook of Reference Methods for Plant Analysis*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA
- Jackson ML, 1962. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall Inc. Englewood. Cliffs, N.J
- Joergensen RG, Meyer B, Mueller T, 1994. Time Course of The Soil Microbial Biomass Under Wheat. A One Year Field Study. *Soil Biol. Biochem.* 26: 987-994.
- Kacar B, Kütük C, 2009. Gübre Analizleri. Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayınları, 382, Ankara.
- Kuzyakov Y, Friedel JK, Stahr K, 2000. Review of mechanisms and quantification of priming effects. *Soil Biol. Biochem.* 32: 1485-1498.
- Nannipieri P, 1994. The potential use of soil enzymes as indicators of productivity, sustainability and pollution. In: Pankhurst CE, Double BM, Gupta VVSR, Grace PR (eds) *Soil biota: management in sustainable farming systems*. CSIRO, Adelaide, pp 238-244
- Olsen S, Cole C, Watanabe F, Dean L, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circular Nr 939, US Gov. Print. Office, Washington, D.C.
- Oruc N., Gök, M. 1990. Eskişehir Şeker-Alkol Fabrikası Sıvı Atığı Şlempenin Tarım Topraklarında Yarattığı Kirlilik, Çevre Biyolojisi Sempozyumu, Hacettepe Üni. 17-19 Ekim 1990.
- Pant D, Adholeya A, 2007. Biological approaches for treatment of distillery wastewater: A review. *Bioresource Technology*, 98: 2321-2334.
- Paul EA, Clark FE, 1996. *Soil Microbiology and Biochemistry*. 2nd Edition, Academic Press, London.
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.
- Rivoira, L., Studzińska, S., Młyńska M.S., Bruzzoniti, M.C., Buszewski, B. 2017. New approaches for extraction and determination of betaine from *Beta vulgaris* samples by hydrophilic interaction liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem*, 409, 5133-5141.
- Ros M, Pascua JA, Garcia C, Hernandez MT, Insam H, 2006. Hydrolase activities, microbial biomass and bacterial community in a soil after long-term amendment with different composts. *Soil Biol. Biochem.*, 38: 3443-3452.
- Singh JS, Raghubanshi AS, Singh RS, Srivastava SC, 1989. Microbial biomass acts as a source of plant nutrients in dry tropical forest and savanna. *Nature*, 338: 499-500.
- Tejada M, Gonzalez JM, 2005. Beet vinasse applied to wheat under dryland conditions affect soil properties and yield. *Europ.J. Agronomy*, 23, 336-347.

- 
- Tejada M, Moreno JL, Hernandez MT, Garcia C, 2007. Application of two beet vinasse forms in soil restoration: Effects on soil properties in an arid environment in southern Spain. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 119: 289–298.
- TOB, 2021. Etil Alkol Sektöründe Piyasaya Arz Bilgileri. Tarım ve Orman Bakanlığı Tütün ve Alkollü İçkiler Daire Başkanlığı. <https://www.tarimorman.gov.tr/TADB/Menu/23/Alkol-Ve-Alkollu-Ickiler-Daire-Baskanligi> (Alıntı tarihi:07.06.2021).
- TS 5869 ISO 5073, 2003. Kahverengi kömürler ve linyitler-Hümik asitlerin tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS 6236 ISO 3496, 1997. Hidroksiprolin Muhtevası Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15475, 2010. Gübreler-Amonyak Azotu Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15476, 2010. Gübreler-Devarda Yöntemine Göre Nitrik ve Amonyak Azotu Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- TS EN 15478, 2010. Gübreler-Üredekideki Toplam Azotun Tayini. Türk Standartları Enstitüsü, Ankara.
- Wilkie A, Riedesel K, Owens J, 2000. Stillage characterization and anaerobic treatment of ethanol stillage from conventional and cellulosic feedstocks. *Biomass and Bioenergy*,19: 63–102.



# Soya bitkisinin (*Glycine max. L. Merrill*) verim parametreleri ile bazı fiziksel toprak özellikleri arasındaki deneysel ilişkilerin belirlenmesi

İmanverdi Ekberli<sup>1\*</sup>, Nalan Kars<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup> T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun/Türkiye

## Özet

Bu çalışmanın amacı, Çarşamba Ovasında yetiştirilen soya fasulyesi bitkisinin (*Glycine max. L. Merrill*) verim parametreleriyle (bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi) toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki korelasyon ilişkilerine bağlı olarak, bu özellikler arasında deneysel (pedotransfer) modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesidir. Bu amaçla ovada soya tarımı yapılan arazilerde bitki verim parametreleri ile toprakların fiziksel özellikleri arasında deneysel modeller oluşturulmuştur. Elde edilen veriler kapsamında soya bitkisinin verim parametrelerinden bitki boyu (BB), 1000 tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmiştir. Bitki boyu ile kil, silt, hacim ağırlığı (HA), bitkiye yararlı su (BYS), solma noktası (SN) parametreleri arasındaki deneysel modelde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış ( $p>0.10$ ), belirleme katsayısı ( $R= 0.495$ ) orta; bin tane ağırlığı ile kum, silt, HA, tarla kapasitesi (TK), SN parametreleri arasındaki modelde istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamış, belirleme katsayısı ( $R= 0.653$ ) yüksek; tane verimi ile kil, silt, HA, BYS, SN parametreleri arasındaki modelin performansı yüksek ( $R= 0.602$ ) olarak belirlenmiştir. Verim parametreleri ile toprakların fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde belirleme katsayısı (R), hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), modelin etkinliği (ME) birlikte değerlendirilmiştir. HKOK, d, ME değerleri sırasıyla 9.312-26.897; 0.974-0.994 ve -2.864-0.568 aralıklarında değişmektedir. Deneysel verilere göre elde edilen modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki değerlerden kullanılmıştır. Çalışma sonunda elde edilen deneysel (pedotransfer) modellerin, ova topraklarında yetiştirilen soya bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmemektedir. Benzer deneysel modeller ile farklı bitkiler için verim kazanç veya kayıplarının tahmin edilebileceği öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Fiziksel toprak özellikleri, verim, bitki boyu, bin tane ağırlığı, pedotransfer modeller.

## Determination of experimental relationships between yield parameters of soybean plant (*Glycine max. L. merill*) and some physical soil properties

### Abstract

The aim of this study was to develop pedotransfer models on the depending of correlation between yield parameters of soybean (plant height, thousand seed weight, and seed yield) and some physical characteristics of soils and to determine applicability of obtained models in estimation of plant yield grown in soils of Çarşamba Plain. For this purpose, experimental models were created between the plant yield parameters and the physical properties of the soils in the fields where soybean cultivation is made in the plain. Within the scope of the data obtained, values of soybean plant yield parameters plant height (PH), 1000 grain weight (TSW) and grain yield (SY) varied between 172.33-351.22 cm, 167.54-450.75 g and 833.58-1584.37 kg da<sup>-1</sup>, respectively. There was a significant correlation (0.476\*) between PH value of soybean plant. There was no statistically significant difference ( $p>0.10$ ) between plant height and clay, silt, bulk density (BD), available water content (AWC), permanent wilting point (PWP) parameters in the experimental model and the coefficient of determination was moderate ( $R= 0.495$ ); There was no statistically significant difference in the model between thousand seed weight and sand, silt, DB, field capacity (FC), PWP parameters and the coefficient of determination was high ( $R= 0.653$ ); The performance of the model between seed yield and clay, silt, DB, AWC, PWP parameters was

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 312 1919 / 1172  
E-posta : iman@omu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 31 Ağustos 2021 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 28 Ekim 2021 DOI : 10.33409/tbbbd.989044

determined as high ( $R= 0.602$ ;  $p>0.10$ ). Determination coefficient (R), root mean square error (RMSE), index of agreement (d), model efficiency (ME) were evaluated together to determine the validity of experimental models. In order to determine the validity of the used experimental models (obtained from the experimental data) it should applied for the data other than the values used in the creation of the models or from the values in the data bank. In general, statistical parameters were within validity limits. The results suggested that the developed experimental (pedotransfer) models can be applied in the estimation of yield parameters in soybean grown in study area. It is predicted that yield gains or losses can be estimated for different plants with similar experimental models.

**Keywords:** Physical properties of soils, yield, plant height, thousand seed weight, pedotransfer models.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Ülkemizde gelişen sanayileşme ve tahrip edilen doğal dengenin etkisi ile ortaya çıkan iklimdeki değişimlerin yanı sıra artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için birim alandan daha yüksek verim elde etme isteği tarım arazilerinde toprağın fonksiyon gösterme kapasitesinin (verim potansiyelinin) azalmasına ve hatta bazı durumlarda yok olmasına neden olmaktadır. Tarımsal üretimde birim alandan daha fazla ürün almak için kullanılan kimyasal gübre, toprak düzenleyicileri, endüstriyel ve evsel atıklar ve kalitesiz sulama suları vb. faktörler zamanla toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişmelere sebep olmaktadır (Gülser ve ark. 2008; Candemir ve Gülser, 2010; Minkina ve ark., 2018; Gülser ve ark., 2019; Sushkova ve ark., 2020; Gülser ve ark., 2020; Minkina ve ark., 2021; Mazarji ve ark., 2021). Tarımsal üretimin sürdürülebilir olması, üretimin ana kaynağı olan toprağın korunmasına ve rasyonel kullanılmasına bağlıdır. Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri toprak oluşum süreçlerine, verimliliğe ve bitki gelişimine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Dolayısıyla, toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi verimliliğin korunması, tahmin edilmesi ve artırılmasına yönelik yöntemlerin oluşturulmasında gereklidir (Bayraklı ve ark., 1999; Taban ve ark., 2004; Ekberli ve Dengiz, 2016; 2017; Doğan ve Gülser, 2019; 2020). Toprak biliminde toprak özelliklerine ait yeterli düzeyde değerlerin birikimine paralel olarak, deneysel modellerin (pedotransfer modellerin) amaca uygun olarak kullanımı ortaya çıkmıştır. Bu modellerin kullanılması, temel toprak özelliklerine bağlı olarak diğer özelliklerin belirlenmesine imkan sağlamaktadır. Deneysel modeller toprak biliminin birçok alanında (toprağın hidrolik iletkenliğinin ve infiltrasyon katsayısının, hava-su gibi diğer transfer katsayılarının; bitki verimi ve kalite parametrelerinin toprağın elektriksel iletkenliği ile ilişkisinin; bitkinin farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisinin belirlenmesinde; toprak mekaniğinde; toprakların fosfat rejiminin tahmini için sorpsiyon ve desorpsiyon eğrisinin hesaplanmasında) yaygın olarak kullanılmaktadır (Gülser, 2004; Shein ve Arkhangelskaya, 2006; Candemir ve Gülser, 2012; Huang ve ark., 2014; Gülser ve Candemir, 2014; Öztürk ve Korkut, 2018; Yegül ve ark., 2019).

Yoğun tarımsal faaliyetler ve artan mekanizasyon toprakların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulmalara sebep olmakta ve ayrıca organik gübre kullanımının yeterli olmaması ve kimyasal gübrelerin aşırı kullanılması da bozulmayı hızlandırmaktadır (Gülser ve Candemir, 2004; Gülser ve ark. 2009). Amaç dışı kullanımı sonucunda azalan tarım alanlarımızda sürdürülebilir bir üretim yapabilmek ve toprakların optimum düzeyde kullanılması için tarım toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin araştırılmasıyla bu özelliklere uygun amenajman önlemlerinin alınması zorunluluk haline gelmiştir. Her türlü tarımsal üretimin temelini oluşturan toprakların etkin ve sürdürülebilir kullanımı için temel özelliklerinin bilinmesi gerekmektedir. Sürdürülebilir tarım; toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirmek, geliştirmek ve korumakla mümkündür. Tarım topraklarının temel özelliklerinin belirlenerek, bu özelliklerin kullanım amacına uygun olarak değerlendirilmesi ve herhangi bir kullanım altında davranışın tahmin edilmesi günümüz tarımı için bir ihtiyaç olmaktadır (Ekberli ve Kerimova, 2005; Tümsavaş ve Aksoy, 2009; Gülser ve ark., 2010; Gülser, 2016; Gülser ve ark., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017; Lipiec ve Usowicz, 2018; Kars ve Ekberli, 2019a,b). Bölgelerin iklimsel, bitkisel ve toprak özellikleri açısından farklılık göstermesi ve toprak özelliklerinin bölgeye özgü özelliklerle etkileşimi, verimlilik çalışmalarının yöresel ve bölgesel düzeyde yapılmasını gerektirmektedir.

Soya fasulyesi (*Glycine max* L. Merrill.) tanesinde bulunan ortalama %18-20 yağ, %40 protein, %30 karbonhidrat, %5 mineral madde (Ca, Fe, Zn) ve çok sayıda vitamin (A, B1, B2, C, D, E ve K) ile bitkisel yağ sanayisi ve gıda endüstrisinin, küspesi ile de hayvan beslenmesinin önemli bir ham maddesidir (Arioğlu, 2000; Unakitan ve Aydın, 2012). Baklagil türlerinden olan soya bitkisi, biyolojik azot fiksasyonu ile yüksek miktarlarda azotu fikse ederek toprak verimliliğini iyileştirmede önemli bir rol oynamaktadır. Ülkemiz iklim ve toprak koşulları dikkate alındığında, yağlı tohumlu bitkilerin üretiminde önemli bir potansiyele sahiptir. Soya tarımının en çok yapıldığı iller Adana, Mersin, Osmaniye ve Samsun'dur (Öner, 2006; Coşkan ve ark.,

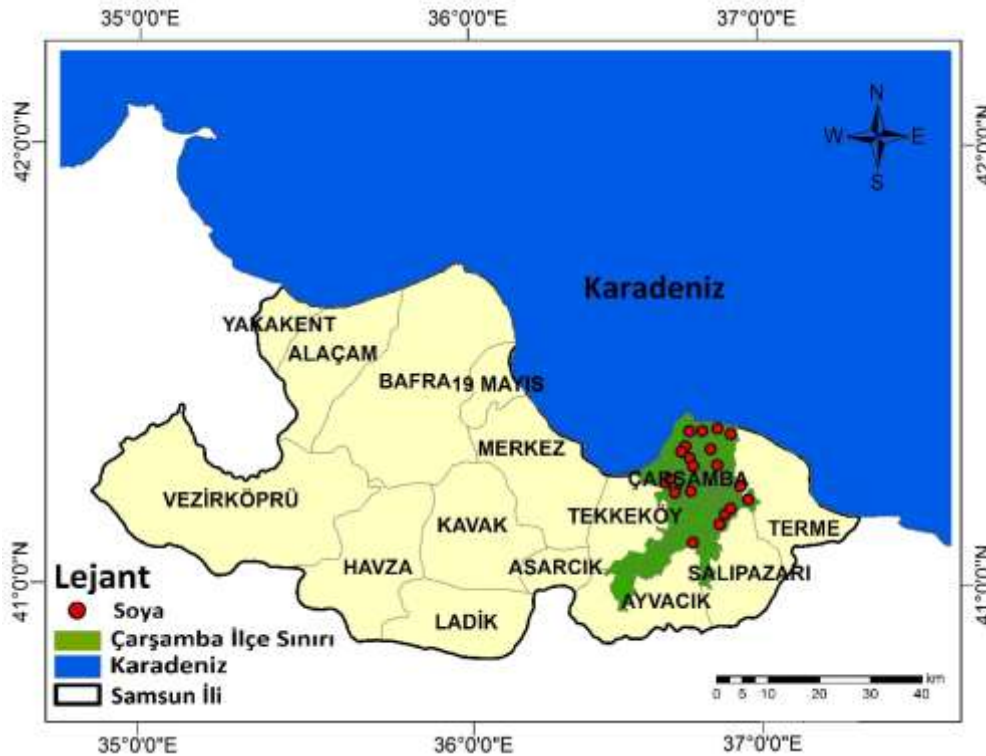
2009). Karadeniz bölgesinin en önemli tarımsal potansiyeline sahip olan Çarşamba Ovası'nda, soya bitkisinin ekim alanı 659 ha, üretimi 2796 ton ve verimi ise 424 kg da<sup>-1</sup>'dir (Anonim, 2016). Toprakların fiziksel, kimyasal, biyolojik özellikleri, iklim koşulları, toprak işleme yöntemleri, tohum çeşidi gibi faktörler soya bitkisinin verimliliğine önemli düzeyde etki yapmaktadır (Nascente ve Store, 2018; Serafim ve ark., 2019; Takamoto ve ark., 2020; Gülser ve Kızılkaya, 2020; Gülser ve ark., 2020; Borgmann ve ark., 2021; Ferreira ve ark., 2021) Bölgede çiftçiler tarafından yapılan ekim çalışmalarında gerekli tarımsal uygulamaların yapılmaması, toprak yapısının bozulmasına, toprakların besin maddesi yönünden fakirleşmesine ve dolayısıyla bitkilerde verim düşüklüğünün meydana gelmesine sebep olmaktadır. Bu nedenle, ovanın soya yetiştirilen topraklarının fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerinin dağılımının belirlenmesi; verim ve toprak özellikleri arasındaki deneysel modellerin oluşturulması önemli olup, verimin tahmininde kullanılma olanağı sağlamaktadır.

Deneysel modellerin geçerliliğinin belirlenmesinde farklı istatistiksel parametrelerden kullanılması, model oluşturulmasında önemli ve gerekli aşamalardan biridir. Birçok araştırmacı tarafından deneysel fonksiyonların uygulanabilirliğini belirlemek için; hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d), maksimum nispi hata (MNH), mutlak hata (MH), belirleme katsayısı (R) gibi istatistiksel parametreler kullanılmıştır (Alexandrov ve Hoogenboom, 2000; Budka ve ark., 2015).

Bu araştırma; Çarşamba Ovasında geleneksel toprak işleme yöntemiyle soya yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel özellikleri ile soya bitkisinin verim parametreleri arasındaki korelasyon ilişkilerine bağlı olarak, bu özellikler arasında deneysel modellerin oluşturulması ve elde edilen modellerin ova topraklarında bitki veriminin tahmininde uygulanabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma; Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından tarım yapılan arazilerden 0-20 cm derinlikten rastgele örnekleme metodu ile Jackson (1962) tarafından bildirildiği şekilde her yıl için 20 toprak örneği alınarak gerçekleştirilmiştir. Aynı alanlardan bitki örneklerinin alınmasında Anonim (2013)'de gösterilen yöntem kullanılmıştır. Toprak ve soya fasülyesi bitki örneklerinin [*Glycine max. L. cv. (Merill)*] alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Araştırma alanının konumu, 2013-2014 yıllarında toprak ve bitki örneklerinin alındığı noktalar.

Samsun ili sınırları içerisinde yer alan Çarşamba Ovası, güneyde Canik dağları ile kuzeyde ise Karadeniz ile sınırı bulunan Yeşilirmak'ın oluşturduğu bir delta ovasıdır. Ova 0-50 m kotları arasında, 103.766 hektarlık bir alanı kapsamaktadır. Çarşamba Ovası doğu-batı istikametinde 65 km, güney-kuzey istikametinde ise 35 km uzunluğa sahiptir. Ova taban arazilerinin genel eğimleri güney-kuzey istikametinde olup ortalama eğim % 0.1'dir. Bu eğim, deniz kenarına yaklaştıkça % 0-0.02'ye kadar düşmektedir. Yamaç arazilerde ise eğim, % 2-40 arasında değişmektedir. Ova; bitki örtüsü yönünden çok zengin olup, 58921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada soya bitkisi 659 hektar alanda yetiştirilmektedir. Ova toprakları alüvyal ve kısmen de kolüvyal (kestane rengi topraklar, gri-kestane podzolik topraklar, kahverengi orman toprakları) karakterdedir (Anonim, 1984). Ovada yıllık toplam yağış miktarı 985.9 mm olup, yıllık sıcaklık ortalaması ise 15-17 °C'dir (Turan ve ark., 2018).

Alınan toprak örneklerinde tekstür hidrometre yöntemiyle (Demiralay, 1993); hacim ağırlığı Demiralay (1993)'a göre; tarla kapasitesi (TK) ve solma noktası (SN) değeri, basınçlı tabla aletinde sırasıyla 1/3 atm ve 15 atm basınç altında toprak örneklerinin hidrolik denge durumuna gelmesinden sonra ağırlık esasına göre (Black, 1965); bitkiye yarayışlı su miktarı (BYS), TK ve SN arasındaki farktan hesaplanmıştır. Soya bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Toprak ve bitki analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler ile toprak özellikleri ve bitki verim parametreleri arasındaki korelasyonlar SPSS 17.0 paket programında hesaplanmış, agronomik parametreleri ile toprak özellikleri arasında oluşturulan deneysel modeller ise, Minitab 17.0 paket programında oluşturulmuştur.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), uygunluk indeksi (d) ve model etkinliği (ME) sırasıyla aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır:

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (1)$$

Eşitlik 1'de, n-verilerin sayısı ve  $n < 30$  ise  $m = n - 1$ ,  $n > 30$  ise  $m = n$ ;  $x_i$  - ölçülen;  $y_i$  - hesaplanan değerlerdir.

$$d = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (|x_i - \bar{y}| + |y_i - \bar{y}|)^2} \quad (2)$$

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad (3)$$

Eşitlik 2 ve 3'de,  $\bar{y}$  hesaplanan değerlerin ortalamasını ifade etmektedir.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK), tahmin hatalarının standart sapmasını ifade etmektedir. Uygunluk indeksi (d) modelin geçerliliğinin bir göstergesi olup, d'nin 1'e yakın olması modelin uygulanabilirliğini göstermektedir. Krause ve ark. (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değer, hesaplanan değerden daha etkin olduğu belirtilmiştir. d ve ME'nin analitik ifadelerinin karşılaştırılmasından da görüldüğü gibi, genel olarak d ME'den daha büyük değerler almaktadır (Willmott ve Matsuura, 2005; Willmott ve ark., 2012; Kumar ve ark., 2015).



## Bulgular ve Tartışma

### Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri

Araştırma alanında yetiştirilen soyanın bazı verim parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Soyanın bazı verim parametrelerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart sapma	VK, %	Çarpıklık
BB, cm	88.33	127.27	103.31	9.91	9.59	1.127
BTA, g	164.10	242.91	200.54	17.81	8.88	0.505
TV, kg da <sup>-1</sup>	280.32	593.16	455.87	81.71	17.92	-0.410

BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, VK: Varyasyon katsayısı

Çizelge 1’den görüldüğü gibi, soya bitkisinin BB, BTA ve TV değerleri sırasıyla; 88.33-127.27 cm, 164.10-242.91 g ve 280.32-593.16 kg da<sup>-1</sup> arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 103.31 cm, 200.54 g ve 455.87 kg da<sup>-1</sup> olmaktadır. İstatistiksel göstergeler geçerli sınırlar (Willmott ve Matsuura, 2005) dahilinde değişmektedir. BB ve BTA’ya ait standart sapma değerleriyle karşılaştırıldığında tane veriminin standart sapmasının yüksek olmasının nedeni, tane veriminin geniş bir aralıkta değişmiş olmasından kaynaklanmıştır. Varyasyon katsayısı (<20) ise verilerin homojen dağılıma sahip olduğunu göstermektedir. Çarpıklık değerleri ise, sağdan ve soldan sifıra yakın olmakta, dolayısıyla dağılımın genel olarak normale yakın olduğunu göstermektedir.

Soya bitkisi, dünyadaki en önemli baklagil bitkilerinden biridir. Soyada verim ve verim bileşenlerini etkileyen en önemli faktörlerin başında çeşit seçimi ve kullanılan tohumun kalitesi gelmektedir (Yetkin ve Arıoğlu, 2009). Soyada bitki boyu; çeşit, ekim sıklığı, ekim zamanı ve yetiştirme şartlarına bağlı olarak, 30-150 cm arasında değişim göstermektedir (Arıoğlu, 2000). Homer ve ark. (2000), Karadeniz Bölgesinin sahil ve geçit bölgelerine uygun soya çeşitlerini belirlemek ve geliştirmek amacıyla yapmış oldukları bir çalışmada, bitki boylarının 72.9 cm ile 128.8 cm arasında, bin tane ağırlığının 157.0 g ile 298.0 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Soya verimini esas olarak tane ağırlığı ve tane sayısı belirlemekte ve tane sayısı birim alandaki bakla sayısına ve bakladaki tane sayısına bağlı olmaktadır (Karagül ve ark., 2011). Ay (2012) tarafından, Türkiye’de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine max. l. Merrill*) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlendiği bir çalışmada, Terme’de en yüksek tane veriminin 570.68 kg da<sup>-1</sup> ile Erensoy çeşidinde; en düşük tane veriminin ise 335.50 kg da<sup>-1</sup> ile Üstün 1 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir.

### Soya (*Glycine Max. L. Merrill*) tarımı yapılan toprakların fiziksel özellikleri

Ovada soya yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiksel analiz sonuçları Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Soya bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart Sapma	VK, %	Çarpıklık
Kil, %	15.34	57.23	37.67	12.74	33.82	-0.218
Silt, %	12.19	54.02	37.04	11.14	30.07	-0.752
Kum, %	11.67	42.15	25.27	9.19	36.36	0.429
HA, g cm <sup>-3</sup>	0.96	1.50	1.21	0.15	12.39	0.143
TK, %	25.59	49.19	37.54	6.18	16.46	0.045
SN, %	12.78	32.11	20.82	4.97	23.87	0.664
BYS, %	12.55	23.01	16.71	2.56	15.32	0.203

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; SN: Solma noktası; BYS: Bitkiye yarayırlı su; VK: Varyasyon katsayısı.

Çizelge 2’den görüldüğü gibi, soya yetiştirilen toprakların bünyesi killi tın, kil, tın, siltli kil, siltli tın, siltli killi tın ve kumlu kil olarak belirlenmiştir. Toprakların hacim ağırlığı; tarla kapasitesi; solma noktası; bitkiye yarayırlı su miktarı ortalama değerleri sırasıyla 1.21 g cm<sup>-3</sup>; %37.54; %20.82; %16.71’dir. Toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik değerleri ise genel olarak güvenilirlik sınırları dahilinde olup, normale yakın dağılım göstermektedir.

## Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel özellikleri arasındaki ilişkiler

Soya bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel özelliklerine ait korelasyon ilişkiler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Soya bitkisinin bazı verim parametreleri ile toprağın fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon matrisi

Özellikler	BB, cm	BTA, g	TV, kg da <sup>-1</sup>
BB, cm	1.000	0.476*	0.199
BTA, g	0.476*	1.000	0.131
TV, kg da <sup>-1</sup>	0.199	0.131	1.000
Kil, %	0.076	0.056	0.166
Silt, %	-0.092	0.082	-0.032
Kum, %	0.006	-0.178	-0.191
HA, g cm <sup>-3</sup>	0.005	-0.150	0.236
TK, %	-0.015	0.143	0.237
SN, %	0.059	0.202	0.228
BYS, %	-0.151	-0.049	0.129

\* p ≤ 0.05 hata düzeyinde önemli

Soya BB değeriyle BTA'ı arasında önemli pozitif (0.476\*) ilişki belirlenmiştir. Bitki boyu ile bitkideki bakla sayısı arasında zayıf, tane verimi ile ise önemli pozitif korelasyon ilişkilerin olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Marin, 1975; Manzoor ve Kaleri, 1971; Simpson ve Wilcox, 1983). Soya bitkisinin verim parametreleriyle, toprakların diğer fiziksel parametreleri arasında ise istatistiksel açıdan önemli bir ilişki saptanmamıştır. Arslanoğlu ve ark. (2005), Karadeniz Bölgesi'nde 2 yıl süreyle yürüttükleri farklı farklı olgunlaşma sütünesine sahip soya çeşitlerinin verim potansiyellerinin belirlendiği araştırmada; dekara verim ile bitki boyu arasında pozitif önemli ilişki saptamışlardır.

## Soya (*Glycine max. L. Merrill*) bitkisinin verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modeller

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modeller Çizelge 4'de verilmiştir. Pedotransfer modellerinin oluşturulmasında verim parametreleri ile toprakların bazı fiziksel özelliklerine ilişkin korelasyon analiz sonuçları (Çizelge 3) dikkate alınmıştır.

Çizelge 4. Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verimi ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki pedotransfer modeller

Modeller	R	F	p
1. $BB = 131 - 2.96 \text{ Silt} + 58 \text{ HA} - 74 (\text{HA})^2 - 0.0108 (\text{Silt})^2 + 3.15 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 0.306 (\text{HA} \times \text{BYS})$	0.330	0.98	0.453
2. $BB = 49.4 + 2.14 \text{ Kil} + 0.182 \text{ SN} - 2.07 \text{ BYS} + 54.6 \text{ HA} - 1.38 (\text{HA} \times \text{Kil})$	0.426	0.43	0.853
3. $BB = 267 + 1.22 \text{ Kil} - 113 \text{ HA} - 1.83 (\text{HA} \times \text{Kil}) + 8.5 (\text{HA} \times \text{BYS}) - 11.7 \text{ BYS} + 0.279 \text{ SN} + 0.0194 (\text{Kil})^2 + 0.73 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 5.9 \sqrt{\text{Silt}}$	0.495	0.65	0.742
4. $BTA = -36 + 5.99 \text{ Kil} + 2.85 \text{ Silt} + 2.79 \text{ SN} + 167 \text{ HA} - 4.22 (\text{HA} \times \text{Kil}) - 1.60 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 2.47 \text{ TK}$	0.462	0.77	0.615
5. $BTA = 380 - 1.81 \text{ Silt} + 4.23 \text{ Kum} + 4.63 \text{ SN} - 2.39 (\text{HA} \times \text{SN}) - 1.56 \text{ TK} + 0.0320 (\text{Silt})^2 - 49.4 \sqrt{\text{Kum}}$	0.514	1.03	0.444
6. $BTA = 804 - 0.0041 (\text{Kum})^2 + 101 (\text{HA})^2 + 0.0946 (\text{Silt})^2 - 1.57 \text{ TK} + 1.89 \text{ SN} - 5.60 (\text{HA} \times \text{Silt}) + 4.92 (\text{HA} \times \text{Kum}) - 65.5 \sqrt{\text{Kum}} - 402 \sqrt{\text{HA}}$	0.653	1.48	0.228
7. $TV = -620 + 708 \text{ HA} + 17.8 \text{ Kil} - 12.8 (\text{HA} \times \text{Kil}) + 1.7 \text{ TK} + 2.6 \text{ SN}$	0.514	1.58	0.208
8. $TV = 789 + 6.7 \text{ Kil} - 22.3 \text{ Kum} - 577 \sqrt{\text{Db}} + 5.38 (\text{HA} \times \text{SN}) + 20.4 (\text{HA} \times \text{Kum}) - 1.8 \text{ TK} - 1.8 (\text{HA} \times \text{Kil})$	0.580	1.45	0.241
9. $TV = -910 + 33.8 \text{ Kil} + 17.6 \text{ Silt} + 883 \text{ HA} - 26.1 (\text{HA} \times \text{Kil}) - 5.2 (\text{HA} \times \text{Silt}) - 0.182 (\text{Silt})^2 - 43 \text{ BYS} + 7.4 \text{ SN} + 33.6 (\text{HA} \times \text{BYS}) - 2.7 (\text{HA} \times \text{SN})$	0.602	0.97	0.501

BB: Soya bitki boyu, cm; BTA: Soya bin tane ağırlığı, g; TV: Soya tane verimi, kg da<sup>-1</sup>; HA: Hacim ağırlığı, g cm<sup>-3</sup>; SN: Solma noktası, %; TK: Tarla kapasitesi, %; BYS: Bitkiye yararlı su, %.

Soya bitki boyu ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki (1) - (3) deneysel modellerinden (Çizelge 4) görüldüğü gibi, deneysel katsayıları 0.330 ile 0.495; F değerleri 0.98 ile 0.65; p değerleri ise 0.453 ile 0.742 arasında değişmektedir. F değeri etkileşim ve ana etkenlerin anlamlı olup olmadığını belirlemek için

yapılmakta, p değeri azaldıkça F'nin değeri artmaktadır. Elde edilen modellerde p değeri ( $p > 0.10$ ) istatistiksel olarak anlamlı farklılık göstermemiştir. Belirleme katsayısı (1) modelinde zayıf, (3) modellerinde ise orta düzeyde belirlenmiştir. BTA ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki modellerin deneysel katsayıları 0.462 ile 0.653 arasında değişmektedir. Soya bin tane ağırlığı ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılık saptanmamasına rağmen, 6. modelde belirleme katsayısı ( $R=0.653$ ) yüksek düzeyde saptanmıştır. Elde edilen deneysel ilişkilerinde toprak özelliklerinin farklı biçimlerde nicel olarak dahil edilmesi modellerin performansını yükseltmiştir. Yapılan araştırmalar, deneysel modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesinin, belirleme katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Kosheleva ve ark., 2002; Gülser ve Candemir, 2014; Kars ve Ekberli, 2020a,b). Soya tane verimi ile toprakların HA, kil, kum, silt, SN, BYS, TK gibi fiziksel özellikleri arasında oluşturulan deneysel modellerinde deneysel katsayıları 0.514 ile 0.602; F değerleri 0.97 ile 1.58 arasında, p değerleri ise 0.208 ile 0.501 arasındadır (Çizelge 4). BT'ye ait deneysel modellerde en yüksek belirleme katsayısı 9. modelde yüksek ( $R=0.602$ ) düzeyde bulunmuştur. Murty (2002) yaptığı bir araştırmada, meteorolojik parametreler ile soya bitkisinin bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verimi arasında deneysel modelleri oluşturmuştur. Araştırmacı, bitki boyu, 100 tane ağırlığı ve tane verim modelleri için çoklu deneysel katsayı ( $R^2$ ) değerlerini sırasıyla 0.97; 0.93; 0.93 olarak saptamıştır. Ovando ve ark. (2018) soyada tane verimini tahmin etmek için; solar radyasyon ve yağış değerleri ile toprakların kimyasal ve fiziksel özelliklerini kullanarak deneysel modelleri oluşturmuşlar ve en yüksek belirleme katsayısı ( $R^2$ ) değerini 0.849 olarak hesaplamışlardır.

### Verim Parametreleri ile Toprak Özellikleri Arasında Oluşturulan Deneysel Modellerin Geçerlilikleri

Deneysel verilere göre elde edilen deneysel modellerin geçerliliklerinin belirlenmesinde, modellerin oluşturulmasında kullanılan değerler dışındaki veya veri bankasındaki değerlerden kullanılması gerekmektedir (Wang ve ark., 2016). Soya bitkisinin BB, BTA ve TV ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellerinin geçerliliğinin belirlenmesine ait istatistiksel parametreler Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. Soya bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimine (TV) ait deneysel modellerin bazı istatistiksel parametreleri

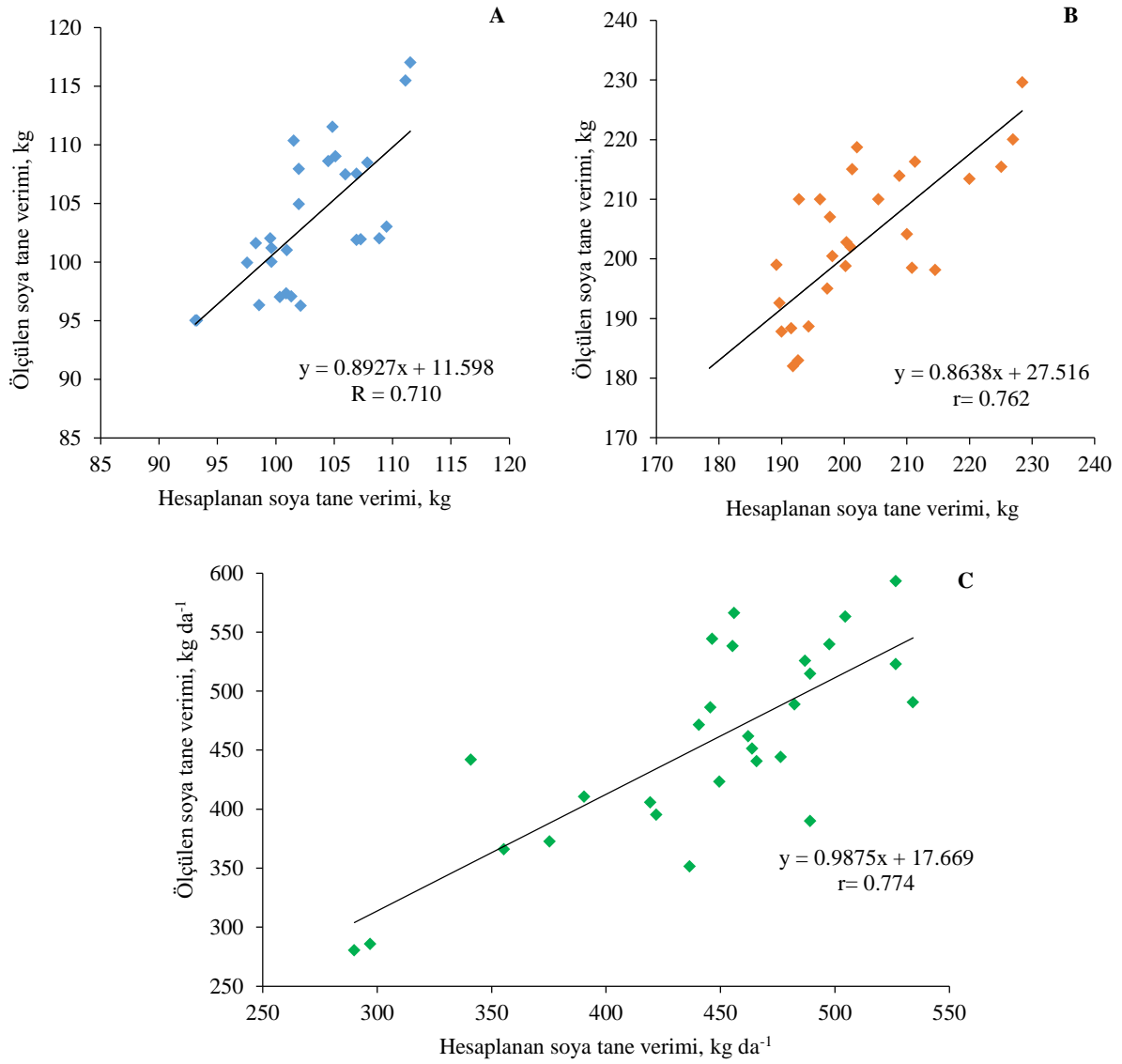
Modeller (No)	R	HKOK	d	ME
BB (3)	0.495	9.312	0.974	-2.864
BTA (6)	0.653	11.976	0.988	-0.181
TV (9)	0.602	26.897	0.994	0.568

BB: Bitki boyu, BTA: Bin tane ağırlığı, TV: Tane verimi, R: Belirleme katsayısı, HKOK: Hata kareler ortalamasının karekökü, d: Uygunluk indeksi, ME: Modelin etkinliği.

Çizelge 5'ten görüldüğü gibi, modelin uygunluk indeksi (d) 1'e yakın, modelin etkinliği 1'den küçük olmakta, hata kareler ortalamasını karekökü ise yüksek olmamakta, aynı zamanda d değerleri ME'den büyük olmaktadır. Bu nedenle, deneysel modellerine ait istatistiksel göstergeler genel olarak, geçerlilik sınırları dahilinde değişmektedir (Krause ve ark., 2005; Wang ve ark., 2016). Sentelhas ve ark. (2015) tarafından Brazilya'nın her bir bölgesindeki soya tane verim tahmini için oluşturulan modelin d değeri 0.87 olarak belirlenmiştir. Ovando ve ark. (2018), Arjantin'in soya yetiştirilen topraklarında 2006-2016 yılları arasında yürüttükleri çalışmalarında, iklim verilerine bağlı olarak soya verimi tahmini için kullandıkları modelde belirleme katsayısını 0.849 olarak saptamışlardır. Kumar ve ark. (2008), farklı 3 çeşit soya bitkisinin tane verimlerinin tahmini için kullandıkları modele ait HKOK değerlerini sırasıyla 86.0 kg ha<sup>-1</sup>, 123.9 kg ha<sup>-1</sup>; 28.6 kg ha<sup>-1</sup> olarak hesaplamışlardır.

Deneysel modellerin yapılmasındaki bazı sınırlamalara rağmen, modelin yapılmasının ve uygulamasının kolay olması araştırmacılar için avantaj sağlamakta (Tamari ve ark., 1996; Schaap ve ark., 2001) ve aynı zamanda modellerinin toprak özelliklerine, çevresel değişkenlere bağlı olarak toprak özelliklerinin mekânsal değişimine dayanan sınıflandırması da söz konusu olmaktadır (Minasny ve McBratney, 2008).

Soya bitki boyu, bin tane ağırlığı, tane veriminin modellere göre hesaplanan ve deneme sonucunda ölçülen değerlerin karşılaştırılması Şekil 2'de verilmiştir.



Şekil 2. Soya bitki boyu (A), bin tane ağırlığı (B), tane veriminin (C) hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki ilişki

Soya BB, BTA, TV ile toprakların fiziksel özellikleri arasındaki deneysel modellere göre hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki korelasyon değerleri sırasıyla 0.710, 0.762 ve 0.774 olup, 0.01 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur.

Şaylan (1996) tarafından soya bitkisinin gelişimi ve veriminin tahmin edilmesine ait yapılan bir modelleme araştırılmasında, hesaplanan verimin gerçek verimden %14.6 düzeyinde daha yüksek olduğu saptanmıştır. Araştırmacı, bu farklılığın, modelin deneme alanına göre düzenlenmemesinden kaynaklanabileceğini bildirmiştir. Bhatia ve ark. (2008), soya yetiştirilen alanlardan alınan 21 adet toprak örneklerinde yaptıkları analiz sonuçlarına bağlı olarak, soya bitkisinin verimini tahmin etmek için kullandıkları modelde, soya verimini 2170 kg ha<sup>-1</sup>, bu alanlardaki gerçek verim ortalamasının 1000 kg ha<sup>-1</sup> olduğunu; su sınırlaması varsayımında model yardımıyla hesaplanan soya verimi ile çiftçilerin elde ettiği gerçek verim değerleri arasındaki farkın, ürünün yetiştiği mevsimdeki yağış miktarı düşük olduğunda azaldığını, yağış miktarı arttığında ise önemli derecede arttığını bildirmişlerdir.

## Sonuç

Çarşamba Ovasında geleneksel toprak işleme yöntemleriyle ana ürün olarak soya bitkisi yetiştirilen tarım alanlarının bazı fiziksel özellikleri ve soya bitkisinin verim parametreleri belirlenmiş; bu özellikler arasındaki korelasyon ilişkiler saptanmış ve bitkilerin bazı verim unsurları ile toprakların bazı fiziksel özellikleri arasında deneysel modelleri oluşturulmuştur. Oluşturulan deneysel modellerin toprak özellikleri

değerlerinin çarpımını, karesini ve karekökünü içeren çok terimli ile ifade edilmesi, belirleme katsayısının yükselmesine ekti yapan faktördür. Araştırma sonunda ölçülen ve deneysel (pedotransfer) modellere göre hesaplanan verim parametrelerinin karşılaştırılması; elde edilen deneysel modellerin araştırma bölgesinin soya yetiştirilen topraklarında verim parametrelerinin tahmini için uygulanabilirliğini göstermiştir. Bu modellerin daha yüksek düzeydeki başarısı, soya bitkisinin optimum verim seviyesine sahip olduğu alanlarda yapılacak çalışmalara bağlıdır. Tarımsal ve çevresel faktörleri ile daha çok sayıda toprak ve bitki verilerinin modellere dahil edilmesiyle tahmin sonuçlarının daha iyi olabileceği düşünülmektedir. Deneysel modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığı dikkate alınarak, yerel ve bölgesel düzeyde çeşitli bitkiler için farklı modellerin yapılabilmesi için, toprak özelliklerine ve bitkilerin verim unsurlarına ait veri bankasının oluşturulması gereklidir. Modelin uygulanabilirliğinin belirlenmesinde toprak ve iklim koşullarının benzer olduğu çalışma alanlarının toprak ve bitki verilerinden kullanılması gerekmektedir. Kültivasyon işlemlerinin düzenli yapılmaması, iklim koşullarının değişimi, toprak özelliklerinin ve ürün miktarının optimum düzeyde olmaması gibi faktörler, hesaplanan ve ölçülen verim değerleri arasındaki farklılıkların ortaya çıkmasına, dolayısıyla da pratikte uygulanabilir modellerin yapılmamasına neden olabilmektedir. Modellerin kalibrasyonu için, modellerin yapıldığı bölgedeki diğer verim parametrelerin ölçüm değerlerinin kullanılması gerekmektedir. Deneysel modellerin geliştirilmesi toprak-bitki bilgi sistemlerinin genişlendirilmesinin ayrılmaz bir parçası olmaktadır.

## KAYNAKLAR

- Alexandrov VA, Hoogenboom G, 2000. The impact of climate variability and change on crop yield in Bulgaria. *Agricultural and Forest Meteorology*, 104(4): 315-327.
- Anonim, 1984. Samsun İli Arazi Varlığı. T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. İl rapor No: 55; Genel yayın No: 748.
- Anonim, 2013. Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü. (<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/TTSM/Belgeler/Tescil/Teknik%20Talimatlar/End%C3%BCstri%20Bitkileri/soya.pdf>) (Erişim tarihi: 25.01.2019)
- Anonim, 2016. Türkiye İstatistik Kurumu Temel İstatistikler. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 17.04.2017).
- Arioğlu H, 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:220, Adana.
- Arslanoglu F, Aytac S, Karaca E, 2005. The Determination of yield criteria of some soybean (*Glycine max L.*) varieties sowed in Samsun and Sinop locations for second crop production. The Sixth Field Crops Congress of Turkey. In: M. Karaca and M. Bilgen (Editors), *Proceeding*, vol I: 387-392.
- Ay B, 2012. Türkiye’de ıslah edilmiş yeni soya (*Glycine Max. L. Merrill*) çeşitlerinin Orta Karadeniz Bölgesi koşullarında verim ve kalite performanslarının belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 51, Samsun.
- Bayraklı F, Ekberli İA, Gülser C, 1999. Azerbaycan mil ovası topraklarının verimlilik düzeylerinin deneysel ve matematiksel olarak değerlendirilmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 14(2): 138-153.
- Bhatia VS, Singh P, Wani SP, Chauhan GS, Kesova AVR, Mishra AK, Srinivas K, 2008. Analysis of potential yields and yield gaps of rainfed soybean in India using GROPGRO-Soybean Model. *Agricultural And Forest Meteorology*, 148: 1252-1265.
- Black CA, 1965. *Methods of Soil Analysis Part I-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, USA, No: 9.
- Borgmann C, Secco D, de Marins AC, Junior LAZ, Bassegio D, de Souza SNM, Zang FN, da Silva TRB, 2021. Effect of soil compaction and application of lime and gypsum on soil properties and yield of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 52(12): 1434-1447.
- Budka A, Lacka A, Gaj R, Jajor E, Korbas K, 2015. Predicting winter wheat yields by comparing regression equations. *Crop Protection*, 78: 84-91.
- Candemir F, Gülser C, 2010. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes in clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42(1), pp.13-28.
- Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine-textured alkaline soils. *Arid Land Research and Management*, 26(1), pp.15-31.
- Coşkan A, İşler E, Küçükymuk Z, Erdal İ, 2009. Isparta koşullarında soyada bakteri aşılmasının nodülasyona ve dane verimine etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 4 (2): 17-27.
- Demiralay İ, 1993. *Toprak Fiziksel Analizleri*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, No: 143.
- Dengiz O, Ekberli İ, 2017. Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1): 45-52.
- Doğan B, Gülser C, 2019. Assessment of soil quality for vineyard fields: A case study in Menderes District of Izmir, Turkey. *Eurasian journal of soil science*, 8(2), pp.176-183.

- Doğan B, Gülser C, 2020. Soil quality assessment for olive groves areas of Menderes District, Izmir-Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4), pp.298-305.
- Ekberli İ, Dengiz O, 2016. Bazı Inceptisol ve Entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısısal yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5 (2): 1-10.
- Ekberli İ, Dengiz O, 2017. Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyon üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik özellikler ve fiziksel-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1): 15-27.
- Ekberli İ, Kerimova E, 2005. Azerbaycan'ın Şirvan bölgesinde sulanan killi bir toprağın bazı fiziksel-kimyasal parametrelerinin değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3): 54-59.
- Ferreira CJB, Tormena CA, Severiano EDaC, Zotarelli L, Júnior EB, 2021. Soil compaction influences soil physical quality and soybean yield under long-term no-tillage. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 67(3): 383-396.
- Gülser C, 2004. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 19(3), pp.19-23.
- Gülser C, Candemir F, 2004. Changes in Atterberg limits with different organic waste applications. In *Natural Resource Management for Sustainable Land Use and Management, Soil Congress, SSST, Atatürk University, Erzurum-Turkey*.
- Gülser C, Yılmaz NK, Candemir F. 2008. Accumulation of Tobacco mosaic virus (TMV) at different depths clay and loamy sand textural soils due to tobacco waste application. *Environmental monitoring and assessment*, 146(1), pp.235-242.
- Gülser C, Selvi KÇ, İç S, 2009. Some mechanical properties and workability of soils in a Karadeniz Agricultural Research Institute Field. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 5(4), pp.423-428.
- 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(5): 671-674.
- Gülser C, Candemir F, 2014. Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1): 77-81.
- Gülser C, 2016. Changes in soil physical properties with hazelnut husk and tobacco waste applications. VII International Scientific Agriculture Symposium, "Agrosym 2016", 6-9 October, Jahorina, Bosnia and Herzegovina. *Proceedings*, pp. 2032-2036.
- Gülser C, Ekberli İ, Candemir F, Demir Z, 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 192-200.
- Gülser C, Zharlygasov Z, Kızılkaya R, Kalimov N, Akça İ, Zharlygasov Z, 2019. The effect of NPK foliar fertilization on yield and macronutrient content of grain in wheat under Kostanai-Kazakhstan conditions. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(3), pp.275-281.
- Gülser F, Salem S, Gülser C, 2020. Changes in some soil properties of wheat fields under conventional and reduced tillage systems in Northern Iraq. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(4), pp.314-320.
- Gülser C, Kızılkaya R., 2020. Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(1), pp.46-52.
- Homer AD, Özçelik H, Üstün A, 2000. Karadeniz bölgesi soya ıslahı çalışmaları. *Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Samsun, 1999 Yılı Teklif, Gelişme ve Sonuç Raporları*, S: 22-30, Samsun.
- Huang F, Zhan W, Ju W, Wang Z, 2014. Improved reconstruction of soil thermal field using two-depth measurements of soil temperature. *Journal of Hydrology*, 519: 711-719.
- Jackson ML, 1962. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 219-221.
- Karagül ET, Ay N, Meriç Ş, Huz E, 2011. Ege Bölgesi'nde ana ürün olarak yetiştirilen bazı soya genotiplerinin verimi, verim öğeleri ve nitelikleri üzerinde bir araştırma. *ANADOLU Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 59-68.
- Krause P, Boyle DP, Base F, 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89-97.
- Kars N, Ekberli İ, 2019a. Çarşamba ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 18-28.
- Kars N, Ekberli İ, 2019b. Buğday Bitkisinin Verim Parametreleri ile Bazı Toprak Özellikleri Arasındaki Pedotransfer Modellerin Uygulanabilirliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 153-164.
- Kars N, Ekberli İ, 2020a. The relation between yield indices of maize plant and soil physicochemical characteristics. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(1): 52-59.
- Kars N, Ekberli İ, 2020b. Mısır bitkisinin verim parametreleri ile toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modellerin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 9 (1): 25-36.
- Kosheleva NE, Kasimov NS, Samonova OA, 2002. Regression models fort he behavior of heavy metals in soils of the Smolensk-Moskow Upland. *Pocvovedeniye*, 8: 954-966.
- Kumar A, Pandey V, Shekh AM, Dixit SK, Kumar M, 2008. Evaluation of cropgro-soybean (glycine max. l. merrill) model under varying environment condition. *American-Eurasian Journal of Agronomy*, 1(2): 34-40.
- Kumar P, Sarangi A, Singh DK, Parihar SS, Sahoo RN, 2015. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. *Agricultural Water Management*, 148: 72-83.

- Lipiec J, Usowicz B, 2018. Spatial relationships among cereal yields and selected soil physical and chemical properties. *Science of the Total Environment*, 633: 1579-1590.
- Manzoor AAB, Kaleri KK, 1971. Correlation in studies in soybean (*Glycine max L.*) Merrill. *Agriculture of Pakistan*, 22(2):155-163. (From PBA 43(8), No.6461, 1973).
- Marin A, 1975. The inheritance of some quantitative characters in soybean and the existence of correlations between them. *Biuletyn Instytutu Hodowli aklimatyzacji Roslin No.128/129*, 59-62. (From PBA 50(5), No.4590, 1980).
- Mazarji, M., Bayero, M.T., Minkina, T., Sushkova, S., Mandzhieva, S., Tereshchenko, A., Timofeeva, A., Bauer, T., Burachevskaya, M., Kızılkaya, R. and Gülser, C., 2021. Realizing United Nations Sustainable Development Goals for Greener Remediation of Heavy Metals-Contaminated Soils by Biochar: Emerging Trends and Future Directions. *Sustainability*, 13(24), p.13825.
- Minasny B, McBratney AB, 2008. Regression rules as a tool for predicting soil properties from infrared reflectance spectroscopy. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 94: 72-79.
- Minkina TM, Pinski DL, Zamulina IV, Nevidomskaya DG, Gülser C, Mandzhieva SS, Bauer TV, Morozov IV, Sushkova SN, Kızılkaya R, 2018. Chemical contamination in upper horizon of Haplic Chernozem as a transformation factor of its physicochemical properties. *Journal of Soils and Sediments*, 18(6), pp.2418-2430.
- Minkina T, Konstantinova E, Bauer T, Mandzhieva S, Sushkova S, Chaplygin V, Burachevskaya M, Nazarenko O, Kızılkaya R, Gülser C, Maksimov A, 2021. Environmental and human health risk assessment of potentially toxic elements in soils around the largest coal-fired power station in Southern Russia. *Environmental Geochemistry and Health*, 43(6), pp.2285-2300.
- Murthy VRK, 2002. Crop growth modeling and its applications in agricultural meteorology. *Satellite Remote Sensing and GIS Applications in Agricultural Meteorology*, 235-261.
- Nascente AS, Store LF, 2018. Cover Crops as affecting soil chemical and physical properties and development of upland rice and soybean cultivated in rotation. *Rice Science*, 25(6): 340-349.
- Ovando G, Sayago S, Bocco M, 2018. Evaluating accuracy of DSSAT model for soybean yield estimation using satellite weather data. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 138: 208-217.
- Öner T, 2006. Soya Sektör Raporu. İstanbul Ticaret Odası İstatistik Şubesi, İstanbul, 48 s. <https://www.yumpu.com/tr/document/read/23584997/soya-sektor-raporu-ito> (Erişim tarihi: 28.01.2020).
- Öztürk İ, Korkut KZ, 2018. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum L.*)'in farklı gelişme dönemlerinde kuraklığın verim ve verim unsurlarına etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 128-137.
- Schaap MG, Leij FJ, van Genuchten MT, 2001. ROSETTA: A computer program for estimating soil hydraulic parameters with hierarchical pedotransfer functions. *Journal Hydrology*, 251: 163-176.
- Sentelhas PC, Battist R, Câmara GMS, Farias JRB, Hampf AC, Nendel C, 2015. The soybean yield gap in Brazil magnitude, causes and possible solutions for sustainable production. *Journal of Agricultural Science*, 153: 1394-1411.
- Serafim ME, Zeviani WM, Ono FB, Neves LG, Silva BM, Lal R, 2019. Reference values and soil quality in areas of high soybean yield in Cerrado region, Brazil. *Soil & Tillage Research*, 195: 104362.
- Shein EV, Arkhangelskaya TA, 2006. Pedotransfer functions: state of the art, problems, and outlooks. *Pocvovedeniye*, 10: 1205-1217.
- Simpson JrAM, Wilcox JR, 1983. Genetic and phenotypic associations of agronomic characteristics in four high protein soybean population. *Crop Science*, 23: 1077-1081.
- Sushkova S, Minkina T, Tarigholizadeh S, Antonenko E, Konstantinova E, Gülser C, Dudnikova T, Barbashev A, Kızılkaya R, 2020. PAHs accumulation in soil-plant system of *Phragmites australis* Cav. in soil under long-term chemical contamination. *Eurasian Journal of Soil Science*, 9(3), pp.242-253.
- Şaylan L, 1996. Soya veriminin CRPSM modeli ile belirlenmesi. *Kültür Teknik Derneği Toprak Su Dergisi*, 5(1): 12-17.
- Taban S, Çıkkılı Y, Kebeci F, Taban N, Sezer SM, 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 297-304.
- Takamoto A, Takahashi T, Nira R, 2020. Soil chemical properties affecting soybean yield on a nationwide scale in Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 66(6): 900-905.
- Tamari S, Wösten JHM, Ruiz-Suárez JC, 1996. Testing an artificial neural network for predicting soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, 60: 1732-1741.
- Turan M, Dengiz O, Turan Demirağ İ, 2018. Samsun ilinin Newhall modeline göre Toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(2): 131-142.
- Tümsavaş Z, Aksoy E, 2009. Kahverengi orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 93-104.
- Unakıtan G, Aydın B, 2012. An econometric analysis of soybean production in Turkey. *Journal of Tekirdağ Agricultural Faculty*, 9(1): 6-14.
- Wang L, Lia X, Chen Y, Yang K, Chen D, Zhou J, Liu W, Qi J, Huang J, 2016. Validation of the global land data assimilation system based on measurements of soil temperature profiles. *Agricultural and Forest Meteorology*, 218-219: 288-297.
- Willmott CJ, Matsuura K, 2005. Advantages of the mean absolute error (MAE) over the root mean square error (RMSE) in assessing average model performance. *Climate Research*, 30(1): 79-82.

- 
- Willmott CJ, Robeson SM, Matsuura K, 2012. Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32(13): 2088-2094.
- Yegül U, Eminoğlu MB, Türker U, 2019. Buğdayın verim ve kalite parametrelerinin toprağın elektriksel iletkenliği ile ilişkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(3): 270-283.
- Yetkin SG, Arıoğlu H, 2009. Çukurova bölgesinde ana ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 20-1: 29-37.





## Çeltik yetiştiriciliğinde organik tarım olanaklarının araştırılması ve konvansiyonel tarım ile karşılaştırılması

Şerif Kahraman<sup>1\*</sup>, Şehmus Atakul<sup>1</sup>, Sevda Kılıncı<sup>1</sup>, Aydın Alp<sup>2</sup>,  
Mehmet Duman<sup>3</sup>, Behzat Baran<sup>3</sup>, Cumali Özasan<sup>4</sup>

<sup>1</sup>GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi, Diyarbakır

<sup>2</sup>Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri, Diyarbakır

<sup>3</sup>Diyarbakır Ziraat Mücadele Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Diyarbakır

<sup>4</sup>Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Diyarbakır

### Özet

Diyarbakır'da organik çeltik tarımının olanaklarını belirlemek ve organik tarıma geçişte çiftçiler için örnek teşkil etmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada materyal olarak yerel Karacadağ çeltiği ile Türkiye'de en çok ekimi yapılan Osmancık-97 çeltik çeşidi kullanılmıştır. Araştırma; GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi deneme tarlasında 2011 çeltik yetiştirme döneminde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemeden elde edilen verilere göre; hasat indeksi %28.06-37.55, fertilitite %49.57-88.63, kırıklı pirinç randımanı %67.87-74-27, yabancı ot sayısı 1.50-2.67 adet/m<sup>2</sup>, tane verimi 271.57-543.33 kg/da arasında değişimler göstermiştir. Araştırma sonucunda uygulamalar arasındaki farklılıklar; organik uygulamalar, fertilitite, yabancı ot sayısı yönünden konvansiyonel uygulamalara göre üstün değerler göstermiştir. Karacadağ çeşidi incelenen tüm özelliklerde en iyi değeri vermiştir. Ekonomik analizde organik Karacadağ uygulaması 371.3 TL/da net kar ile en karlı yöntem olmuştur. Karacadağ çeşidi bölgenin ekolojik koşullarına uyum yeteneğini kanıtlamış bir çeşittir. Karacadağ çeltik çeşidinin organik tarımda kullanılması ile bölgede organik çeltik tarımının yaygınlaştırılabileceği sonucuna varılmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Diyarbakır, organik çeltik, fideleme, yabancı ot, verimlilik.

### Investigation of organic agriculture opportunities in rice cultivation and comparison with conventional agriculture

#### Abstract

The present work was conducted to determine the potentialities of organic rice cultivation in Diyarbakır and to set an example for farmers in transition to organic farming. The local Karacadağ rice and Osmancık-97 breeding variety, the most cultivated variety in the Turkey were used in the research a test material. The research was carried out in 3 replications according to the split plot trial design in random blocks in the 2011 rice growing period in the experimental field of the GAP International Agricultural Research and Training Centre. According to data obtained from the experiment; harvest index %28.06-37.55, fertility %49.57-88.63, broken rice yield %67.87-74-27, number of weeds 1.50-2.67 adet/m<sup>2</sup>, grain yield 271.57-543.33 kg/ha showed changes. As the result of research, fertility, the number weed, in organical agriculture treatments showed superior values according to conventional agriculture treatments. Karacadağ variety showed the best value in all characteristics observing. In the economic analysis, organic Karacadağ application was the most profitable method with a net profit of 371.3 TL/da. Local Karacadağ variety proved its ability to adapt to the ecological conditions of the region. It is suggested that the cultivation of the Karacadağ rice cultivar in organic agriculture conditions may be expanded in the region.

**Keywords:** Diyarbakır, organic rice, transplanting, weed, fertilitiy.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Ülkemiz için son derece önemli olan ve "Verimli Hilal" ya da "Mezopotamya" olarak adlandırılan değerli topraklarda bilinçli tarım yapmak sureti ile ekolojik dengenin korunması önem arz etmektedir (Kendal ve Sayar, 2013). Organik tarım, insan sağlığı ve doğal çevrenin korunmasına yönelik sağladığı katma değerlerin

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 412 326 13 2340 / 327

E-posta : mserif211@gmail.com

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 12 Temmuz 2021

Kabul Tarihi : 20 Aralık 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.970237

yanında, kırsal alanda istihdamı olumlu etkilemekte ve en önemlisi kırsal alandaki ekolojik değerlerin korunmasını sağlamaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi, İklimi ve toprak yapısı, tarımsal ürün çeşitliliği, organik tarım için gerekli işgücü açısından tarımsal nüfusun fazlalığı dikkate alındığında organik tarım üretimi konusunda oldukça ciddi bir potansiyel taşımakta olup, bölge koşullarında organik olarak yetiştirilebilecek başlıca tarla ürünleri arasında çeltik bitkisinin de olduğu vurgulanmıştır (Gürsoy ve ark., 2009; Çetinkaya ve ark., 2013). Çeltiğin işlenmesi sonucu elde edilen pirinç, bileşiminde az miktarda protein içermesine rağmen amino asitlerce zengin olması nedeniyle özellikle yoğun olarak tüketildiği uzak doğu ülkelerinde önemli bir temel gıda maddesidir. Ülkemizde 2017 yılında 51 796 çiftçi ile 382 288 hektar alanda, 1 610 913 ton organik tarımsal üretim gerçekleşmiştir. Organik çeltik; Samsun'da 2 335 ton ve Şanlıurfa'da 271 ton olmak üzere toplamda 2 606 ton olarak gerçekleşmiştir. Diyarbakır'da 715 çiftçi ile 22 üründe toplam 7 878 ton organik tarımsal üretim gerçekleşmiştir (Anonim, 2017). Çeltik, dünya tahıl üretiminde 769.6 milyon ton üretim ile mısırdan sonra ikinci sırayı alan ve insan beslenmesinde besin kaynağı olarak kullanılan önemli bir tahıl cinsidir (FAO, 2017). Ülkemiz 2020 yılı devlet istatistik verilerine göre 1 253 980 dekar, üretimi 980 000 ton, verim ise 782 kg/da'dır. Diyarbakır'da toplam çeltik ekim alanı 15 687 da, üretim ise 7 187 ton, verim ise 458 kg/da'dır (TUİK, 2021). Karacadağ pirincinin mikro element konsantrasyonu açısından Dünya Sağlık Örgütü ve Türk standart kurumunun izin verilen sınırlarının altında olduğu tespit edilmiş ve dolayısıyla kamu tüketimi için güvenli bulunmuştur (Düzgün ve ark. 2018). Çeltikte fideleme yöntemi, ülkemiz için göz önünde bulundurulması gereken bir yetiştirme tekniğidir. Mekanizasyonda meydana gelen gelişmeler, dünyada fideleme yönteminin yaygınlaşmasında önemli rol oynamaktadır. Bu yöntemde yabancı otlarla en iyi şekilde mücadele edilebilmekte ve sulama suyu tasarrufu sağlanabilmektedir (Şavşatlı ve Gülümser, 2006). Ekim yönteminde yabancı ot kontrolünün, tüm sezon etkisine yönelik Filipin'de yaptıkları çalışmada, fideleme ekim yönteminde %11 ürün kaybı meydana gelirken, serpme ekimde ise %20 ürün kaybı meydana gelmiştir (De Datta ve ark., 1969). Toprak verimliliğinin devamı için, derin köklü baklagillerle yeşil gübre bitkileri ile münavebe ve hayvan gübresi ve değişik organik kompost uygulamaları esastır. Baklagil bitkilerinin yeşil gübre olarak uygulandığı çeltik arazilerinde yüksek verimli çeltiklerin azot ihtiyacının %30-50'si karşılanabilmektedir. Bu sistemden elde edilen azot, yeşil gübre bitkisinin türüne, çeşidine uygulama zamanına, toprak yapısı ve özelliklerine bağlı olarak değişir. Yeşil gübre olarak kullanılan baklagiller toprak altına karıştırılır. Bu bitkiler çeltiğin ihtiyaç duyduğu azotun başka bir ilaveye ihtiyaç olmadan büyük ölçüde sağlayabilmektedirler (Dabney ve ark., 1989). Hindistan'da yürütülen araştırmada, fideleme yönteminin uygulanması ile yabancı otlar azalmış ve serpme ekim yöntemine göre % 36.4 oranında bir verim artışı elde edilmiştir (Gogoi ve Kalita, 1991). Güney Kore'deki çalışmada; organik çeltik tarımında toprak verimliliğinin ıslahı için yeşil gübre ve baklagillerin kullanılması (dekara 2 ton tüylü fiğ uygulamasında verim 587 kg, konvansiyonel uygulamada ise verim 576 kg) gerektiği, eğer gerekli ise kompost için bir kaynak materyali olarak çiftlik gübresi (kimyasal gübre 12 kg/da azot uygulamasında verim 621 kg/da olurken, sığır gübre 3 ton/da uygulamasında 584 kg/da ve 6 ton uygulamasında ise 666 kg/da verim sağlanmış) kullanılabilir. Ekolojik ot kontrolü için sürülen arazideki yabancı ot miktarı, sürülmeyene göre % 42-56 daha az olduğu ve elle fidelemede en az yabancı ot miktarı ve çeşidi olurken, direkt kuruya tohum ekiminde en fazla yabancı ot görülmüştür (Choi ve ark., 2002). Malezya'da organik çeltik tarımını araştırmıştır. Fideleme usulü çeltik dikimi yabancı otu minimize ettiğinden dolayı çiftçiler tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. Yabancı ot ilaçlaması yapılmadığından dolayı yabancı ot bulaşmasının büyük bir problem oluşturmaktadır (Abu Bakar ve ark., 2003). Edirne'de yürüttükleri çalışmada, en yüksek tane verimi sırasıyla, 850 kg/da ile ön çimlendirilmiş serpme ekim, 816 kg/da ile ön çimlendirilip kurutulmuş sıraya ekim ve 803 kg/da ile 20 günlük fide dikimi yöntemlerinden alınmıştır. Özellikle organik tarım ve hibrit çeltik üretimi için 20 günlük fide dikimi en uygun yöntem olmuştur (Beşer ve Gençtan, 2001). Trakya Bölgesi'nde çeltikte fideleme bitki boyunu kısaltmıştır (Beşer ve Gençtan, 1999). Samsun'da yürütülen çalışmada tek bitki verimine olumlu etkide bulunan karakterlerin başında başakçık fertilitesi (% 32.1-97.4) yer almış; onu sırasıyla salkımda tane ağırlığı (1.12-5.56 g), kargo genişliği (2.00-3.27 mm) ve salkımda tane sayısı (51-176 adet) izlemiştir (Şavşatlı ve ark., 2008). Diyarbakır ili Karahan Köyünde 2011-2012-2014 yıllarında yürütülen araştırmada; serpme ekim yöntemini kullanarak, Karacadağ çeşidinin birim alan tane veriminin konvansiyonel uygulamada 481.6 kg/da ile en yüksek değeri verdiği, organik Karacadağ uygulamasının ise 417.9 kg/da ile 2. sırada geldiği, Karacadağ çeltik çeşidinin organik tarımda kullanılması ile bölgede organik çeltik tarımının yaygınlaştırılabileceği sonucuna varılmıştır (Alp ve ark., 2018). Diyarbakır yöresinde çeltik tarımı yapan çiftçilerin üretimden hasada kadar geçen sürede yaptıkları tarımsal faaliyetleri ve çiftçilerin organik tarıma bakış açılarını belirlemek amacıyla yapılan anket çalışmasında çiftçilerin %85.7'si organik tarım yapmaya istekli olduklarını ve %93.8 çeşit olarak

Karacadağ çeşidini kullandıklarını ifade etmişlerdir (Kahraman ve ark., 2019). Diyarbakır'da 2012-13 yetiştirme dönemlerinde serpmeye ekim yöntemini kullanarak, çeltikte yürüttükleri araştırmalar sonucunda; Karacadağ çeşidinin birim alan tane veriminin konvansiyonel uygulamada 507.4 kg/da ile en yüksek değeri verdiği, organik Karacadağ uygulamasının ise 468.1 kg/da ile 2. sırada geldiği, organik Osmancık-97 uygulamasının ise 236 kg/da ile son sırada geldiği belirtilmiştir. Ayrıca organik koşullarda sağlam pirinç randımanı (% 61.75) yönünden konvansiyonel uygulamalara (%60.6) göre üstün değerler göstermiştir. Organik koşullarda yetiştirilen Karacadağ yerel çeltik çeşidinin bitkide kardeş sayısı (2.82 adet), m<sup>2</sup>'de salkım sayısı (369.3 adet), salkımda tane sayısı (56.5 adet), salkım uzunluğu (15.9 cm), biyolojik verim (1 344 kg/da) ve pirinç randımanı (% 64.7) yönünden Osmancık-97 ıslah çeşidine göre üstün değerler göstermiştir (Kahraman ve Alp, 2019). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde dar alanlarda ekilmekte olan, unutulmaya yüz tutmuş ancak bu bölge halkı tarafından yoğun bir şekilde tüketilen Karacadağ pirinci analizleri sonucunda; kül miktarı (KM'de) % 0.56-1.05, protein miktarı (KM'de) % 7.94-9.93, pişme süresi 16.00-19.00 dk, su kaldırma oranı 2.50-3.60, hacim artış oranı 1.08-1.24, lif içeriği % 2.92-4.82, fitik asit miktarı 4.22-6.35 mg/g ve kırksız randıman oranları %61.30-70.10 arasında değişmiştir. Sonuçlar incelendiğinde Karacadağ pirincinin özellikle su kaldırma oranının yüksek olduğu dikkat çekmiştir (Köten ve ark., 2020). Bu araştırma Diyarbakır'da organik çeltik tarımının olanaklarını belirlemek ve organik tarıma geçişte çiftçiler için örnek teşkil etmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada materyal olarak Karacadağ ve Osmancık-97 çeltik çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmanın tarla denemesi 2011 yılının çeltik yetiştirme sezonunda GAP Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezinin araştırma alanında yürütülmüştür. Araştırma denemesinde her bir parselin büyüklüğü ekimde 15 m<sup>2</sup> (3\*5 m), hasatta ise 10.0 m<sup>2</sup> (2.5\*4.0 m) olarak düzenlenmiştir. Denemeler; konvansiyonel ve organik tarım yöntemlerine göre 2 ayrı deneme olarak yürütülen çalışmada, bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüş denemelerde, uygulamalar ana faktör, çeşitler alt faktör olarak alınmıştır. Konvansiyonel denemede ön çimlendirilmiş tohumlar 12/05/2011 tarihinde elle dekara 15-18 kg gelecek şekilde serpmeye olarak tavalara 10-15 cm derinliğindeki su içerisine ekilmiş, organik parsellerde ise 12/05/2011 tarihinde fideliğe ekimi yapılan çeltikler (yabancı otlara mücadele için ) 20 günlük iken 20x20 cm sıra mesafelerinde her ocağa 3 fide gelecek şekilde 10-15 cm derinliğindeki su içerisine şaşırtılarak dikilmiştir. Konvansiyonel çeltik parsellerinde 15 kg/da saf azot ve 6 kg/da saf fosfor düşecek şekilde gübre ayarlaması yapılmıştır. Organik çeltik parsellerinde yeşil gübreleme amacıyla ekilen Kirazlı yem bezelyesi % 50 çiçeklenme döneminde yaş ot verimi 1545 kg/da olarak ölçülerek rotovator ile parçalayıp toprağa karıştırılmıştır. Ayrıca ekoflora katı gübresi ekim ile birlikte 140 kg/da ve B5A sıvı organik gübrenin (400 gr/da) yarısı ekim zamanı toprağa, diğer yarısı ise hasattan bir ay önce yapraktan verilmiştir. Konvansiyonel çeltik parsellerinde yabancı otlara karşı kimyasal ilaçlama yapılırken, organik parsellerde yabancı otlar elle ot yolma şeklinde yapılmıştır. Konvansiyonel parseller 26.09.2011 tarihinde, organik parseller ise 11.10.2011 tarihinde hasat edildi. Deneme alanından 0-20 cm derinlikten alınan ve analize tabi tutulan toprak örnekleri killi-tınlı olup, su ile doygunluk oranının % 68, toplam tuz konsantrasyonunun % 0.155, toprak pH'sının 7.67, kireç oranının % 10.13, bitkilere yararlı besin maddelerinden fosfor oranının % 5.72 ve organik madde miktarının % 0.68 olduğu saptanmıştır.

Çizelge 1. Diyarbakır ilinin 2011 yılı çeltik yetiştirme dönemine ait bazı iklim değerleri.

Meteorolojik Elemanlar	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Ort. Hava Nemi (%)	75.7	67.6	38.0	22.5	21.7	30.2	41.6
Aylık Ort. Sıc. (°C)	12.7	17.7	25.5	31.4	30.7	25.0	16.4
En Yük. Ort. Sıcaklık (°C)	19.1	23.0	29.8	37.0	34.2	29.1	22.8
En Düş. Ort. Sıcaklık (°C)	6.6	13.7	19.4	27.6	27.3	15.9	11.1
Ayın En Yük. Sıcaklığı (°C)	27.0	32.2	38.9	44.7	44.3	37.0	32.4
Ayın En Düş. Sıcaklığı (°C)	-0.5	7.5	11.7	17.1	15.9	11.5	3.1
Toplam Yağış (mm)	209	80.1	13.6	0.6	0.0	9.2	11.8
Ortalama Güneşlenme Süresi	5.7	7.9	11.2	11.0	11.4	9.3	6.9

Kaynak: Diyarbakır meteoroloji müdürlüğü

## Bulgular ve Tartışma

Bu araştırmada, kırıklı pirinç randımanı yönünden uygulama x çeşit interaksiyonları arasında % 1 düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiş olup, çeşit ve uygulamalar arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olmadığı saptanmıştır. Bu araştırmada uygulama x çeşit interaksiyonlarına ait randıman değerlerinin konvansiyonel Karacadağ % 74.27 ile en yüksek pirinç randımanına sahip olduğu, konvansiyonel Osmancık-97 çeşidinin ise % 67.87 ile en düşük pirinç randımanına sahip olduğu görülmektedir. Kırıklı pirinç randımanı özelliğine ilişkin, çeşitlere ait ortalama randıman değerleri Karacadağ çeşidinde % 72.85 ve Osmancık-97 çeşidinde ise % 70.80 olduğu; uygulamalara ait ortalama randıman değerlerin organik uygulamada % 72.58 ve konvansiyonel uygulamada ise % 71.07 olduğu görülmektedir (Çizelge 2). [Koca ve Anıl \(2001\)](#), pirinç randımanı üzerine genetik özellikler (tane uzunluğu, tane genişliği, tane iriliği, camsılık vb.), kültürel uygulamalar ve çevre şartları (yağış, sıcaklık vb.) gibi faktörlerin etkili olduğunu belirtmişlerdir. [Kahraman ve Alp \(2019\)](#), Diyarbakır'da 2012-13 yetiştirme dönemlerinde çeltikte yürüttükleri araştırmalar sonucunda organik koşullarda sağlam pirinç randımanı (% 61.75) yönünden konvansiyonel uygulamalara (%60.6) göre üstün değerler gösterdiğini belirtmişlerdir. [Köten ve ark. \(2020\)](#), kıriksız randıman oranlarının %61.30-70.10 aralıklarında değiştiğinin tespit etmişlerdir.

Yabancı ot sayısı yönünden uygulamalar arasında % 5 düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiş olup, çeşit ve uygulama x çeşit interaksiyonları arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar olmadığı saptanmıştır. Bu araştırmada yabancı ot sayısına ilişkin, çeşitlere ait ortalama yabancı ot sayısı değerleri Karacadağ çeşidinde 2.08 adet ve Osmancık-97 çeşidinde ise 2.33 adet olduğu; uygulamalara ait değerlerin organik uygulamada 1.75 adet ve konvansiyonel uygulamada ise 2.67 adet olduğu; uygulama x çeşit interaksiyonlarına ait değerlerinin konvansiyonel Karacadağ ve Osmancık-97 çeşidinde 2.67 adet ile en yüksek yabancı ota sahip olduğu, organik Karacadağ çeşidinin ise 1.50 adet ile en düşük değere sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Organik parsellerde fideleme yöntemi ile ekim yapıldığından yabancı ot miktarı daha düşük çıkmıştır. Yabancı ot türleri yoğunluk miktarlarına göre sırasıyla organik parsellerde; darıcan, pıtrak, sazlık, kaynaş, semiz otu olurken, konvansiyonel parsellerde; darıcan, pıtrak, kaynaş, semiz otu olmuştur. [De Datta ve ark. \(1969\)](#), fideleme ekim yönteminde %11 ürün kaybı meydana gelirken, serpme ekimde ise %20 ürün kaybı meydana geldiğini belirtmiştir. [Abu Bakar ve ark. \(2003\)](#), fideleme usulü çeltik dikimi yabancı otu minimize ettiğinden dolayı çiftçiler tercih ettiklerini ifade etmişlerdir. [Beşer ve Gençtan \(2001\)](#), organik tarım ve hibrit çeltik üretimi için 20 günlük fide dikiminin en uygun yöntem olduğunu ifade etmişlerdir.

Çizelge 2. Kırıklı pirinç randımanı ve yabancı ot sayısı ortalama değerleri ile oluşan gruplar.

Uygulamalar	Kırıklı Pirinç Randımanı (%)		Ortalama	Yabancı Ot Sayısı (adet/m <sup>2</sup> )		Ortalama
	Karacadağ	Osmancık-97		Karacadağ	Osmancık-97	
Konvansiyonel	74.27 A	67.87 B	71.07	2.67	2.67	2.67 A
Organik	71.43 A	73.73 A	72.58	1.50	2.00	1.75 B
Ortalama	72.85	70.80		2.08	2.33	
Varyasyon Katsayısı (%)		2.07		11.32		
EGF Çeşit		Ö.D		Ö.D		
EGF Uygulama		Ö.D		0.86*		
EGF interaksiyon		3.37**		Ö.D		

\*: % 5 seviyesinde önemlidir, \*\*: % 1 seviyesinde önemlidir.

Hasat indeksi yönünden çeşitlere ait ortalama değerlerin Karacadağ çeşidinde %35.83 ve Osmancık-97 çeşidinde ise %28.40 olduğu görülmektedir. Uygulama x çeşit interaksiyonlarına ait değerler incelendiğinde; en düşük hasat indeksi konvansiyonel Osmancık-97 çeşidinde %28.06 ve en yüksek hasat indeksi organik Karacadağ çeşidinde %37.55 olarak ölçülmüştür (Çizelge 3). [Şahin ve ark. \(2012\)](#), Çankırı İli Kızılırmak İlçesinde yürüttükleri çalışmada, çeltik çeşitlerinde hasat indeksini %28.8-53.3 arasında bulmuşlardır. Organik Karacadağ çeşidinde verimin yüksek olması hasat indeksinin yüksek çıkmasını sağlamıştır.

Fertilite yönünden çeşitler arasında ortalama değerlerin Karacadağ çeşidinde %82.97 ve Osmancık-97 çeşidinde ise %60.98 olduğu görülmektedir. Uygulamalar yönünden organik uygulamaya ait ortalama değerlerin %80.52 ve konvansiyonel uygulama da ise %63.43 olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Çiçeklenme devresinde, günlük maksimum sıcaklık 35°C'nin üzerinde olduğu zaman, başakta kısırlık artmaktadır. Fertilite oranı tozlanma dönemindeki yüksek sıcaklıktan dolayı azalmakta ve verimi olumsuz etkilemektedir. Karacadağ çeşidinde fertilite oranının yüksek olması, bu çeşidin yerel bir çeşit olması, bölgeye adapte olması

ve yüksek sıcaklığa toleranslı olmasından kaynaklanmaktadır. Organik uygulamada fertilitenin yüksek olması ise tozlanma döneminin gecikmesinden dolayı yüksek sıcaklığın nispeten daha düşük olduğu dönemde gerçekleşmesinden kaynaklanabileceği tahmin edilmektedir. [Şavşatlı ve ark. \(2008\)](#), Samsun'da yürüttükleri çalışmada başakçık fertilitelerini %32.1-97.4 bulmuşlardır.

Çizelge 3. Hasat indeksi ve fertilitite ortalama değerleri ile oluşan gruplar.

Uygulamalar	Hasat İndeksi (%)		Ortalama	Fertilitite (%)		Ortalama
	Karacadağ	Osmancık-97		Karacadağ	Osmancık-97	
Konvansiyonel	34.11	28.06	31.08	77.30	49.57	63.43 B
Organik	37.55	28.75	33.15	88.63	72.40	80.52 A
Ortalama	35.83 A	28.40 B		82.97 A	60.98 B	
Varyasyon Katsayısı (%)		11.69		10.20		
EGF Çeşit		6.01*		11.77**		
EGF Uygulama		Ö.D		17.94*		
EGF interaksiyon		Ö.D		Ö.D		

\*: % 5 seviyesinde önemlidir, \*\*: % 1 seviyesinde önemlidir.

Tane verimi yönünden çeşitler arasında % 1 düzeyinde ve uygulama x çeşit interaksiyonları arasında % 5 düzeyinde önemli farklılıklar belirlenmiştir. Bu çalışmada tane verimi özelliğine ilişkin, çeşitlere ait ortalama değerlerin Karacadağ çeşidinde 490.17 kg/da ve Osmancık-97 çeşidinde ise 293.52 kg/da olduğu; uygulamalara ait ortalama değerlerin organik uygulamada 407.45 kg/da ve konvansiyonel uygulamada ise 376.23 kg/da olduğu; uygulama x çeşit interaksiyonlarına ait değerlerin organik Karacadağ çeşidinde 543.33 kg/da ile en yüksek değeri gösterdiği, organik Osmancık-97 çeşidinin ise 271.57 kg/da ile en düşük değeri gösterdiği görülmektedir (Çizelge 4). Organik Karacadağ çeşidinin verim yönünden yüksek çıkması, bu çeşidin bölgeye adapte olmasından, organik uygulamada fideleme yöntemi uygulandığından, çiçeklenme gün sayısının daha fazla olması nedeniyle tozlanma döneminin gecikmesi ve daha serin döneme gelmesi, yeşil gübreleme, katı ve sıvı organik gübrenin Karacadağ çeltiği için yeterli gübreleme ihtiyacını karşıladığı tahmin edilmektedir. Karacadağ yerel çeşidinin hem konvansiyonel hem de organik koşullarda Osmancık-97 çeşidine birim alan tane verimi bakımından belirgin bir üstünlük sağladığı gözlenmiştir. Osmancık-97 çeşidinin yerel Karacadağ çeşidinden daha düşük tane verimi göstermesi bu çeşidin çiçeklenme döneminin yüksek sıcaklıklara denk gelmesi ve Diyarbakır ekolojisine tam olarak uyum gösterememesinden kaynaklandığı söylenebilir. [Choi ve ark. \(2002\)](#), Güney Kore'de yaptıkları organik çalışmada; tüylü fiğ uygulamalarında tane verimi 5680-5870 kg/ha, konvansiyonel uygulamada ise verimi 5760 kg/ha olarak bulmuşlardır. Ayrıca çiftlik gübresi uygulamalarında tane verimi 5340-6660 kg/ha, konvansiyonel uygulamada ise verimi 6210 kg/ha olarak bulduklarını ve Tüylü fiğ ile çiftlik gübresinin kullanılabilir olduğunu ifade etmişlerdir. [Lee ve ark. \(2003\)](#), Güney Kore'de yaptıkları organik çalışmada; dekara 10 kilo azot, 3 kilo fosfor uygulaması 5690 kg/ha ile en yüksek verimi verdiğini, dekara 2 ton tüylü fiğ uygulamasından 5290 kg/ha, dekara 1.2 ton kompost uygulamasından 4380 kg/ha verim elde ettiklerini ifade etmişlerdir. [Abu Bakar ve ark. \(2003\)](#), Malezya'da yaptıkları çalışmada organik uygulamalarda verimi 1760-4100 kg/ha arasında, ortalama verimi ise 3200 kg/ha olarak elde ettiklerini ve konvansiyonel çeltikte verimin bölgede 5000 kg/ha civarında olduğunu belirtmişlerdir. [Beşer ve Gençtan \(1999\)](#), çeltik verimlerinin ekoloji, çeşit ve kullanılan teknolojiye göre değiştiğini ifade etmişlerdir. [Alp ve ark. \(2018\)](#) ile [Kahraman ve Alp \(2019\)](#), yaptıkları çalışmalarda her iki uygulamada da serpme ekim yöntemini kullanarak, konvansiyonel Karacadağ çeşidinin en yüksek verimi verdiğini, organik Karacadağ çeşidinin ise 2. en yüksek verimi verdiğini belirtmişlerdir. Karacadağ çeşidi uzun boylu olduğundan yatmaya meyilli bir çeşittir. Yatma değerleri incelendiğinde; Osmancık-97 çeşidinde yatma görülmemiş olup, Karacadağ çeşidinde organik parsellerde yatma oranının konvansiyonel parsellere göre biraz düştüğü görülmüştür (Çizelge 4.).

Çizelge 4. Tane verimi ve yatmada ortalama değerleri ile oluşan gruplar.

Uygulamalar	Tane Verimi (kg/da)		Ortalama	Yatma Değerleri (1-9)	
	Karacadağ	Osmancık-97		Karacadağ	Osmancık-97
Konvansiyonel	437.00 B	315.47 C	376.23	7	1
Organik	543.33 A	271.57 C	407.45	3	1
Ortalama	490.17 A	293.52 B			
Varyasyon Katsayısı (%)		8.09			
EGF Çeşit		50.87**			
EGF Uygulama		Ö.D			
EGF interaksiyon		71.94*			

\*: % 5 seviyesinde önemlidir, \*\*: % 1 seviyesinde önemlidir. Yatma yok (1), yatma %0-10 (2), yatma %11-25 (3), yatma %26-50 (4), yatma %50'den fazla (5)

Şahin ve ark. (2013), Çeltikte yatmanın, iklim faktörleri, ekim sıklığı, azotlu gübre gibi yetiştirme tekniği, diğer taraftan bitkinin bazı genetik, morfolojik ve fizyolojik özelliği ile ilgili olduğunu, bitkinin boyunun uzamasının yatmaya neden olabildiğini, genellikle uzun boylu genotiplerin yatma eğiliminde olmasından dolayı, çeşit seçiminde ve çeşit geliştirme çalışmalarında kısa boylu genotiplerin tercih edildiğini bildirmiştir.

Uygulanan yöntemlerin ekonomik yönden karşılaştırılması amacıyla kısmi bütçeleme analiz yöntemi kullanılmıştır. Denemeler sırasında kullanılan girdiler GAP Uluslar Arası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Diyarbakır İl gıda tarım ve hayvancılık il müdürlüğü ve Edirne ticaret odası verileri kullanılmıştır. Gider hesaplamaları yapılırken üretim alanının mülk olduğu varsayılmış bu nedenle tarla kiralama bedeli hesaplanmamıştır. Ayrıca işçilik (gübreleme, ilaçlama, toprak işleme vs.) ve bazı yakıt giderleri her bir uygulamada gidere dahil edilmiştir.

Düzeltilmiş verim, uygulamalardan elde edilen ortalama verim üzerinden aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır.

$$\text{Düzeltilmiş verim} = \text{Ortalama verim} - (0,1 \times \text{Ortalama verim})$$

Uygulamalardan elde edilen brüt gelir ve net gelirin hesaplanmasında kullanılan formüller aşağıda verilmiş olup, 2014 yılı Karcadağ çeltiği Tarım ilçe çeltik maliyet cetveline göre toptan fiyatı 2 TL/kg, Osmancık çeltiği Edirne ticaret borsası Ekim ayı bültenine göre toptan fiyatı 1.50 TL/kg olarak alınmıştır. 2014 yılı Organik Karcadağ çeltiği çiftçi beyanına göre toptan fiyatı 2.60 TL/kg olarak alınmıştır. Organik Osmancık çeltiği de 2.60 TL/kg olarak alınmıştır.

$$\text{Brüt Gelir} = \text{Düzeltilmiş verim} \times \text{çeltik fiyatı}$$

$$\text{Net gelir} = \text{Brüt gelir} - \text{Değişen masraflar toplamı}$$

Kısmi bütçe analiz yöntemi kullanılarak uygulanan yöntemler birbiriyle kıyaslanmıştır. Uygulamalarda kullanılan girdiler, bu girdilerin 1 dekadaki maliyetleri ve her bir yöntemdeki toplam değişen masraflar (kg/da) Çizelge 5'te verilmiştir.

Çizelge 5. 2014 yılına ait çeltik bitkisine ait girdiler ve bu girdilerin birim fiyatı (TL/da)

Masraf unsurları	Konvansiyonel	Organik
Ark açma, tava yapma	15	15
Pulluk	19	19
Kültüvatör	6	6
Tesviye	10	10
Rotovatör	-	8
Ekim ve tohum bedeli	63	29
Gübreleme	84	128
İlaçlama	16	-
Sulama	160	160
Bakım (ot alma)	-	40
Fideleme	-	400
Hasat ve pazarlama	80	80
Alet ve makine bakımı	5	5
Değişen masraflar toplamı	<b>458</b>	<b>900</b>

Konvansiyonel uygulamaların toplam değişen masraflarının organik uygulamalardan daha düşük olduğu görülmektedir. Toplam değişen masrafların en yüksek olduğu yöntem kurumumuzdaki organik uygulamadaki fideleme yönteminin uygulandığı yöntem olmuştur. Organik parsellerde fideleme ile yapılan denemede net gelir bakımından sırasıyla; organik Karacadağ çeşidi uygulaması 371.3 TL/da ile en karlı yöntem olurken, konvansiyonel Karacadağ uygulaması 328.6 TL/da ile 2. sırada karı en yüksek yöntemler olmuştur (Çizelge 6). Organik Osmancık-97 uygulamasında 264.5 TL/da ve konvansiyonel Osmancık-97 uygulamasında 32.1 TL/da net zarar edilmiştir.

Çizelge 6. 2014 yılına ait elde edilen verilerin ekonomik analiz sonuçları

	Konvansiyonel		Organik	
	Karacadağ	Osmancık-97	Karacadağ	Osmancık-97
<b>Ortalama verim (kg/da)</b>	437.0	315.5	543.3	271.6
<b>Düzeltilmiş verim (kg/da)</b>	393.3	284.0	489.0	244.4
<b>Brüt gelir (TL/da)</b>	786.6	425.9	1271.3	635.5
<b>Değişen mas. top. (TL/da)</b>	458.0	458.0	900.0	900.0
<b>Net gelir (TL/da)</b>	<b>328.6</b>	<b>-32.1</b>	<b>371.3</b>	<b>-264.5</b>

## Sonuç

Araştırma sonucunda uygulamalar arasındaki farklılıklar; organik uygulamalar, fertilite, yabancı ot sayısı yönünden konvansiyonel uygulamalara göre üstün değerler göstermiştir. Karacadağ çeşidi incelenen tüm özelliklerde en iyi değeri vermiştir. Organik parsellerde fideleme yöntemi ile ekim yapıldığından yabancı ot miktarı daha düşük çıkmıştır. Çeltik verimi, organik Karacadağ çeşidinde 543.3 kg/da ile en yüksek değeri, organik Osmancık-97 çeşidinin ise 271.6 kg/da ile en düşük değeri vermiştir. Ekonomik analizde organik Karacadağ uygulaması 371.3 TL/da net kar ile en karlı yöntem olmuştur. Büyük alanlarda fideleme ekim yapılacaksa fideleme makinasıyla ekim yapılması uygun olacaktır. Karacadağ çeşidi bölgenin ekolojik koşullarına uyum yeteneğini kanıtlamış bir çeşittir. Karacadağ çeltik çeşidinin organik tarımda kullanılması ile bölgede organik çeltik tarımının yaygınlaştırılabileceği sonucuna varılmıştır.

## Teşekkür

Bu çalışma Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Tarafından desteklenmiştir. (Proje No: TAGEM/TA/11/07/03/005)

## KAYNAKLAR

- Abu Bakar A.R, Yon R, Abdullah S, Zakaria A, Omar O, Malik Z, Othman S, & Azmi M, 2003. Conversion of Kampong rice fields in Langkavi, Malaysia, into organic rice farming. Erişim: [http://www.regional.org.au]
- Alp A, Kahraman Ş, Atakul Ş, & Kılınc S, 2018. Research on cultivation potentialities of 'Local Karacadağ' and 'Osmancık-97' rice varieties in organic agricultural conditions. Applied Ecology and Environmental Research 16(3):2861-2872, Budapest, Hungary.
- Anonim, 2011. Diyarbakır Meteoroloji Müdürlüğü Kayıtları.
- Anonim, 2017. www.tarim.gov.tr/organik-tarimsal-uretim-verileri. Erişim Tarihi: 18.03.2019.
- Beşer N, & Gençtan T, 1999. Trakya Bölgesi'nde Değişik Ekim Yöntemlerinin Çeltikte (Oryza sativa L) Verim ve Bazı Tarımsal Karakterlere Etkisi. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi. Adana. S, 462-467.
- Beşer N, & Gençtan T, 2001. Dört Sulama Yönteminin Çeltikte (Oryza sativa-L) Bazı Kalite Özellikleri ve Verime Etkisi, Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Yayınları 119, Kırklareli. S,125-132.
- Choi D, Goh H.G, & Lee Y.J, 2002. The Modern Technique For Organic Rice Cultivation In Korea. RDN/ARNOA International Conference " Development of Basic Standart for Organic Rice Cultivation " 12-15 November 2002. RDA and Dankook Univ. Korea. S, 286-306.
- Çetinkaya H., Kendal E. & Sayar M. S. 2013. Ekolojik tarım açısından Güneydoğu Anadolu Bölgesinin önemi, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6 (1): 195-198
- Dabney S.M, Breitenbeck G. A, Griffin J. L. & Hoff B. J, 1989. Subterranean clover cover crop used to increase rice yield. Agronomy Journal. Vol. 81, No. 3. p. 483-487.
- De Datta S.K. Moomaw J.C. & Bantilan T, 1969. Effects Varietalntype, Method Of Planting And Nitrogen Level On Competition Between Rice And Weeds. Pages 152-163 In Proceeding 2 Nd Asian Pacific Weed Control Congres. Los Banos, Philippines.
- Düzgün M, Baran F.B, Kahraman Ş, & Düz M.Z, 2018. Determination of trace elements in Karacadağ rice by icp-oes. Internationa Engineering and Natural Sciences Conference. S, 525-533, Diyarbakır.
- FAO, 2017. Rice Productions, The Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Source: [www.faostat.fao.org]. Access Date: 29.09.2019.
- Gogoi A.K, & Kalita H, 1991. Transplanting Reduces Weed Infestation in Rice. Weed Abs. 1993. 042-01578.
- Gürsoy S, Türk Z, İkinci İ, & Kolay B, 2009. Diyarbakır İli ve İlçelerinde Çiftçilerin Organik Tarıma Bakış Açısı. 1. GAP Organik Tarım Kongresi, 17-20 Kasım 2009, Şanlıurfa. S, 254-259.
- Kahraman Ş, Atakul Ş, & Kılınc, S. 2019. Diyarbakır Yöresinde Çeltik Tarımının Yapısal Durumu. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi. 8 (1):81-90, Konya.

- Kahraman Ş, & Alp A, 2019. A Comparative Study of Yield and Quality of Local Karacadağ and Osmancık-97 in Conventional and Organic Agricultural Conditions. *Bangladesh J. Bot.* 48(4): 1133-1142.
- Kendal E. & Sayar, M.S. 2013. Dicle ve Fırat havzalarında bilinçsiz sulamanın ekolojik denge üzerinde oluşturduğu riskler, *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6 (1): 89-91.
- Köten M, Ünsal A.B, & Kahraman Ş, 2020. Physicochemical, nutritional, and cooking properties of local Karacadağ rice (*Oryza sativa* L.) – Turkey. *International Food Research Journal* 27(3): 435 - 444, Malezya.
- Lee Y.H, Lee S.M, Lee Y.J, & Choi D.H, 2003. Rice cultivation using organic farming system with organic input materials in Korea National Institute of Agricultural Science and Technology, Suwon 441-707, South-Korea.
- Şavsatlı Y, Gülümser A, 2006. Fideleme ve serpm ekm yöntemlerinin bazı çeltik çeşitlerinde verim ve kalite karakterlerine etkileri. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2006, 21(2): 154-159.
- Şahin M, Sezer İ, Dengiz O, Akay H, Öner F, 2012. Kızılırmak Şartlarında Yetiştirilen Bazı çeltik Çeşitlerinin Verim Performanslarının Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 5(1):33-36.
- Şahin M, Sezer İ, Akay H, Dengiz O, Sırat A, & Öner F, 2013. Bafra Şartlarında Yetiştirilen Bazı Çeltik Çeşitlerinin Arazi Uygunluk Sınıflarına Göre Verim Performanslarının Belirlenmesi. 10. Tarla Bitkileri kongresi, 10-13 Eylül 2013, sayfa 287-293, Konya.
- Şavsatlı Y, Gülümser A, & Sezer İ, 2008. Samsun ekolojik şartlarında yetiştirilen çeltik genotiplerinin verim ve verim unsurları bakımından karşılaştırılması. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008, 23(1): 7-16.
- TUİK, 2021. Türkiye İstatistik Kurumu. Erişim Tarihi: 11.078.2021.





## Çay fabrikasyon atığının windrow yöntemine göre kompostlanması

Songül Rakıcıoğlu\*, Rıdvan Kızılkaya

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

### Özet

Bu çalışmada, çay fabrikasyon artıklarından oluşan biyokütle hayvan gübresinden ekstrakte edilen çözelti ilave edilerek % 60 nem koşulunda windrow yöntemi ile kompostlanmıştır. Kompost yığınının sıcaklık, nem, pH, EC, C/N oranı, N ve organik C içeriğindeki değişimler 30 günlük kompostlanma sürecince saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yığının sıcaklığı 2. günde termofilik faza ulaşmış, en yüksek sıcaklık 3. günde 60°C olarak belirlenmiş ve 26. günde termofilik faz tamamlanmıştır. Başlangıçta C/N oranı 22,56 olan çay atığının 30. gün sonunda C/N oranı 10,44'e düşmüştür. Renk analiz sonuçlarına göre başlangıçta çay atığının rengi 2.5YR3/4 iken son ürün olan çay kompostunun rengi 10YR2/1 olarak belirlenmiştir. Deneme sonunda, çay fabrikasyon artıklarının windrow yöntemi ile herhangi bir diğer bitkisel ve hayvansal atıklar ile karıştırılmaksızın, mikrobiyal inokülasyon ile başarılı bir şekilde kompostlanabileceği saptanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Çay fabrikasyon atığı, organik atık, kompostlama, windrow, C/N.

### Composting of the tea fabrication waste according to the windrow method

#### Abstract

In this study, the extract obtained from animal manure was added to the biomass including tea fabrication waste, and it was composted by windrow method at 70% humidity condition. Changes in temperature, pH, EC, C/N ratio, N and organic carbon content of compost pile were determined during the 30 days of composting process. According to the results, the temperature of the compost pile reached the thermophilic phase at 2nd day, the highest temperature was determined at 3rd days as 60°C and thermophilic phase completed at 26th days. The C/N ratio of tea waste, which was 22.56 at the beginning, decreased to 10.44 at the end of 30 days. According to the color analysis results, the initial tea waste was 2.5YR3/4, while the final product tea compost was determined as 10YR2/1. At the end of the experiment, it was determined that tea fabrication wastes could be successfully composted with only microbial inoculation by windrow method without mixing with any other plant and animal wastes.

**Keywords:** Tea fabrication waste, organic waste, composting, windrow, C/N.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Tarımsal ve evsel artık ve atıkların tamamına yakını organik materyallerden meydana gelmektedir. Organik materyaller aerobik kompostlanarak değerli bir organik toprak düzenleyicisine dönüştürülebilmektedir. Bu durum gerek çevre kirliliğine sebep olan organik artık ve atıkların değerlendirilmesi gerekse topraklar için değerli bir organik madde kaynağı elde edilmesi açısından önem taşımaktadır. Aerobik kompostlama, organik materyallerin aerobik koşullarda biyolojik olarak ayrışmasıdır. Biyolojik aktivite sonucu açığa çıkan ısının bir sonucu olarak termofilik sıcaklık artışına izin veren koşullar altında meydana gelen son ürün stabildir (Haug,1993; Hepşen Türkay, 2010). Pek çok organik atığın toprağa uygulanması ile kompostlarının uygulanması karşılaştırıldığında; kompost uygulaması, çevre sağlığı, düşük maliyet ve bitkisel verim açısından daha avantajlıdır (Hepşen Türkay, 2010). İntensif tarım yapılan alanlarda yoğun toprak işleme, kimyasal gübreleme ve ilaçlama yapıldığından bu alanlarda toprak organik maddesi hızla tükenmektedir. Geleneksel tarım sistemlerinde hayvansal ve bitkisel çiftlik atıklarının gübre olarak kullanılması ve bu uygulama ile elde edilen ürün arasında önemli pozitif bir ilişki mevcuttur (Hepşen Türkay, 2010). Tarım

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 05308862981

E-posta : rakicioglusongul@gmail.com

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 21 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 06 Aralık 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.998698

topraklarının organik madde kaynağı yalnızca organik materyal ilavesi ile mümkündür. Ancak aerobik kompostlama üzerine akademik çalışmalar genellikle ahır gübreleri ve bahçe atıklarının değerlendirilmesi üzerinde yoğunlaşmıştır. Çay bitkisi (*Camellia sinensis*) gibi özellikle bölgesel olarak büyük miktarlarda açığa çıkan organik atıkların kompostlanma metotları detaylandırılmamış olmakla beraber bilinirliği ve uygulaması yaygın değildir (Edwards ve ark., 2011). Topraklara organik madde ilavesi veya başka bir deyişle toprak organik maddesi varlığı toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini doğrudan etkilemektedir (Kızılkaya ve Hepşen, 2007; Gülser ve ark., 2015; Demir ve Gülser, 2021). Organik materyallerin aerobik kompostlamasının gerçekleşebilmesi için gerekli çevresel faktörler sıcaklık, havalanma, nem, ortamın C/N oranı ve pH düzeyidir. Sıcaklık, ortamdaki mikroorganizma tipini, metabolik aktivite oranını ve organik atığın parçalanma-ayırışma oranını belirleyen temel bileşenlerdendir (Durmuş ve Kızılkaya, 2018).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye’de büyük miktarlarda açığa çıkan ve değerlendirilmeyen, çay bitkisi (*Camellia sinensis*) fabrikasyon atığının organik toprak düzenleyici olarak değerlendirilebilmesi için hayvansal kökenli atıklarla karıştırılarak yapılan klasik kompostlama sistemlerinin aksine, mikrobiyal inokülasyon ile kompostlanması ve kompostlanma sürecinde bitkisel kökenli yığının sıcaklık, nem, pH, EC, N, C ve C/N oranı gibi özelliklerdeki değişimlerin araştırılması amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Türkiye Doğu Karadeniz Bölgesinde yaygın bir şekilde tarımı yapılan çay bitkisinin (*Camellia sinensis*) hasat sonu fabrikasyon artıklarının toprak organik materyali olarak değerlendirilebilmesi için aerobik kompostlanması sürecinde öncelikle çay fabrikasyon artıkları temin edilerek bu artıkların besin maddesi kapsamı ile kimyasal özellikleri belirlenmiştir (Çizelge 1). Çalışmanın amacı doğrultusunda çay bitkisi artıkları temin edildikten sonra materyal kompostlanma işlemi için, sıralı yığın sistemine uygun hale getirilmiştir.

Çizelge 1. Çay fabrikasyon atığının besin maddesi kapsamı ile kimyasal özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Kacar 1972, 1995; Ryan ve ark. 2001)

Analiz	Uygulanan Yöntem
Toplam Organik madde	Kuru yakma (etil alkol içerisinde çözündürülmüş %5’lik H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> ’den her 1 gr materyale 1 ml olacak şekilde ilave edilmesi sonucu porselen krozelerde 550°C’de yakılması) yöntemi ile
Toplam Azot	Kjeldahl yöntemine göre
C/N	Organik madde ve N analizleri sonucu hesaplama ile
pH	1:10 (w/v), toprak: organik atık karışımında pH-metre ile
EC	1:10 (w/v), toprak: organik atık karışımında EC-metre ile

Çay atıklarından kompost eldesi sağlamak için windrow yöntemi kullanılmıştır. Süreç boyunca çay bitkisi fabrikasyon atığı kompost eldesinde ideal koşullar belirlenmiş ve kompost eldesi sağlanmıştır. Bu amaçla, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümünde kurulu sıralı yığın kompostlama işlemi ile kompostlamayı sağlayan windrow kompostlayıcı kullanılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Çay atıklarının kompostlanmasında kullanılan windrow kompostlayıcı ve kompost eldesi

Artık ve atık çay bitkisi biyokütlesinin C/N oranını dengelemek amacıyla yöntem olarak, herhangi bir bitkisel ve hayvansal atık ile karıştırılarak yapılan klasik kompost eldesi değil sadece hayvan gübresindeki mikrofloranın ilavesi ile kompost eldesi tercih edilmiştir. Organik artıkların termofilik kompostlanması metodolojisine uygun olarak optimum süre ve ideal ortam şartlarının oluşturulması için ahır gübresi ve orman toprağı ekstraktları üzerine strarter mikrobiyal aktivite için enerji ve N ilavesi yapılmıştır. Materyal ideal kompost özelliklerine ulaşınca kadar windrow yöntemi ile kompostlanmıştır. Kompostlanmasının sağlanması amacıyla, taze orman toprağı ve ahır gübresi mikroorganizmaları ekstrakte edilerek kompostlama sırasında yığına inoküle edilmiştir. Karışımın nem içeriğı %70 olacak şekilde nemlendirilmiş ve her gün kompostlayıcı ile karıştırılarak ideal kompost özelliklerine gelinceye değin (termofilik koşullar sonlandığı zaman) windrow kompostlayıcıda işlemler sürdürülmüştür. Kompostlama süreci tamamlanincaya değin (30. güne kadar) karışımın içinde muhtelif yerlerinden her gün alınan örneklerde sıcaklık, nem, pH, EC, % organik C, % total N ve C/N oranları Çizelge 1’de verilen yöntemlere göre belirlenmiştir. Renk analizi ise Munsell toprak renk kataloğına göre yapılmış ve değerlendirilmiştir.

## Bulgular ve Tartışma

Kompostlama süreci başlamadan önce temin edilen artıkların bazı kimyasal özellikleri (pH, EC, toplam organik C, toplam N ve C/N) Çizelge 1’de verilen yöntemler ile belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Çay fabrikasyon atığının bazı kimyasal özellikleri

Analiz	Sonuç
pH 1:10	5.18
EC 1:10 (dS/m)	2.94
Organik madde, %	97.21
Toplam Organik C, %	56.39
Toplam N, %	2.50
C/N	22.56

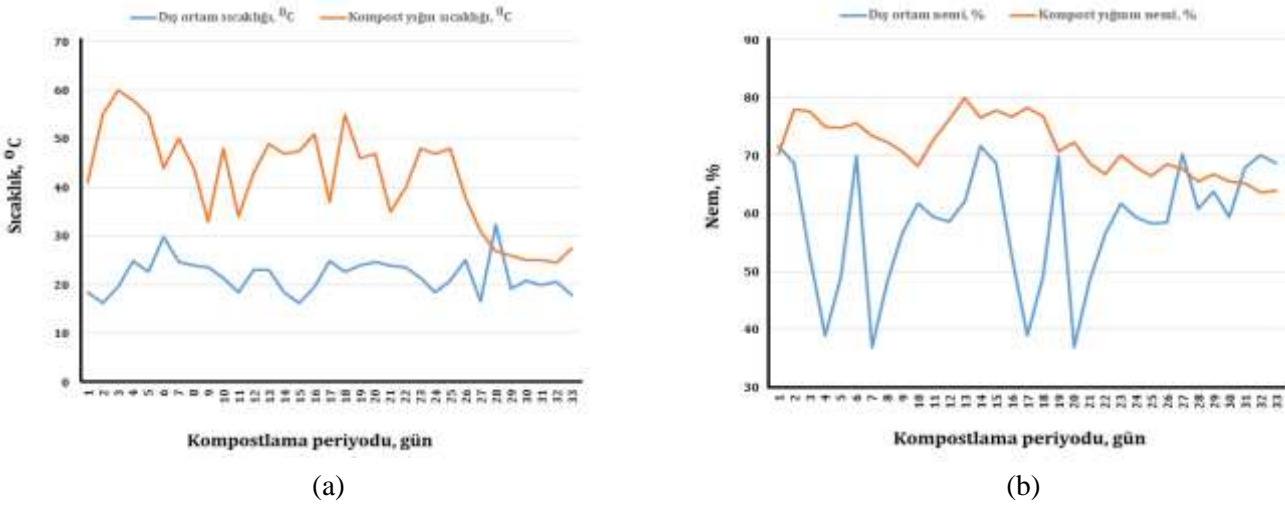
Çay fabrikasyon atıklarından aerobik koşullarda kompost eldesinin sağlanması amacıyla kullanılan “windrow yöntemi”, aerobik koşullarda gerçekleşen termofilik kompostlama yöntemidir. Yapılan çalışmalarda, termofilik kompostlama sürecinde yığın sıcaklığının belirli bir süre termofilik koşullar olan 45-65 °C seviyelerine ulaştığı ve bu sıcaklıkta belirli bir süre kaldığı bildirilmektedir (Gray ve Sherman, 1969; Poincelot, 1972; Zucconi ve de Bertoldi, 1987; Nielsen ve Berthelsen, 2002). Termofilik kompostlama sürecindeki sıcaklık artışı patojen mikroorganizma popülasyonu ve çeşitliliğini düşürürken, yabancı ot tohumları ve zararlı böcek larvalarını inaktive etmektedir. Termofilik kompostlama termofilik evre ve olgunlaşma evresi olmak üzere 2 fazdan meydana gelmektedir (Dominguez ve Edwards, 2011; Durmuş ve Kızılkaya, 2018). Dolayısıyla sürecin sıcaklık takibi ve süresi önemlidir. Kompostlama süreci başlarken ilave edilmiş olan ahır gübresi ve orman toprağından ekstraksiyon sonucu izole edilen mikroorganizma sayımında toplam bakteri hücresi  $129,3 \times 10^7 \text{ ml}^{-1}$  ve funguslar göz ardı edilecek kadar az sayıda tespit edilmiştir. Çalışmada kompostlama süreci tamamlanincaya değin kompost yığının içinden muhtelif yerlerinden her gün alınan örneklerde günlük olarak sıcaklık, nem, pH, EC, % organik C, % total N ve C/N oranları Çizelge 1’de verilen yöntemlere göre belirlenmiştir.

### Kompostun sıcaklık ve nem içeriklerinde meydana gelen değişimler

Çay fabrikasyon atıklarının aerobik koşullarda windrow yöntemi ile yapılan kompostlama işleminde yığının ve dış ortamın sıcaklık ve nem içeriğindeki değişimler Şekil 3’te verilmiştir. Kompost ısı, organik maddenin mikrobiyal parçalanmasının yan ürünü olarak ortaya çıkmaktadır. Isı üretimi; yığının büyüklüğüne, nem içeriğine, havalandırmaya ve C/N oranına bağlıdır. Kompostlanmanın başlangıç evresi olan parçalanma, en hızlı şekilde kompostlanmanın termofilik fazda gelişmektedir. Bu aşama aynı zamanda sıcaklığa duyarlı patojenler ve sinek larvaları gibi kompost bileşeninde olması arzu edilmeyen canlıların yok edilmesi açısından önemlidir. Denemede, yığın içi sıcaklığı 1. günde 41°C ile başlayıp 30.günde 27.5°C ile tamamlanmıştır. Kompostlama sürecinin ilk 4 günde 55-60°C’lere çıkan yığın sıcaklığı, ilerleyen günlerde 33°C’ye düşmesine rağmen kompostlanmanın 17., 18. ve 19. günlerinde yeniden yükselerek 49-55°C’lere çıkarak bir dalgalanma göstermiştir. Kompostlanma süresi boyunca yığın windrow sistemi ile her gün karıştırıldığı için sıcaklıkta meydana gelen dalgalanmanın sebebinin, ortama verilen moleküler oksijen ile kalan kolay parçalanabilir organik bileşiklerin parçalanması ile tekrar termofilik faza geçiş olduğu

düşünülmektedir. Kompostlanmanın son haftasında ise, yığın sıcaklığının düştüğü ve dış ortam sıcaklığına yakın bir seyir izlediği belirlenmiştir. Sonraki günlerde ise 30. güne kadar düşüş göstermiş ve mezofilik faza (olgunlaşma fazına) geçiş olmuştur (Şekil 2a). Son 1 haftada ise kompost yığının iç ve dış sıcaklığının birbirine yakın derecelerde seyrettiği belirlenmiştir.

Çay atıklardan oluşan yığının başlangıç nemi %70 olacak şekilde ıslatılan yığının nem içeriği, sıcaklık artışına bağlı olarak kompostlanmanın 2.gününden itibaren artış gösterdiği, ardından düşme eğilimine girdiği ve tekrar sıcaklık artışı ile beraber artış gösterdiği saptanmıştır (Şekil 2b). Bu durum, kompostlanmanın başlangıcında terfomilik fazda yer alan parçalanma işlemlerinde yığının nem içeriğinin arttığını ortaya koymaktadır. Bu durum kuşkusuz, organik bileşiklerin termofilik fazda parçalanması sonunda açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin atmosfere gaz olarak kaçıışı ve yine açığa çıkan H<sub>2</sub>O'nun yığın içerisinde kalışı il ilgilidir. Kompostlanmanın ilerleyen günleri olan olgunlaşma safhasında ise, ortam neminde düzenli bir düşüşün olduğu saptanmıştır. 30 günün sonunda ise, kompostun toplam nem içeriğinin ise %64 seviyesine düştüğü belirlenmiştir.



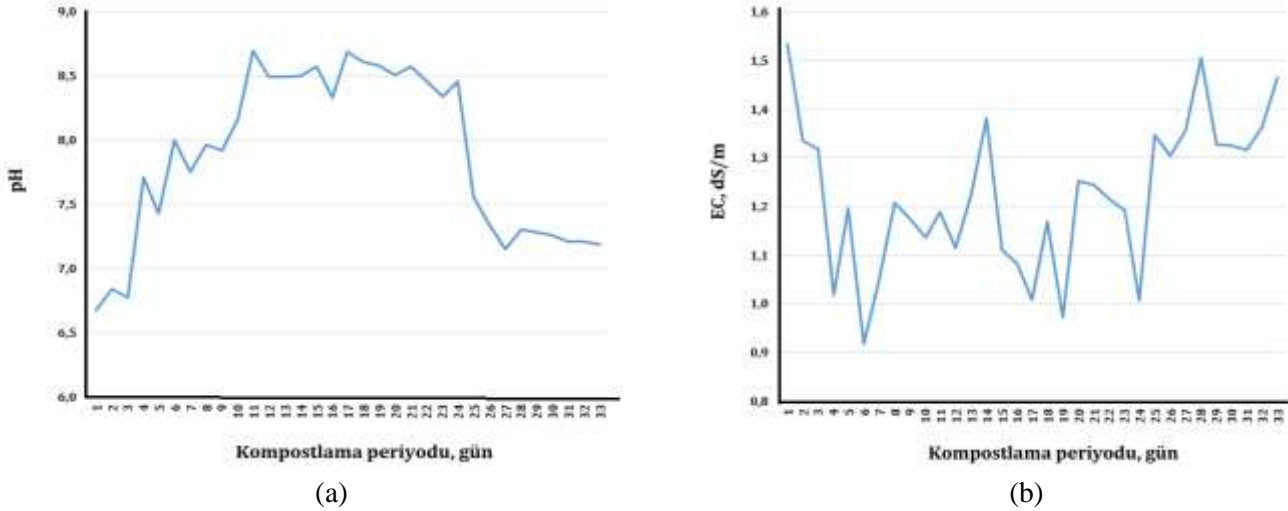
Şekil 2. Kompostlama periyodu boyunca çay atığı yığını ile dış ortamın sıcaklık (a) ve neminde (b) meydana gelen değişimler.

### Kompostun pH ve EC'sinde meydana gelen değişimler

Çay fabrikasyon atıklarının aerobik koşullarda windrow yöntemi ile yapılan kompostlama işleminde yığının pH ve EC'sinde meydana gelen değişimler Şekil 4'te verilmiştir. Kompost yığının başlangıç pH'sı 6.67 olup, kompostlama süreci sonunda 7.19 olarak belirlenmiştir. Kompostlanma süresince başlangıçtan sonuna değin pH değerlerinde dalgalanmaların olduğu belirlenmiştir (Şekil 3a). Kompostlama işlemine farklı spektrumdaki organizmalar katıldığı için bunlar pH'a karşı nispeten duyarsız olması da söz konusudur (Poincelot, 1972). Kompostlama işleminde ortam pH'sının 6,5-8 arasında olması istenmekle beraber kompostlanma sürecinin doğal tamponlama yeteneğinden dolayı daha geniş bir aralıkta bu sürecin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır. Kompostlama, pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerlemekle beraber, pH 5,5'ta veya pH 9'da da gerçekleşebilmektedir. Ancak, nötral (pH 7) koşullar ile karşılaştırıldığında süreç daha yavaş gerçekleşebilmektedir (Sundberg ve ark., 2004; Iqbal ve ark., 2010). Ortam pH'sının en büyük etkisi ortamın N içeriği üzerine olmaktadır. Ortam pH'sı 8.5'ten büyük olduğunda azotlu bileşikler amonyağa dönüşebilmekte, pH'ın 8'den küçük olması ise amonyak oluşumunu azaltmaktadır (Bilen ve Sezen, 1993). Açığa çıkan amonyak ise, gaz formunda ortamdaki uzaklaşarak ortamın azot içeriği azalabilmektedir. Bununla birlikte kompostlama sürecinde ortamın nem içeriğine bağlı olarak azotun sıvı amonyak şeklinde ortamda kalması da söz konusudur.

Kompost yığınının Elektriksel İletkenlik (EC) değerlerindeki değişimler, ortamın tuz içeriğinin açık bir göstergesidir. Kompostlanmanın başlangıcında yığının EC değeri 1,54 dS/m iken 1. termofilik fazda ortamın EC değerlerinde düşme meydana gelirken, 2. termofilik fazda ve mezofilik faz olan olgunlaşma fazında ortamın EC içeriğinde tekrar artışların olduğu ve en son ürün olan kompostta ise ortamın EC değerinin 1,46 dS/m olduğu belirlenmiştir (Şekil 3b). Yığının EC değerlerinde meydana gelen bu dalgalanmalarının temel sebebinin organik bileşiklerin parçalanması boyunca açığa çıkan iyonların suda çözünür formlarının

oluşturduğu tuz içeriğindeki dalgalanmalardan kaynaklanmaktadır. Özellikle inorganik formda açığa çıkan ve buharlaşmayan Ca, Mg, PO<sub>4</sub> ve SO<sub>4</sub> gibi iyonların ortamın tuz içeriğini artırdığı, buna karşın organik bileşiklerin parçalanması sonucu açığa çıkan CO<sub>2</sub>'nin ortamdaki nemin varlığında karbonik asit oluşturması ve CO<sub>2</sub>'nin tekrar atmosfer havasına kaçması gibi süreçler sonunda ortamın EC'sinde dalgalanmalar meydana geldiği düşünülmektedir. Bununla beraber, EC'de meydana gelen dalgalanmalar içerisinde meydana gelen düşmelerin, yığına yapılan mikrobiya inokülasyon ve artan mikrobiyal biyokütleinin parçalanma sonunda açığa çıkan inorganik iyonları tüketmesinden de kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

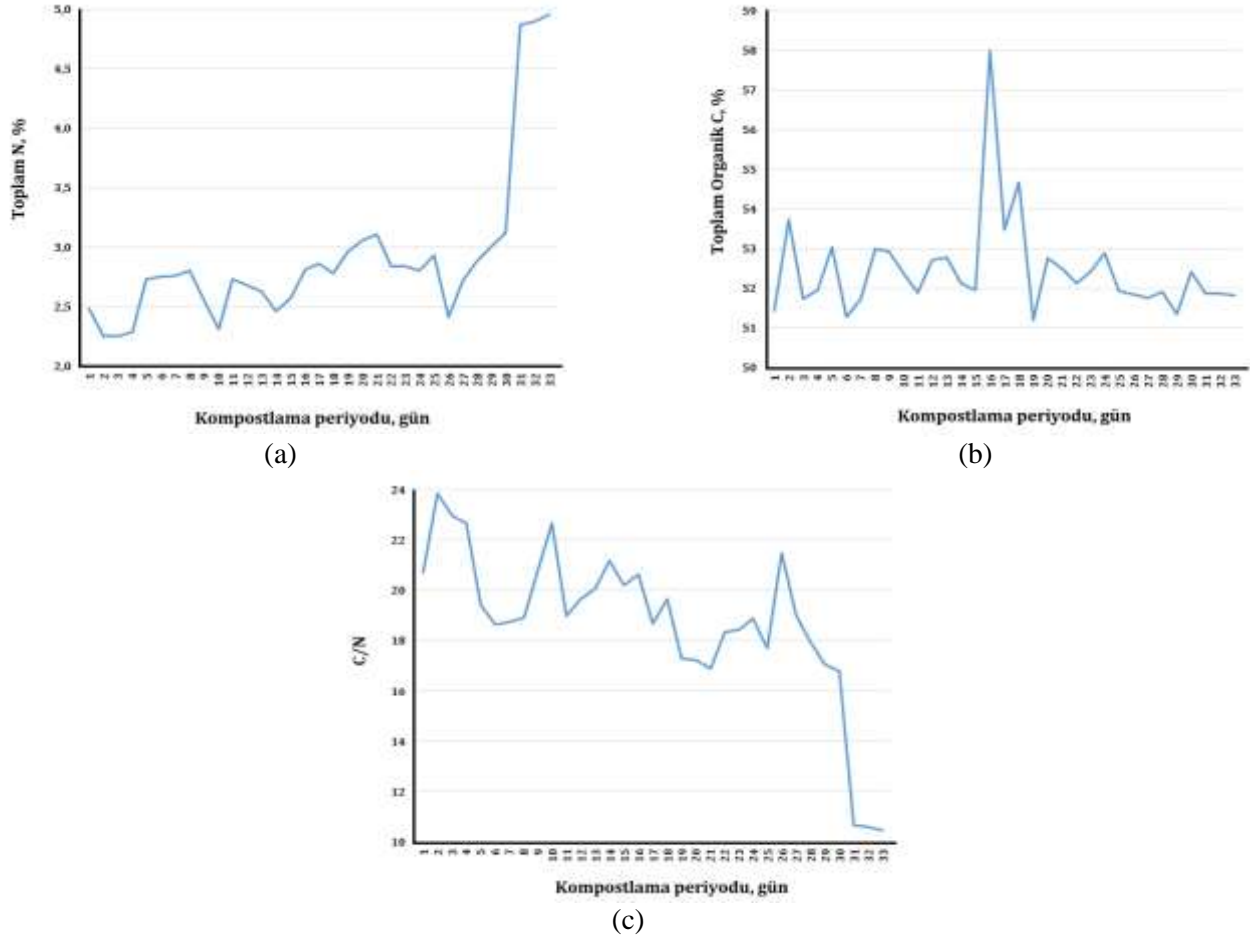


Şekil 3. Kompostlama periyodu boyunca çay atığı yığınının pH (a) ve EC (b) içeriğinde meydana gelen değişimler

### Kompostun N, organik C ve C/N oranında meydana gelen değişimler

Çay fabrikasyon atıklarının aerobik koşullarda windrow yöntemi ile yapılan kompostlama işleminde yığının N, organik C ve C/N oranında meydana gelen değişimler Şekil 4'te verilmiştir. Çalışmada, başlangıçta yığının Toplam N içeriği %2,48 seviyelerinde iken kompostlanma süreci boyunca ortamın toplam N içeriğinde düzenli bir artış olmuş, 90. günün sonunda ise, %4,96'ya ulaştığı saptanmıştır (Şekil 4a). Bu çalışmada, bitkisel ve hayvansal atıkların karıştırılarak yapıldığı klasik kompostlama yöntemlerinin aksine, çay fabrikasyon atığı herhangi bir bitkisel veya hayvansal kökenli artık ve atık ile karıştırılmaksızın, sadece hayvan gübresinden izole edilen mikroorganizmalar ve bunların enerji ve N ihtiyaçlarını karşılanma amacıyla, ortama yığına aşılama ve N çözeltisi ilave edilmiştir. Dolayısıyla, gübre yığınınında meydana gelen N'un artışın sebeplerinden birisi de bu süreçte mikrobiyal beslenmeyi temin için aşılama solüsyonunun mineral N içermesinden kaynaklanabilecektir.

Çay fabrikasyon atıklarından oluşan yığının organik karbon içeriği, kompostlama süresine bağlı olarak dalgalanma gösterdiği, başlangıçta %51,4 organik C içeren kompost yığını kompostlamanın sonunda yine başlangıçtaki seviyeye yakın olarak %51,8 organik C içerdiği belirlenmiştir (Şekil 4b). Kompostlama süreci kolayca parçalanabilen organik maddenin oksidasyonu ile başlamakta olup ortam mikroorganizmaları kompostlama süresi boyunca organik maddeden beslenirken O<sub>2</sub> tüketirler (Shimizu, 2017). Dolayısıyla, kompostlanma süresine bağlı olarak ortamın organik C içeriğinde meydana gelen azalma tamamen mikroorganizmaların beslenme amacıyla organik maddeyi tüketmesi ile ilgilidir. Başlangıçtaki artık ve atıkların mikrobiyal beslenme sonunda organik C tüketilmekte ve CO<sub>2</sub> oluşmaktadır. Oluşan CO<sub>2</sub>'nin atmosfere kaybı yüzünden hem organik C içeriği azalmakta hem de C:N oranı kompostlama esnasında düşmektedir (Şekil 4b, c). Ancak, çalışmada, organik C içeriğinde meydana gelmeyen azalmanın sebebinin, bitkisel kökenli organik C azalırken mikrobiyal kökenli organik C'nun artışı ile açıklanabilir. Bununla beraber, başlangıçta 20,74 olan C:N oranı, kompostlanma süresi boyunca %10,45'e düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4. Kompostlama periyodu boyunca çay atığı yığınının Toplam N (a), Toplam Organik C (b) ve C/N oranında (c) meydana gelen değişimler

### Kompostun kimyasal özelliklerinin birbirleri arasındaki ilişkiler

Çay fabrikasyon atığının kompostlama periyodu boyunca, kompost yığınından alınan örneklerde belirlenen özelliklerin birbirleri arasındaki ilişkiler (Korelasyon matrisi) Çizelge 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kompost yığınının C/N oranı ile yığının nem ve sıcaklığı ile önemli pozitif ( $P<0,01$ ), toplam N içeriği ile önemli negatif ilişkiler ( $P<0,01$ ) belirlenmiştir. Bununla beraber, yığın pH'sı ile EC arasında önemli negatif ( $P<0,01$ ), yığının N içeriği ile kompostun yığın nemi ve sıcaklığı arasında önemli negatif ( $P<0,01$ ), yığının toplam organik C içeriği ile kompost yığın nemi arasında önemli pozitif ( $p<0,05$ ) ilişkiler belirlenmesine karşın, kompost yığın sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı arasında önemli ilişki saptanmamıştır. Bu durum, yığın sıcaklığı ve sıcaklık dalgalanması üzerine dış ortam sıcaklığının her hangi bir etki göstermediğini açıkça ortaya koymaktadır. Ayrıca, çay fabrikasyon atığının başlangıç rengi 2.5YR3/4 iken, kompostlama periyodu sonunda ürün renginin ciddi bir koyulaşma gösterdiği saptanmış, nihai çay kompostunun renginin ise 10YR2/1 olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3. Çay fabrikasyon atığının kompostlama periyodu boyunca, kompost yığınından alınan örneklerde belirlenen özelliklerin birbirleri arasındaki ilişkiler

	DON	DOS	KYN	KYS	pH	EC	N	C	C/N
DON	1	-0,411*	-0,284	-0,354*	-0,286 <sup>ÖD</sup>	0,378*	0,239 <sup>ÖD</sup>	-0,318 <sup>ÖD</sup>	-0,207 <sup>ÖD</sup>
DOS		1	-0,005 <sup>ÖD</sup>	-0,024 <sup>ÖD</sup>	0,182 <sup>ÖD</sup>	-0,264 <sup>ÖD</sup>	-0,107 <sup>ÖD</sup>	-0,095 <sup>ÖD</sup>	0,006 <sup>ÖD</sup>
KYN			1	0,716**	0,368*	-0,454**	-0,582**	0,394*	0,639**
KYS				1	0,234 <sup>ÖD</sup>	-0,430*	-0,622**	0,316 <sup>ÖD</sup>	0,688**
pH					1	-0,637**	-0,207 <sup>ÖD</sup>	0,289 <sup>ÖD</sup>	0,118 <sup>ÖD</sup>
EC						1	0,290 <sup>ÖD</sup>	-0,222 <sup>ÖD</sup>	-0,251 <sup>ÖD</sup>
N							1	-0,129 <sup>ÖD</sup>	-0,962**
C								1	0,232 <sup>ÖD</sup>
C/N									1

DON : Dış ortam nemi; DOS : Dış ortam sıcaklığı; KYN : Kompost yığın nemi; KYS: Kompost yığın sıcaklığı  
\* $P<0,05$ ; \*\* $P<0,01$ , <sup>ÖD</sup>: Önemli değil

## Sonuç ve Öneriler

Bu çalışma, ülkemizde özellikle çay üretimi yapılan işletmelerden elde edilen çay bitkisine ait artık ve atıkların neden olduğu çevre kirliliğine çözüm üretmek ve bu organik atıkları değerlendirilmesini sağlamak amacıyla, çay atığı windrow yöntemi ile kompostlanarak, kompostlanma süreci boyunca yığının bazı özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Çalışma sonunda, çay fabrikasyon atıklarının mikrobiyal inokülasyon ile windrow yöntemine göre kompostlanabildiği ve elde edilen nihai kompostun ise, C/N oranı, pH gibi özelliklerinin tarım topraklarında güvenle kullanılabilir bir seviyeye geldiği belirlenmiştir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetler sonucunda ülkemiz tarım topraklarının organik madde miktarının önemli miktarlarda azaldığı, azalan organik madde miktarını artırmak için ise ülkemizdeki özellikle büyükbaş hayvansal gübrelerin miktarındaki yetersizlik ve çay bitkisi artık ve atıklarının ise kontrolsüz olarak doğaya terkedildiği göz önüne alındığında, bu atık ve atık biyokütlelerin kompostlanarak tekrar toprak ve doğaya kazandırılabilmesi sonucuna varılmıştır.

### Teşekkür

Bu çalışma, Songül Rakıcıoğlu'nun Doktora Tez çalışmasının bir kısmından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

### KAYNAKLAR

- Bilen S, Sezen Y, 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 24 (2): 156-166.
- 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, 52(9), pp.1051-1068.
- Dominguez J, Edwards CA, 2011. Relationships between Composting and Vermicomposting. In: Vermiculture Technology, Edwards CA, Arancon N, Sherman R, CRC Press, pp 12-24.
- Durmuş M, Kızılkaya R, 2018. Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi 6(2) 95 – 100
- Edwards CA, Askar AM, Vasko-Bennett MA, Arancon N, 2011. Use of Aqueous Extracts from Vermicomposts or Teas in Suppression of Plant Pathogens. In: Vermiculture Technology, Edwards CA, Arancon N, Sherman R, CRC Press, pp 166-183.
- Gray KR, Sherman K, 1969. Accelerated Composting of Organic Wastes. Birmingham University Chemical Engineering 20:64-74.
- Gülser C, Kızılkaya R, Aşkın T, Ekberli İ, 2015. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. Compost Science & Utilization 23(3): 135-141.
- Haug RT, 1993. The practical handbook of compost engineering. Florida:Lewis Publishers.
- Hepşen Türkyay FŞ, 2010. Fındık zurufu ve arıtma çamurunun solucanlar ile kompostlanması ve elde edilen vermicompostun sera ve tarla koşullarında toprakların biyolojik özelliklerinde meydana getirdiği etkilerin belirlenmesi. OMÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun.
- Iqbal MK, Shafiq T, Ahmed K, 2010. Effect of different techniques of composting on stability and maturity of municipal solid waste compost. Environmental Technology 31 (2): 205–214.
- Kacar B, 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri I. Bitki Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 453, Ankara.
- Kacar B, 1995. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri II. Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No. 3, Ankara.
- Kızılkaya R, Hepşen Ş, 2007. Microbiological Properties in Earthworm Cast and Surrounding Soil Amended with Various Organic Wastes. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 38:2861–2876, 2007.
- Nielsen H, Berthelsen L, 2002. A model for temperature dependency of thermophilic composting process rate. Compost Science & Utilization 10 (3): 249-257.
- Poincelot RP, 1972. The biochemistry and methodology of composting. Connecticut Agriculture Experiment Station Bulletin No.727. 38p
- Ryan J, Estefan G, Rashid A, 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Syria
- Shimizu N, 2017. Process Optimization of Composting Systems. In: Robotics and Mechatronics for Agriculture Zhang D, Wei B. (Eds). CRC Press Boca Raton, FL. pp. 1-22.
- Sundberg C, Smars S, Jönsson H, 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. Bioresource Technology 95: 145–150.
- Zucconi F, de Bertoldi M, 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: Compost: production, quality and use. de Bertoldi M, Ferranti MP, L'Hermite P, Zucconi F. (Eds.). Elsevier Applied Science, Essex pp.30-50.



# Tahıl yetiştirilen toprakların bazı özelliklerinin farklı enterpolasyon yöntemleri ile dağılım durumlarının değerlendirilmesi

Gafur Gözükara\*

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

## Özet

Enterpolasyon yöntemi toprak biliminde toprak özelliklerinin konumsal dağılımlarının belirlenmesinde yoğun iş gücü ve maliyet gerektiren geleneksel metotlara kıyasla daha az iş gücü ve maliyet gerektiren bir yöntemdir. Bu çalışmanın amacı, i-) Eskişehir’de ağırlıklı olarak tahıl yapılan arazilerde dağılım gösteren toprakların (10 ha) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve ii-) bu özelliklere ait konumsal dağılımlarının haritaları için farklı semivaryogram modelleriyle (Spherical, Exponential ve Gaussian) Kriging (ordinary, simple ve Universal) ve ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) (1, 2 ve 3 farklı güç seviyeleri) enterpolasyon modellerinin karşılaştırılmasıdır. Enterpolasyon modellerinin başarı performansları hata kareler ortalaması karekökü (RMSE) parametresi kullanılarak belirlenmiştir. Araştırma kapsamında 0-30 cm derinlikten grid örnekleme modeli (35 m\*35 m) ile toplam 80 adet toprak örneği alınmıştır. Toprak örneklerinde EC, pH, organik madde (OM) ve kireç (CaCO<sub>3</sub>) ve tekstür (kum, silt ve kil) analizleri yapılmıştır. Çalışma alanı içerisindeki topraklarda pH genellikle 7.95-8.40, EC 0.33-1.24 dS m<sup>-1</sup>, OM %0.86-3.62, kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği %2.02-12.99, kum %31-56-52.34, silt %24.82-41.68 ve kil %13.98-42.16 içerikleri arasında değiştikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda, her bir toprak özelliğinin dağılım haritalarının oluşturulması için Ordinary ve Universal kriging enterpolasyon tekniği ve Exponential semivaryogram modelinin en başarılı tahmin performansına sahip olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca tahıl ekiminde önemli bir potansiyele sahip olan Eskişehir yöresinde araştırma sahasında arazi kullanım planlaması, tür-çeşit seçimi ve gübreleme aşamalarında toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Böylece bitkisel üretimde verimli ve kaliteli ürünlerin yetiştirilmesine katkı sağlayacağı öngörülmektedir.

**Anahtar Kelimeler:** Eskişehir, alüviyal arazi, grid örnekleme, jeostatistik, toprak özellikleri.

## Evaluation of some soil characteristics of grain cultivated soils with different interpolation methods

### Abstract

Interpolation approach is a method that requires less labor and cost compared to traditional methods that require intensive labor and cost in determining the spatial distributions of soil properties in soil science. In this study, it was aimed to i-) determine some of the physical and chemical properties of the soils where mainly grain cultivated in Eskişehir and ii-) compare different interpolation methods such as kriging with semivariogram models (Spherical, Exponential, and Gaussian) and inverse Distance Weighting (IDW) with different power levels (1, 2, and 3) for maps of spatial distribution. The prediction performance of interpolation methods were tested using root mean square error (RMSE) parameter. Within the scope of the research, a total of 80 soil samples were taken from 0-30 cm depth using grid sampling model (35 m\*35 m). The EC, pH, organic matter (OM) and lime (CaCO<sub>3</sub>) and texture (sand, silt and clay) analyzes were made in soil samples. Soils in the study area were determined generally pH 7.95-8.40, EC 0.33-1.24 dS m<sup>-1</sup>, OM 0.86-3.62%, CaCO<sub>3</sub> 2.02-12.99%, sand 31.56-52.34%, silt 24.82-41.68%, and clay 13.98-42.16% were changed. As a result of the research, it was determined that the Ordinary and Universal kriging interpolation technique and the Exponential semivariogram model had the most successful prediction performance for distribution maps of each soil properties. Moreover, the physical and chemical properties of the soils should definitely be taken into account in land use planning, species-variety selection and fertilization stages within the research area in Eskişehir region, which has an important potential in grain cultivation. Thus, it is predicted that it will contribute to the cultivation of efficient and quality products in plant production.

**Keywords:** Eskişehir, alluvial land, grid sampling, geostatistics, soil properties.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0554 603 6069

E-posta : ggozukurara@ogu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 05 Ekim 2021

Kabul Tarihi : 24 Kasım 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1004763



## Giriş

Doğal kaynakların sürdürülebilir ve verimli kullanımı ülkelerin gıda güvenliğini koruyabilmesinin ön koşuludur. Toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilir ve verimli kullanımı ise tarımsal faaliyetlerin garanti altına alınmasıdır. Özellikle gıda güvenliği yönünden kıt ve kıymetli doğal kaynaklar sınıfında yer almakta olan “topraklar” aynı zamanda içme ve kullanma sularının oluşumundan ve devamlılığında da sorumludurlar. Ülkemiz, iklim, topoğrafya, ana materyal, bio çeşitlilik ve ekolojik bölgeleri ile tarımsal potansiyeli yüksek toprak çeşitliliğine sahipti. Bununla birlikte eğim ve erozyon (Eraslan ve ark., 2017; Celilov ve Dengiz, 2019), hatalı arazi kullanımı (Gözükara ve ark., 2019) ve tuzluluk (Bilgili ve ark., 2011; Gözükara ve ark., 2020) gibi bir çok kısıtlayıcı faktörlerin etkisinde oluşan ve gelişen topraklarımız da bulunmaktadır. Bu nedenle, verimli toprakların sürdürülebilir olması ve kısıtlayıcı faktörleri bulunan toprakların da doğru ve sürdürülebilir kullanılması çok daha büyük önem arz etmektedir. Doğru ve sürdürülebilir arazi kullanımı ise sadece ilgili alana ait verilerin varlığı ve doğruluğu ile mümkün olabilir.

Araştırmalar sonucunda Türkiye'nin topoğrafik, jeolojik, jeomorfolojik, iklim ve bitki örtüsü özellikleri nedeniyle farklı bölgelerinde farklı karakterde ve yeteneklerde topraklar bulunduğu belirlenmiştir (Sarı ve ark., 2009; Tunçay ve Bayramın, 2010; Bilgili ve ark., 2011; Dengiz ve Gülser, 2014; Özyazıcı ve ark., 2014; Altunbaş ve ark., 2020). Oluşumları için binlerce yılın geçmesi gereken doğal kaynakların en önemlilerinden birisi olan topraklar, başta ekosistem dengelerinin korunması olmak üzere özellikle içme suyu ve tarımsal üretim açısından halen kritik ve vazgeçilmez bir yere ve öneme sahiptir. Arazi kullanımında yapılacak olan hatalar ise kıt ve kıymetli doğal kaynaklardan birisi olan toprakların özellikleri ve üretkenlikleri oldukça kısa sürelerde dahi kaybetmesine neden olabilecektir. Bu nedenle, hala kritik ve kilit yaşamsal öneme sahip olan toprakların özelliklerinin alansal ve konumsal dağılımlarına göre amenajman tekniklerine maruz kalmaları toprakların akılcı ve sürdürülebilir kullanımına olanak sağlayacaktır. Modern teknik ve teknolojinin giderek arttığı günümüzde dahi toprak özelliklerinin belirlenmesi genel olarak uzman tecrübesi, zaman, maliyet ve çoğu yurtdışından ithal edilen kimyasal malzemelere dayalı ve çevreye daha az duyarlı geleneksel fiziksel ve kimyasal analiz metotları ve yöntemleri doğrultusunda yapılmaktadır (Gözükara, 2021). Toprak oluşumu ile ilgili prosesler çok kısa mesafelerde bile değişkenlik gösterebildiği için toprak yüzeyindeki toprak özelliklerinde de mekânsal farklılıklar meydana gelmektedir (Aşkın ve ark., 2016; Şimşek ve ark., 2020a; Zhang ve Hartemink, 2021; Chatterjee ve ark., 2021). Bu farklılıkların neler olduğunun bilimsel ve teknik esaslar kapsamında ve sistematik olarak tespit edilmesi, toprakların ideal kullanım şekillerine karar verilmesi ve/veya seçilen kullanım şekillerinin doğaya ve doğal kaynaklara zarar verip vermeyeceğinin belirlenebilmesi yönlerinden büyük önem arz etmektedir. Arazilerin heterojen bir yapıya sahip olması ve toprakların özellikler arasında değişim aralığını yüksek seviyelerde olmasından dolayı kısa mesafelerdeki bu değişkenlik tarımsal üretim potansiyeli için oldukça önemlidir.

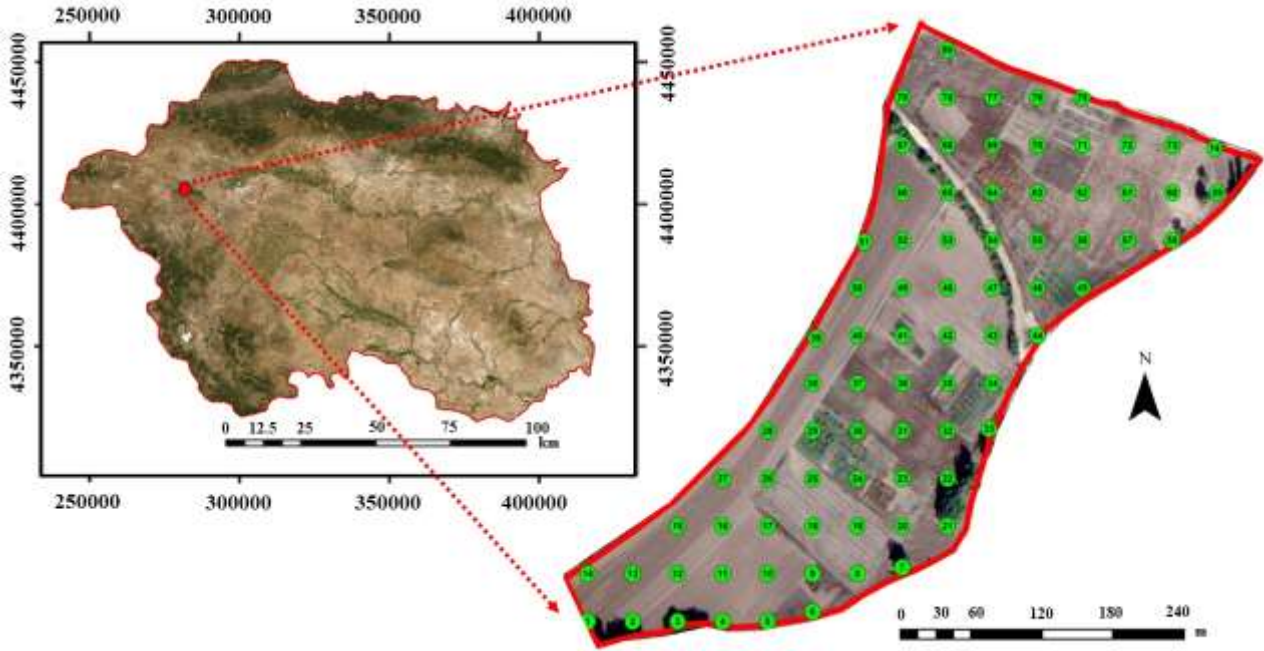
Diğer arazilerde olduğu gibi Alüviyal araziler de heterojen bir yapıya sahip olmasına bağlı olarak toprak özellikleri arasında değişimin (varyasyonun) yüksek olmasından dolayı kısa mesafelerde dahi tarımsal potansiyeli ciddi oranda etkileyecek potansiyele sahiptir. Bu faktörlerin etkisi altında heterojen toprakların özelliklerinin belirlenmesinde daha fazla toprak örneklemesine ihtiyaç duyulmaktadır. Fakat toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesini amaçlayan bir alanda oldukça fazla toprak örneklemesinin yapılması ne uygulanabilir nede ekonomik bir yaklaşım değildir. Bu nedenle belirli aralıklar ile alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerini farklı enterpolasyon metotları kullanılarak toprak örneği alınmayan alanların özelliklerini yüksek doğrulukla tahmin edilmesi daha ekonomik ve akılcı bir yaklaşımdır. Dolayısıyla enterpolasyon metotları kullanılarak yüksek doğruluk oranı ile toprak özelliklerinin tahmin edilerek haritalandırılması geçmişten günümüze kadar artış göstermektedir (Özyazıcı ve ark., 2016; Tunçay ve ark., 2018; Dengiz ve ark., 2019; Aydın ve Dengiz, 2019; Arslan 2012; Arslan 2014; Bayat ve ark., 2013; Celilov ve Dengiz, 2019; Alaboz ve ark., 2020; Şimşek ve ark., 2020b).

Bu çalışmanın amacı, i-) Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma Çiftliği sınırları içerisinde ağırlıklı olarak tahıl yetiştirilen toprakların (10 ha) bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve ii-) konumsal dağılımlarının haritaları için farklı semivaryogram modelleri ile (Küresel, Üssel ve Gaussian) Kriging (ordinary, simple ve Universal) ve ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) (1, 2 ve 3 farklı güç seviyeleri) enterpolasyon modellerini karşılaştırılmasıdır.

## Materyal ve Yöntem

### Araştırma alanı

Araştırma alanı olarak Eskişehir ili Odunpazarı ilçesi sınırlarında 4403590.85 – 4403896.85 K enlemleri ve 283554.74 – 284125.68 D boylamları (WGS-84, UTM-m, 36 Zon) arasında yer almaktadır (Şekil 1). Aynı zamanda araştırma alanı olarak Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Çiftlik arazileri sınırları içerisinde bulunan ağırlıklı olarak tahıl yetiştirilen araziler seçilmiştir. Araştırma alanında ağırlıklı olarak buğday yetiştirilmekte olup araştırma alanı yaklaşık olarak 10 ha arazi büyüklüğündedir. Araştırma alanı iklim özellikleri kışları sert ve kar yağışlı yazları ise sıcak ve kuraktır. Meteoroloji Genel Müdürlüğü 2018 yılı verilerine göre toplam yağış 522.2 mm, ortalama sıcaklık 13.6 °C ve ortalama nispi nem %78.3 olduğu belirlenmiştir. Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü (MTA) verilerine göre, araştırmaya konu olan topraklar Kuvaterner dönemi oluşmuş ve alüvyal ana materyaller üzerinde gelişimini sürdürmektedir. Araştırma alanı düz düze yakın eğimde ve deniz seviyesinden 795-797 m arasında değişen yükseklikte bulunmaktadır. Araştırma alanı xeric nem rejiminde ve mesic sıcaklık rejiminde bulunmaktadır (Soil Survey Staff, 2014).



Şekil 1. Araştırma alanının coğrafi konumu ve grid örnekleme (35 m\*35 m) noktalarının araştırma alanındaki dağılımı (Yeşil noktalar grid örnekleme modeline göre toprak örneği alınan noktaları sembolize etmektedir)

### Toprak örnekleme, fiziksel ve kimyasal analizler

Toprak örnekleri 35m\*35m mesafeli grid örnekleme modeline bağlı olarak yüzeyden ilk 30 cm'yi kapsayacak şekilde (0-30 cm) toplamda 80 adet toprak örneği alınmıştır (Şekil 1). Toprak örnekleme 7 cm çaplı toprak burgusu ile gerçekleştirilmiştir. Alınan örnekler laboratuvar koşullarında hava kurusu hale getirildikten sonra 2 mm'lik elekten elenerek fiziksel ve kimyasal analize hazır hale getirilmiştir. Toprak bünyesi Bouyoucos (1955) tarafından belirlenen esaslara göre hidrometre yöntemiyle, organik madde Modifiye Walkley-Black metoduna göre (Black 1965), toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik Jackson (1967)'a göre 1:1 toprak-su karışımında, kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriği ise içerikleri Scheibler Kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949). Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının yorumlanmasında, OM miktarı Ülgen ve Yurtsever (1995), pH içeriği Richards (1954) ve Grewelling ve Pech (1960), EC içeriği Richards (1954) ve kireç (CaCO<sub>3</sub>) miktarı Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından belirtilen sınır değerleri dikkate alınarak sınıflandırılmıştır.

## Toprak özelliklerinin entorpolasyon yöntemi haritalandırılması

Araştırma alanında 80 farklı noktadan alınan toprak örneklerin fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının coğrafi bilgi sistemleri (CBS) ortamında analiz edilebilmesi ve entorpolasyon yöntemi ile haritalandırılmasından önce EC, pH, kireç, OM, kum, silt ve kil içerikleri ArcGIS 10.2 yazılımında öznitelik verisi olarak eklenmiştir.

Ordinary, Simple ve Universal Kriging ve IDW entorpolasyon teknikleri EC, pH, kireç, OM, kum, silt ve kil içeriklerinin en az hata ile dağılım haritalarının üretilmesinde karşılaştırılmıştır. Ayrıca kriging entorpolasyon tekniklerinin her birinde Spherical, Gaussian ve Exponential yarıvariogram (semivariogram) modelleri ve IDW de ise farklı güç seviyeleri (1, 2 ve 3) test edilmiştir. Toprak özelliklerinin normal dağılım durumları Kolmogorov-Simirnov testi ile test edilmiştir. Normal dağılım göstermeyen özelliklere logaritmik dönüşüm uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır. İnterpolasyon teknikleri ve yarıvariogram modellerinde en başarılı modeli belirlemek için en düşük hata kareler ortalaması karekökü (RMSE) değerine sahip model tercih edilerek haritası üretilmiştir. RMSE için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Eş. 1).

$$RMSE = \sqrt{(\sum[(Z_i - Z)]^2)/n} \quad (1)$$

Zi: tahmin değeri, Z: gerçek değer, n: gözlem sayısı

### İstatistik analizler

Pearson korelasyon analizleri ve korelogram grafikleri R 3.4.3. (R core Team, 2008) istatistik paket programında corrplot paketi kullanılarak yapılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Eskişehir Osmangazi üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma Çiftliği arazilerinde ağırlıklı olarak tahıl üretiminin gerçekleştirildiği toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistik analiz sonuçları Çizelge 1’de gösterilmiştir. Aynı zamanda toprak özellikleri arasındaki korelasyonu görsel olarak gösteren korelogram Şekil 2’de gösterilmiştir.

Toprak özellikleri arasında; pH ile OM arasında negatif korelasyon tespit edilirken, EC değeri ile OM arasında pozitif korelasyon tespit edilmiştir. Kum ile silt ve kil arasında negatif korelasyon tespit edilmiştir. Toprak özellikleri arasındaki korelasyon ana materyal, arazi kullanımı, ayrışma oranları, horizon farklılığı, derinlik ve diğer toprak oluşum faktörlerinin etkisi ile farklılaşmaktadır. Benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Turan ve ark., 2010; Gulmezoğlu ve ark., 2017; Horuz ve Dengiz, 2018; Yön ve Sönmez, 2021; Gözüara ve ark., 2021).

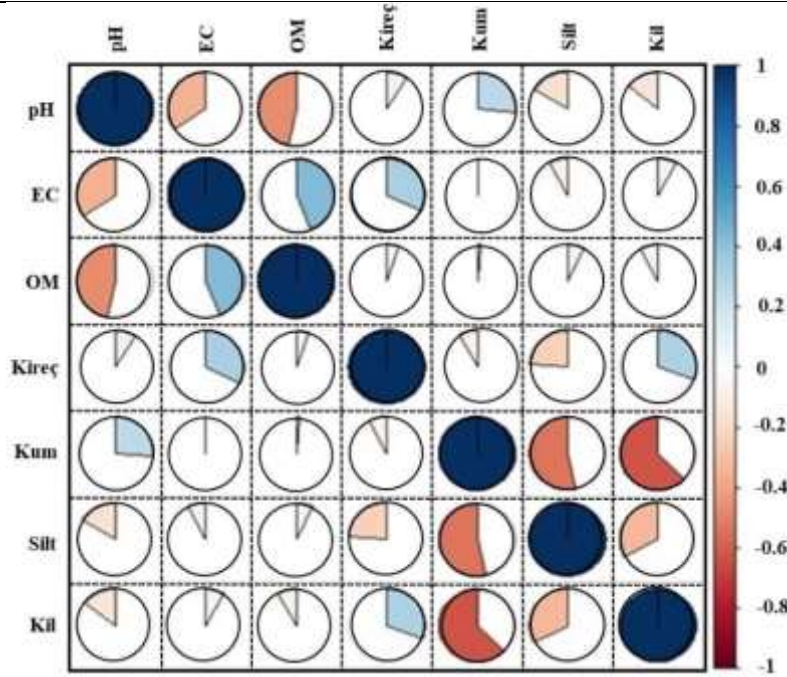
Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin belirli aralıklara göre dağılımlarını gösteren histogram grafikleri Şekil 3’te gösterilmiştir. Histogram grafiklerine göre özellikle EC, kireç, OM ve kil miktarının diğer toprak özelliklerine göre daha heterojen bir dağılıma sahip oldukları ve geniş dağılım alanına sahip olmasına rağmen belirli bir aralıkta yoğunlaştığı gözlemlenmiştir. Benzer sonuçlar alüviyal arazilerde çalışan diğer araştırmacılar tarafından da bildirilmiştir (Horuz ve Dengiz, 2018; Gözüara ve ark., 2021).

Araştırma alanı içerisindeki toprakların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarının ortalama değerleri incelendiğinde; pH =8.20, EC 0.55 (dS m<sup>-1</sup>), OM = 1.53 (%), kireç = 5.88 (%), kum = 41.83 (%), silt = 32.26 (%) ve kil = 25.92 (%) olarak belirlenmiştir. Toprakların fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına göre çalışma alanı içerisinde en fazla değişim aralığı CV = 33.03 ile OM miktarında tespit edilirken en az değişim aralığı CV = 1.13 ile pH da tespit edilmiştir. Genellikle diğer toprak özelliklerine göre pH’daki değişim aralığının daha az olduğu diğer araştırmalar ile de tespit edilmiştir (Özyazıcı ve ark., 2016; Gözüara ve ark., 2021).

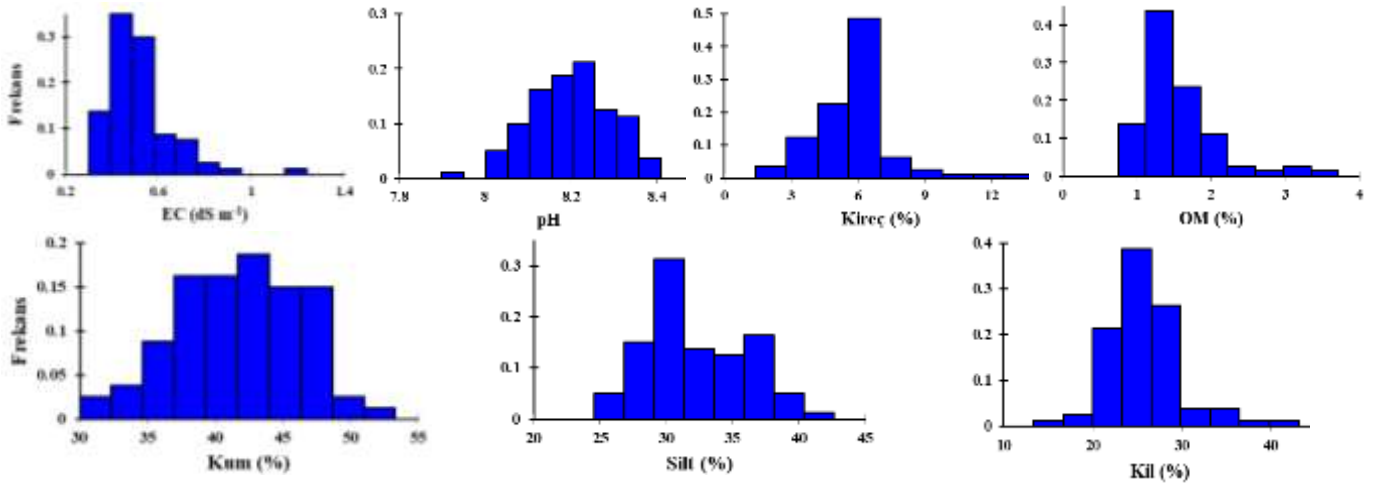
Çizelge 1. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistik analizleri

Toprak Özellikleri	En az	1 <sup>st</sup> Qu	Med.	Ortalama	3 <sup>rd</sup> Qu.	En fazla	Basıklık	Çarpıklık	CV
pH	7.95	8.13	8.20	8.20	8.26	8.40	-0.14	-0.05	1.13
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.33	0.43	0.49	0.52	0.55	1.24	7.86	2.24	27.46
OM (%)	0.86	1.21	1.44	1.53	1.68	3.62	4.24	1.80	33.03
Kireç (%)	2.02	4.87	5.97	5.88	6.49	12.99	3.42	0.96	31.41
Kum (%)	31.56	38.54	42.05	41.83	45.46	52.34	-0.45	-0.19	11.14
Silt (%)	24.82	29.22	31.28	32.26	35.78	41.68	-0.69	0.41	11.95
Kil (%)	13.98	23.27	25.66	25.92	27.95	42.16	3.11	0.89	16.09

CV: Varyasyon katsayısı



Şekil 2. Fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki korelasyon (Dairelerin tamamı +1 veya -1'i sembolize etmektedir. Ayrıca açık kırmızı renk tonundan koyu kırmızı renk tonuna yaklaşan değerler artan negatif korelasyonun arttığını ifade ederken, açık mavi renk tonundan koyu mavi renk tonuna yaklaşan değerler pozitif korelasyonun arttığını ifade etmektedir).



Şekil 3. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinin histogram dağılımları

### Toprak özelliklerinin dağılımı ve entropolasyon yöntemi haritalandırılması

Normal dağılım test sonuçlarına göre, çarpıklık değeri 0.5'den büyük olmasına bağlı olarak Toprak özelliklerinden EC, OM, CaCO<sub>3</sub> ve kil miktarının normal dağılım göstermediği belirlenmiştir. Böylelikle, EC, OM, CaCO<sub>3</sub> ve kil özelliklerine logaritmik dönüşüm uygulanarak normal dağılıma yaklaştırılmıştır. İncelenen toprak özelliklerinin farklı entropolasyon yöntemleri ve yarıvariogram modellerine göre RMSE değerleri Çizelge 2'de gösterilmiştir. Modeller arasındaki tahmin performanslarına göre; Ordinary ve Universal kriging entropolasyon modellerinin Simple Kriging ve IDW entropolasyon modellerine göre saha düşük RMSE değerine bağlı olarak daha başarılı entropolasyon modelleri olduğu belirlenmiştir. Exponential yarıvariogram modelin, Spherical ve Gaussian yarıvariogram modellerine göre daha düşük RMSE değerine sahip olmasından dolayı en başarılı yarıvariogram modeli olarak belirlenmiştir. IDW entropolasyon modelinde güç seviyesi arttıkça kum ve kil gibi toprak özellikleri hariç diğer toprak özelliklerinde RMSE değerleri azalarak tahmin performansı artmaktadır.

Çizelge 2. Farklı enterpolasyon yöntemlerine göre RMSE değerleri

Toprak Özellikleri	Kriging									IDW		
	Ordinary			Simple			Universal			Power levels		
	S	E	G	S	E	G	S	E	G	1	2	3
pH	0.073	0.071	0.074	0.072	0.070	0.072	0.073	0.071	0.074	0.078	0.075	0.073
EC (dS m <sup>-1</sup> )	0.120	0.122	0.119	0.120	0.123	0.119	0.120	0.122	0.119	0.125	0.123	0.124
OM (%)	0.431	0.404	0.408	0.392	0.404	0.391	0.431	0.404	0.408	0.458	0.417	0.392
Kireç (%)	1.310	1.320	1.316	1.316	1.365	1.305	1.310	1.320	1.316	1.357	1.398	1.357
Kum (%)	3.673	3.615	3.811	3.660	3.664	3.660	3.673	3.615	3.811	3.753	3.719	3.771
Silt (%)	2.939	2.912	3.040	2.914	2.909	2.919	2.939	2.912	3.040	2.963	2.917	2.907
Kil (%)	3.196	3.206	3.208	3.245	3.250	3.248	3.196	3.206	3.208	3.326	3.308	3.330

IDW: ters mesafe komşuluk benzerliği, S: Spherical, E: Exponential, G: Gaussian

Araştırma alanı içerisinde ağırlıklı olarak tahıl üretimin yapıldığı alanlardan alınan toprakların sınır değerlerine göre sınıflandırılması ve oransal dağılımları Çizelge 3' de gösterilmiştir. Ağırlıklı olarak tahıl üretimin yapıldığı alınan toprakların pH değeri 7.95-8.40 arasında değiştiği belirlenmiştir. Topraklar, Richards (1954) ve Grewelling ve Peech (1960) tarafından belirtilen değişim aralığına göre değerlendirildiğinde, toprakların tamamı (%100) hafif alkalin reaksiyonlu sınıfta değerlendirilmiştir. Araştırma alanının kuzey kısımlarında en yüksek pH değerleri 8.25-8.40 arasında değişen değerler ile tespit edilirken, araştırma alanının doğusunda pH değeri 7.95-8.25 arasında değişen değerler tespit edilmiştir (Şekil 4). Yüksek pH koşullarında özellikle fosfor (P) ve mikro elementler (Mn, Zn, Cu ve Fe) yarıyaşlığının azalmasına bağlı olarak noksanlık görülebilmektedir (Havlin, 2005; Kacar ve Katkat, 2007; Yıldız, 2008). Araştırma alanının kuzey ve doğu bölümlerindeki toprakların pH değerleri oldukça farklılık göstermektedir. Toprak örneklerinin EC değerleri 0.33-1.24 dS m<sup>-1</sup> arasında değişim göstermektedir. Topraklar, Richards (1954) tarafından belirtilen değişim aralığına göre değerlendirildiğinde, toprakların tamamı (%100) tuzsuz sınıfta değerlendirilmiştir. Bu sonuçlara göre araştırma topraklarındaki tuzluluk seviyelerinin risk oluşturabilecek düzeyde olmadıkları belirlenmiştir. Araştırma alanının kuzeyi özellikle de kuzey doğusu artan oranda en fazla toprak tuzluluğu gözlemlenmiştir (Şekil 4). Araştırma alanının bazı bölümlerinde ani EC değişimleri gözlemlenmiştir. Bu ani artışların araştırma alanı içerisindeki deneme parsellerindeki farklı uygulamalardan etkilenmiş olabileceği düşünülmektedir. Araştırma alanının kuzey ve güney bölümlerindeki toprakların EC değerleri oldukça farklılık göstermektedir. Toprak örneklerinin OM değerleri %0.86-3.62 arasında değişim göstermektedir. Topraklar, Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından belirtilen değişim aralığına göre değerlendirildiğinde, 6 adet (%7.50) toprak çok az, 61 adet (%81.25) az, 6 adet (%7.50) toprak orta ve 3 adet (%3.75) toprak ise iyi sınıfta değerlendirilmiştir. Araştırma alanının orta kısmında en yüksek OM miktarına sahip topraklar tespit edilirken, kuzey ve güney bölümlerinde OM miktarında azalışlar gözlemlenmiştir. OM miktarı çalışma alanında homojen bir dağılım göstermekle birlikte genel olarak bazı alanlarda artış ve azalış göstermektedir (Şekil 4). OM toprak özelliklerinin agregat oluşumunda ve toprakların havalandırılması sonucunda toprak özelliklerinin iyileştirilmesi ve sürdürülebilir olmasında kritik role sahiptir (Yılmaz ve Alagöz, 2005, 2009). Toprak örneklerinin kireç (CaCO<sub>3</sub>) değerleri %2.02-12.99 arasında değişim göstermektedir. Topraklar, Ülgen ve Yurtsever (1995) tarafından belirtilen değişim aralığına göre değerlendirildiğinde, 21 adet (%26.25) kireçli ve 59 adet (73.75) orta kireçli sınıfta değerlendirilmiştir. Araştırma alanının kuzey doğu, doğu ve güney doğu bölümlerinde kireç miktarında artan oranda artış gözlemlenmiştir. Özellikle de araştırma alanının güney doğusu en fazla kireç içeriğine sahiptir (Şekil 4). Araştırma alanının doğu bölümleri ve batı bölümleri arasında toprakların kireç değerleri oldukça farklılık göstermektedir. Toprak örneklerinin kum içeriği %31.56-52.34 arasında, silt içeriği %24.82-41.68 arasında ve kil içeriği ise %13.98-42.16 arasında değişim göstermektedir. Toprakların tanecik dağılımlarına göre tekstür sınıfları değerlendirildiğinde; 1 adet (%1.25) toprak killi, 21 adet (%26.25) toprak killi tın, 6 adet (%7.50) toprak kumlu killi tın ve 52 adet (%80.22) toprak tın olarak belirlenmiştir. Araştırma alanı içerisinde toprak taneciklerinin farklı dağılımlara sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle kuzey ve kuzey doğu bölümlerinde kum miktarı artış eğiliminde, güney batı bölümlerinde silt miktarı artış eğiliminde ve kuzey batı ile güney doğu bölümlerinde ise kil miktarı artış eğilimindedir. Araştırma alanının alüvyal bir arazi olmasına bağlı olarak tekstürde kısa mesafede dahi farklılıkların olması doğal bir sonuç olarak yorumlanmaktadır. Alüvyal alanlardaki toprak özelliklerinin araştırılması üzerinde yapılan araştırmalar sonucunda toprak tekstürünün alüvyal alanların mekânsal farklılıklara göre kısa mesafelerde dahi tekstürde önemli değişimleri olduğu rapor edilmiştir (Sarı ve ark., 2009; Sarı ve ark., 2010; Dengiz ve

ark., 2017; Gözüara ve ark., 2019; Alaboz ve ark., 2019; Şimşek ve ark., 2020a; Altunbaş ve ark., 2020). Araştırmaların toprak tekstürü üzerindeki bulguları araştırma sonuçlarımız ile paralellik göstermektedir.

Araştırma alanında toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki geniş değişim aralıkları toprak özelliklerine bağlı tarımsal üretimin homojen bir şekilde yönetilmesini kısıtlayabilmektedir. Gözüara ve Kaplan, (2018) toprak özelliklerindeki bu geniş değişim aralığının (varyasyonun) azaltılmasında toprak analiz sonuçlarına dayalı gübrelemeler ile toprağı ve tarımsal üretimi yönetmenin çözüm olabileceğı ifade edilmiştir.

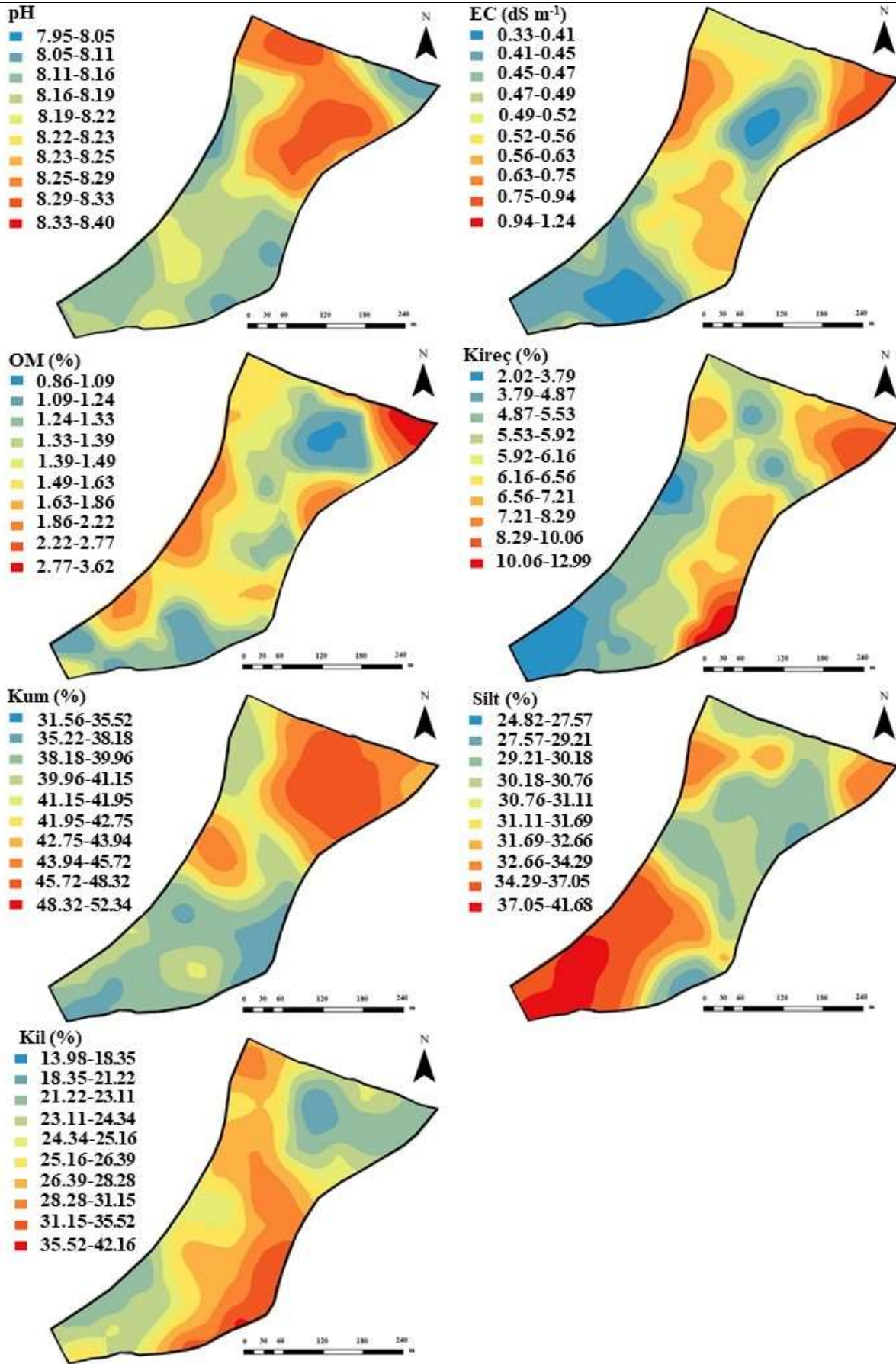
Çizelge 3. Fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sınır değerlerine göre dağılımı

Toprak Özellikleri	Sınıflandırma	Sınır Değerleri	Örnek Sayısı	Oran (%)
EC (dS m <sup>-1</sup> )	Tuzsuz	0-4	80	100
	Hafif Tuzlu	4-8	-	-
	Orta Tuzlu	8-15	-	-
	Çok tuzlu	>15	-	-
pH	Kuvvetli Asit	<4.5	-	-
	Orta Asit	4.5-5.5	-	-
	Hafif Asit	5.5-6.5	-	-
	Nötr	6.5-7.5	-	-
	Hafif Alkalin	7.5-8.5	80	100
	Kuvvetli Alkalin	>8.5	-	-
CaCO <sub>3</sub> (%)	Az Kireçli	0-1	-	-
	Kireçli	1.0-5.0	21	26.25
	Orta Kireçli	5.0-15.0	59	73.75
	Fazla Kireçli	15.0-25.0	-	-
	Çok Fazla Kireçli	>25.0	-	-
OM (%)	Çok Az	<1	6	7.50
	Az	1.0-2.0	65	81.25
	Orta	2.0-3.0	6	7.50
	İyi	3.0-4.0	3	3.75
	Yüksek	>4	-	-
Tekstür	Killi	-	1	1.25
	Killi Tın	-	21	26.25
	Kumlu Killi Tın	-	6	7.50
	Kumlu Tın	-	-	-
	Tın	-	52	65.00

## Sonuç

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Araştırma Çiftliği sınırları içerisinde alüviyal anamateryal üzerinde ağırlıklı olarak tahıl üretimi yapılan arazide toprak özellikleri; genellikle hafif alkalin pH, tuzluluk riski oluşturmayacak seviyelerde tuzsuz, OM içerikleri az, kireç (CaCO<sub>3</sub>) içeriğı seviyesi orta, bünye olarak da tın tekstürlü oldukları tespit edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, pH seviyelerin araştırma alanındaki bazı bölümlerinde oldukça yüksek olduğu buna karşılık bu bölgelerde fizyolojik asit karakterli gübrelerin kullanılması ve aynı zamanda gübreleme ile birlikte asit uygulamalarına (nitrik ve/veya fosforik asit) da yer verilmesi pH kaynaklı riskleri azaltacaktır. Düşük olan organik maddenin ekonomik olarak artırılması için ivedilikle ahır gübresi, tavuk gübresi veya hayvansal kökenli organik maddenin araştırma alanına ilave edilmelidir. Kireç içeriğinin belirli bölümlerde yüksek olması mikro elementlerin etkinliğin azalacağını dikkate alarak ilave mikro element içerikli gübrelemeler ile olası noksanlıkların önüne geçilmelidir. Araştırma alanı içerisindeki arazi kullanımı planlaması, tür-çeşit seçimi ve gübreleme aşamalarında toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri mutlaka dikkate alınmalıdır. Böylelikle bitkisel üretimde verimli ve kaliteli ürünlerin yetiştirilmesi katkı sağlanacaktır.

Ayrıca, her bir toprak özelliğinin dağılım haritalarının oluşturulması için Ordinary ve Universal kriging interpolasyon enterpolasyon tekniğı ve Exponential semivaryogram modelinin en başarılı tahmin performansına sahip olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4. Fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin araştırma alanında dağılımı

Teşekkür

Bu çalışma Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından 202023D21 nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

## KAYNAKLAR

- Alaboz P, Demir S, Başayığit L, Işıldar AA, 2019. Isparta İli Büyük Toprak Gruplarına Göre Tahıl Yetiştirilen Toprakların Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Dergisi*, 28(2), 67-79.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O, 2020. Farklı Enterpolasyon Yöntemleri Kullanılarak Toprakların Nem Sabitelerine Ait Konumsal Dağılımların Belirlenmesi, Isparta Atabey Ovası Örneği. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3), 432-444.
- Altunbaş S, Gözüara G, Demirel BÇ, 2020. Aksu ovasında farklı flüviyal depozitler üzerinde gelişen toprakların özelliklerinin ve dağılımlarının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(3), 381-391.
- Arslan H, 2012. Spatial and temporal mapping of groundwater salinity using ordinary kriging and indicator kriging: The case of Bafra Plain, Turkey. *Agricultural Water Management*, 113, 57-63.
- Arslan H, 2014. Estimation of spatial distribution of groundwater level and risky areas of seawater intrusion on the coastal region in Çarşamba Plain, Turkey, using different interpolation methods. *Environmental Monitoring and Assessment*, 186(8), 5123-5134.
- Aşkın T, Türkmen F, Tarakçıoğlu C, 2016. Ordu ili merkez ilçe topraklarında erozyon riskinin jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(2), 69-75.
- Aydın A, Dengiz O, 2019. Yarı-Humid ekolojik koşullar altında oluşmuş toprakların bazı fiziko-kimyasal özelliklerinin belirlenmesi, haritalanması ve sınıflandırması. *Toprak Su Dergisi*, 8(2), 68-80.
- Bayat BB, Zahraie B, Taghavi F, Nasser M, 2013. Evaluation of spatial and spatiotemporal estimation methods in simulation of precipitation variability patterns. *Theoretical and Applied Climatology*, 113(3-4), 429-444.
- Bilgili V, Cullu MA, Harold Van Es, Aydemir A, Aydemir S, 2011. The use of hyperspectral visible and near infrared reflectance spectroscopy for the characterization of salt-affected soils in the Harran Plain, Turkey. *Arid Land Research and Management*, 25(1), 19-37.
- Black CA, 1965. *Methods of soil analysis Part 2*, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madison, Wisconsin, U.S.A., 1372-1376.
- Bouyoucos GJ, 1955. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils, *Agronomy Journal*, 4(9), 434.
- Celilov C, Dengiz O, 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, İlgaç milli park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(3), 242-256.
- Chatterjee S, Hartemink AE, Triantafilis J, Desai AR, Soldat D, Zhu J, Townsend PA, Zhang Y, Huang J, 2021. Characterization of field-scale soil variation using a stepwise multi-sensor fusion approach and a cost-benefit analysis. *Catena*, 201, 105190.
- Çağlar KÖ. 1949. *Toprak bilgisi*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları Sayı:10.
- Dengiz O, Gülser C, 2014. Farklı flüviyal depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflandırılması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 9-17.
- Dengiz O., Saygın. F., İmamoğlu, A, 2019. Spatial variability of soil organic carbon density under different land covers and soil types in a sub-humid terrestrial ecosystem. *Eurasian Journal of Soil Science*, 8(1), 35-43.
- Dengiz O, Gürsoy FE, Sağlam M, 2017. Alüviyal araziler üzerinde oluşmuş farklı toprakların uygun toprak işleme durumlarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 32(1), 96-104.
- Gözüara G, Kaplan M, 2018. Domates (*Solanum lycopersicum* L.) yetiştiriciliğinde üretici ve çeşit faktörlerinin yaprak ve meyvedeki bitki besin maddesi konsantrasyonu üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 22(4), 484-495.
- Gözüara G, Altunbaş S, Sarı M, 2019. Mekansal değişimin alüviyal fanlar üzerinde oluşan toprakların özelliklerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 425-435.
- Gözüara G, Altunbaş S, Sarı M, 2020. Zamansal ve mekansal değişimlerin eski göl tabanlarındaki toprak oluşumu, gelişimi ve morfolojisi üzerine etkisi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1), 96-110.
- Gözüara G, Demirel BÇ, Altunbaş S, 2021. Sayısal renk parametreleri ile toprak özellikleri arasındaki ilişkiye toprak horizonlarının etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(3), 425-435.
- Gözüara G, 2021. Vis-NIR ve pXRF spektrometrelerinin toprak biliminde kullanımı. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 8(1), 125-132.
- Grewelling T, Peech M, 1960. *Chemical Soil Test*. Cornell Univ. Agr. Expt. Sta. Bull. No 960.
- Gulmezoglu N, Aytac Z, Kutlu I, Kulan EG, Gözüara G, (2017). Mapping boron and beneficial heavy metal ions for wheat-cultivating soils in turkey's boron-mining zone. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(3), 1119-1130.
- Havlin JL, 2005. Soil fertility and fertilizers. *An Introduction to Nutrient Management*, pp. 340.
- Horuz A, Dengiz O, 2018. Terme Yöresi alüviyal arazilerde yetiştirilen çeltiğin bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleriyle besin element kapsamı arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(1), 58-67.
- Jackson MC, 1967. *Soil chemical analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.



- Isaaks E. Srivastava R, 1989. An Introduction to Applied Geostatistics. Oxford University Press. New York.
- Kacar B, Katkat AV, 2007. Bitki besleme. Nobel Yayın Dağıtım. Ankara.
- Özgül M, Aksakal EL, Güneş A, Anđn İ, Turan M, Öztas T, 2011. Influence of global warming on aggregate stability and hydraulic conductivity under highland soil order in Turkey. *Soil Science*, 176(10), 559-566.
- Özyazıcı MA, Dengiz O, İmamoğlu A, 2014. Siirt ili bazı arazi ve toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistem analizleriyle değerlendirilmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 1, 128-137.
- Özyazıcı MA, Dengiz O, Aydođan M, Bayraklı B, Kesim E, Urla Ö, Ünal E, 2016. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 136-148.
- R Core Team, 2008. R: A Language and Environment for Statistical Computing. Vienna, Austria, R Core Team <https://www.R-project.org/>.
- Richards LA. Ed, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. US Salinity Lab., United States Department of Agriculture Handbook 60:94. California, USA.
- Sarı M, Altunbaş S, Sönmez NK, 2009. Aksu araştırma ve uygulama istasyonu topraklarının morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 157-168.
- Sarı M, Altunbaş S, Sönmez NK, 2010. Aksu araştırma ve uygulama alanının ideal arazi kullanım planlaması. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1), 61-69.
- Soil Survey Staff, 2014 Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition Edition, United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service ISBN 0-16-048848-6. Washington DC.
- Şimşek O, Altunbaş S, Gözügara G, Demirel BÇ, 2020a. Farklı alüviyal depozitle üzerinde gelişen toprakların pedolojik özelliklerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(3), 347-358.
- Şimşek O, Altunbaş S, Demirel BÇ, Gözügara, G, 2020b. Alüviyal fizyografyalar üzerinde gelişen topraklarda arazi değerlendirme çalışmaları. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 33(1), 129-135.
- Tunçay T, Başkan O, Bayramın İ, Dengiz O, Kılıç Ş. 2018. Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64 (9), 1240-1253.
- Tunçay T, Bayramın İ, 2010. Çiçekdađ- Kırşehir Tarım İşletmesi Topraklarının Detaylı Toprak Etüt ve Haritalanması. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(1), 53-60.
- Turan MA, Katkat AV, Özsoy G, Taban S, 2010. Bursa ili alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(1), 115-130.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1995. Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.
- Yıldız N, 2008. Bitki beslemenin esasları ve bitkilerde beslenme bozukluğu belirtileri. *Erzurum*, s. 304.
- Yılmaz E, Alagöz Z, 2005. Organik materyal uygulamasının toprağın agregat oluşum ve stabilitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 18(1), 131-138.
- Yılmaz E, Alagöz Z, 2009. Organik materyal (elma posası) uygulamasının toprağın bazı verimlilik özelliklerine etkisi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 22(2), 233-250.
- Yön Ş, Sönmez İ, 2021. Burdur yöresi ceviz (*Juglans regia* L.) bahçelerinin beslenme durumunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1), 117-123.
- Zhang Y, Hartemink AE, 2021. Quantifying short-range variation of soil texture and total carbon of a 330-ha farm. *Catena*, 201, 105200.



## Toprak ekosistemi üzerine mikroplastiklerin etkileri

**Muhittin Onur Akça\***, **Sonay Sözüdoğru Ok**

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

### Özet

Mikroplastikler (MP'ler) yeni nesil olarak ortaya çıkan kirleticiler olmakla birlikte, su ve toprak ekosistemlerindeki varlıkları, tüm ekosistemler için büyük bir tehdit oluşturdukları için son zamanlarda büyük ilgi çekmektedir. MP'lerin denizel ekosistemlerde üzerindeki olumsuz etkilerinin sıklıkla ortaya konulmasıyla birlikte, büyük miktarlarda MP varlığı çoğu denizel ekosistemlerde görülmeye başlanmıştır. Plastik malzemelerin üretiminin ve kullanımının küresel artışı, uygun olmayan plastik atık yönetimi ve bertarafına yönelik stratejilerinin tam belirlenmemiş olması, karasal ekosistemlerde de MP kirliliğinde artışa yol açmaktadır. Buna karşın, MP'lerin karasal ortamlardaki etkileri henüz tam olarak belirlenmemiştir. Mikroplastik parçacıklar (<1mm-5mm) doğrudan (arıtma çamuru uygulamaları, sulama suları, atmosferik birikim vb. uygulamalarla), ya da dolaylı olarak büyük plastik parçaların iklimsel faktörler neticesinde yerinde bozunması (plastik malç materyali) ile toprak ekosistemine dahil olabilmektedir. Toprak ekosistemindeki MP'ler, toprağın fizikokimyasal özelliklerini değiştirebilmektedirler. Bu etki MP'lerin boyutuna, şekline, türüne ve miktarına bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Toprakta bulunan MP'ler polimer türü, şekli ve boyutu açısından toprak organik maddesinin ayrışması ve bazı bitki besin maddeleri döngülerinde farklı etkiler sergilemektedir. Bunun yanısıra, toprağın fizikokimyasal özelliklerinden toprak mikrobiyal aktivitesi, hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, su tutma kapasitesi, buharlaşma gibi parametreler toprak ve bitki sağlığı üzerine olumsuz etkiler göstermektedir. Bu derleme, MP'lerin toprak özellikleri üzerine etkilerine ve toprak ekosisteminde varlığı neticesinde meydana gelen değişikliklere ışık tutmayı amaçlamaktadır.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak, ekosistem, mikroplastik, toprak özellikleri, toprak sağlığı, bitki sağlığı.

### The effects of microplastics on the soil ecosystem

#### Abstract

Microplastics (MPs) are emerging pollutants yet recently there has been substantial attention on them since their presence on soil and water environments pose a great threat to all ecosystems. While the adverse effects of MPs on aquatic ecosystems are often expressed, large amounts of MP presence were reported in almost all marine ecosystems. Moreover, the increase in plastic materials in global scope, inappropriate plastic waste management, and lack of specification in the strategies over their disposal led to the increased MP contamination in terrestrial ecosystems. The effects of MPs in terrestrial environments have not yet been fully determined. Microplastic particles (<1 mm - 5mm) can be incorporated into the soil ecosystem either directly with applications such as sewage sludge, irrigation water or atmospheric deposition, etc. or indirectly via the disintegration of bigger plastic particles (plastic mulch materials) in situ with climatic factors. The MPs in soil ecosystems alter the physicochemical characteristics of the soil. This effect may vary depending on the size, shape, type and amount of MPs. Different types of MPs' polymer, size, and change might impact the decomposition of soil organic matter and the cycles of some plant nutrients differently. In addition to this impact over soil organic matter decomposition and nutrient cycles, altered soil microbial activity, bulk density, aggregate stability, water holding capacity, evaporation affect the soil and plant health adversely. This review aims to illuminate the direct impacts of MPs over soil and the changes occurring in soil characteristics due to the presence of MPs in the soil ecosystem.

**Keywords:** Soil, ecosystem, microplastics, soil properties, soil health, plant health.

© 2021 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Çeşitli alanlarda kullanılan plastiklerin atıklarının küresel ölçekte yayılımı ve ekosistem üzerine etkileri, bir ekosistemden diğerine taşınabilecek kadar küçük olmaları, fauna ve flora tarafından bünyelerine alınmaları ve birikmeleri gibi olaylardan ötürü küresel bir sorun haline gelmiştir (Thompson ve ark., 2009). 1950 ile 2015 yılları arasında toplam 6300 milyon ton (MT) küresel plastik atık ortaya çıkmıştır (Geyer ve ark., 2017). 2015 yılında küresel olarak 60 ila 99 (MT) MP üretilmiş, bu rakamın 2060 yılına kadar üç katına

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0312 596 1188

E-posta : moakca@ankara.edu.tr

Makale Türü: DERLEME

Geliş Tarihi : 20 Eylül 2021

Kabul Tarihi : 28 Ekim 2021

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.997807

çıkarak 155–265 MT'a çıkabileceği tahmin edilmektedir (Lebreton ve Andradı, 2019). Mikroplastik kirliliği okyanuslar, tatlı su kaynakları ve sedimentlerden sonra topraklar için de artan bir endişe kaynağı oluşturmaya başlamıştır (Helmlberger ve ark., 2019). Bu MP'lerin toprak ekosistemlerindeki birikimleri ve etkileri büyük ölçüde keşfedilmemiştir (He ve ark., 2018). Karasal ekosistemlerin bu materyallerin hem üretildiği hem de kullanıldığı yerler olması dolayısıyla toprakların bu tür kirliliğe okyanuslardan daha fazla maruz kaldığı ileri sürülmektedir (Horton ve ark., 2017). Sulardaki plastik kirliliği, suyun şeffaf yapısı nedeniyle kolayca belirlenirken toprağın karmaşık yapısı uzun süre bu tür kirliliklerin fark edilmesini geciktirmektedir. Okyanuslara plastik kirliliğinin yıllık akışının 4.8-12.7 MT olduğu tahmin edilmektedir. Bu plastiklerin büyük bir kısmının karasal kaynaklı olduğu, akarsu veya rüzgar yoluyla okyanuslara taşındığı bildirilmiştir (Jambeck ve ark., 2015).

Plastik sorunu, aslında insanların yaratıcılık gücünün sonucu olarak doğada bulunmayan ancak çeşitli faydalar sağlayan birçok materyalin keşfi gibi plastik hammaddesinin keşfedilmesi ve geliştirilmesi ile ortaya çıkmıştır. Kauçuk, kereste gibi birçok doğal hammaddenin yerine kullanılmak üzere bu tür sentetik materyaller üretilmiştir. Plastik malzemelerin çok geniş alanlarda kullanılabilir olması ve kullanımının yaygınlaşmasındaki en önemli faktörler dayanıklılık, işlenebilirlik, hafiflik ve düşük maliyet gibi özelliklerdir. Buna karşın, plastiklerin büyük üretim hacimleri, uzun vadeli çevresel kalıcılıkları ve potansiyel ekolojik etkileri kirlilik oluşturan unsurlar arasına girmesine neden olmuştur (Thompson ve ark., 2009). Plastik kullanımından kaynaklanan en önemli sorun, plastiğin doğada ayrışmasının son derece yavaş olmasıdır. Bu nedenle doğada birikmesi ve en az gelecek birkaç yüzyıl daha doğada kalacak olması beklenmektedir (Wright ve Kelly, 2017; Hale ve ark., 2020). Çoğu MP'nin biyolojik olarak parçalanması zordur ve yalnızca daha küçük parçacıklara bölünebilmektedirler. Doğanın en önemli ayrıştırıcıları olan mikroorganizmaların enzimlerinin yapay olarak elde edilen bu materyallere karşı pek etkin olmadıkları ya da çok az etkin oldukları görülmektedir. Plastik atıklar fiziksel ve kimyasal etkenler (ultraviyole ışınlar, radyasyon, rüzgar veya su erozyonu vb.) tarafından da bozunabilir ve daha küçük parçacıklara ayrılabilir.

Plastik atık miktarının hızla artışı sonucu hem deniz hem de karasal ekosistemlerinde ihmal edilemeyecek derecede kirlilik oluşmaktadır. Plastiklerin düşük bozunma hızının yanında uygun plastik atık yönetiminin olmaması sonucu sorun her geçen gün büyümektedir. Küresel ekosistemde plastik birikimi, mevcut üretim, tüketim ve atık yönetimi uygulamalarının değişmeden kalması durumunda daha da artacaktır.

Plastik boyutlarının metreden mikrona değişim göstermesi, şekillerinin, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin çok çeşitli olması bu kirlileti grubun belirlenmesini güç kılmaktadır (Rochman, 2015). Plastik partiküllerin ekosistemler içinde yer alan bozunma ve parçalanma süreçleri bu partiküllerin özellikle de çok küçük boyutta olanların tanımlanması ve uzaklaştırılmasını güçleştirmektedir. Bu nedenle topraklara çeşitli yollarla ulaşan MP'lerin toprak özellikleri üzerine etkileri ve akıbetlerinin araştırılması ve ortaya konması gelecek için son derece önem taşımaktadır.

Bu derlemede, toprak ekosistemine herhangi bir yolla dahil olan MP'lerin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerindeki etkileri üzerinde durulmuştur. Toprak ekosistemleri günümüzde doğrudan veya dolaylı olarak insan kökenli (antropojenik) faaliyetlerden kaynaklanan çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik stres faktörlerine maruz kalmaktadır. Toprak ekosisteminde abiyotik ve biyotik etkenler arasında bir denge bulunmaktadır. Bu dengedeki sisteme dışarıdan herhangi bir etkide bulunulduğunda, besin döngüsü, karbon döngüsü gibi toprak fonksiyonları da bozulmaktadır. Madencilik, tarım, ormancılık ve atık bertarafı gibi faaliyetler toprak ekosisteminin yapısını, toprak fonksiyonlarını ve hizmetlerini olumsuz etkilemektedir. Bu derleme ile toprak ekosistemlerinde MP varlığının etkilerini gösteren çalışma sonuçlarının olumlu/olumsuz yönleri ele alınarak MP'lerin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır. Yapılan tespitlerin MP'lerin olumsuz etkilerinin iyileştirilmesinde yeni stratejilerin geliştirilmesinde faydalı olacağı ve ekolojik ayak izlerinin azaltılmasında yardımcı olacağı düşünülmektedir.

## Plastik kullanımı

Plastikler ambalajlar, araba imalatı, inşaat, tarım, evsel gereçler, kişisel bakım ürünleri gibi birçok alanda çok yaygın olarak kullanılmaktadır. Bakalit 1907 yılında büyük çapta ilk üretilen sentetik plastiktir. Daha sonra plastik terimi doğal ve insan yapımı polimerlerden yapılan materyaller için kullanılmaya başlanmıştır. İlk başta bu materyaller ekonomik ve çevresel kullanımları ile birçok avantaj sağlamış ve doğal olarak üretilen materyallerin üretimini ve kullanımını azaltmıştır. Plastiklerin II. dünya savaşından sonra tip ve çeşit üretimi

artmış, 1950'lerde ise insanların hemen hemen her ihtiyacını karşılayacak bir materyal haline gelmiştir (Crespy ve ark., 2008).

Plastiklerin çok sayıda faydası olmasına rağmen atık düzeyindeki yüksekliği ve çevreye dağılım göstermeleri çevresel bir sorun yaratmaya başlamıştır. Bu duruma gelinmesinin başlıca sebepleri arasında yetersiz kullanım ömrü, yeniden kullanılabilirlik ve geri dönüştürülebilirlik oranlarının düşük olması nedeniyle tek kullanımlık plastik uygulamalarının etkisi büyüktür (Geyer ve ark., 2017).

Dünyada yıllık plastik atık miktarına bakıldığında 2021 yılı için yaklaşık 60 MT plastik atık ile Çin ilk sırada yer almaktadır. Türkiye yaklaşık 5600000 ton atıkla 9. sırada bulunmaktadır (Çizelge 1). Dünya genelinde plastik atıkların yaklaşık % 79'u düzenli depolama alanlarına atılmıştır (Geyer ve ark., 2017).

Çizelge 1. Ükelere göre 2021 yılı plastik kirliliği sıralaması

Ülke sıralaması	Plastik atık miktarı (Ton)
1. Çin	59 079 741
2. Amerika Birleşik Devletleri	37 825 550
3. Almanya	14 476 561
4. Brezilya	11 852 055
5. Japonya	7 993 489
6. Pakistan	6 412 210
7. Nijerya	5 961 750
8. Rusya	5 839 685
9. Türkiye	5 596 657
10. Mısır	5 464 471

Kaynak: <https://worldpopulationreview.com/country-rankings/plastic-pollution-by-country>

## Mikroplastikler

### Mikroplastiklerin sınıflandırılması

Plastikler büyüklüklerine göre nano-(<100 nm), mikro-(0.0001–5 mm), mezo-(5–25 mm) ve makropartiküller (>25 mm) olarak sınıflandırılmaktadır (Windsor, 2019). Plastiklerin çapı 5 mm ve altında olan parçacıkları MP (Hidalgo-Ruz ve ark., 2012), 0.1–1 µm çapındaki parçacıkları ise nanoplastik olarak sınıflandırılmaktadır (Gigault ve ark., 2018).

Mikroplastikler farklı şekillerde olabilir. Yaygın rastlanılan MP'ler birincil ve ikincil olarak sınıflandırılmaktadır. Mikroplastikler biyolojik olarak parçalanmadığından çeşitli ortamlarda makroplastiklerin büyük atık parçaları giderek daha küçük plastik parçalarına ayrılır. Birincil MP'ler içinde mikro boncuklar ve mikro fiberler yer almaktadır. Mikro boncuklar kozmetiklerde, kişisel bakım ürünlerinde, mikro fiberler ise sentetik kumaşlarda bulunmaktadır. Parçacıklar (fragman) büyük plastiklerin parçalanma ürünleri, mikrofilmler de plastik poşetlerin ve plastik örtülerin ayrışma ürünleridir. Sekonder MP'ler, birincillerin parçalanması ya da ayrışması ile oluşmakta, parçacıklar (fragman) ve mikrofilmler halinde bulunmaktadır (Helmberger, 2020).

Mikroplastikler plastik polimerlerdir (polimer: birçok parçadan oluşan). Polimerler doğal yollarla kendiliğinden oluşmuş polimerler ve insan eliyle sentetik olarak oluşturulmuş polimerler şeklinde ikiye ayrılırlar. Sentetik polimerlerden Polietilen (PE), Polistren (PS), Polipropilen (PP), Polivinil klorür (PVC), Poliüretan (PUR), Polietilen tereftalat (PET) yaygın olarak bulunmaktadır (Geyer ve ark., 2017). Su ortamında en yaygın olarak üç MP türü polietilen (PE), polipropilen (PP) ve polistiren (PS) saptanmıştır.

### Topraklarda mikroplastiklerin kaynakları

Toprak, doğal çevrenin önemli bir parçasıdır ve yaşamın sürekliliği için gerekli bir ekosistemdir (Daily ve ark., 1997). Bu özelliği ile son derece uzun toprak oluşum sürecine dayanan insan-zaman ölçeğinde yenilenemez bir kaynak olarak kabul edilmektedir (Dominati ve ark., 2016). Toprak, hava ve su arasındaki kritik varlığı nedeniyle atmosferde (hava), biyosferde (bitkiler ve organizmalar) oldukça önemli olan karbon (C), oksijen (O<sub>2</sub>) ve su gibi yaşam sağlayan döngülerin düzenlenmesinde kritik etkiye sahiptir. Bu nedenle, MP'lerin toprak özellikleri üzerindeki etkilerinin daha iyi anlaşılması gerekmektedir.

Topraklar, kentsel ve kırsal olarak göz önüne alındığında: kentsel alanda MP kirliliği kaynaklarını araba lastiklerinden kopan parçacıklar, çöpler, endüstriyel atıklar gibi plastiğin kullanıldığı birçok materyal oluşturmaktadır. Kentsel alanda 0.3–67.5 g kg<sup>-1</sup> arasında değişen miktarlarda MP saptanmıştır (Fuller ve Gautam, 2016). Farklı ülke topraklarında belirlenen MP miktarları ve özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. En yaygın plastik türlerinin PE ve PS olduğu görülmektedir. Tarımsal alanlardaki MP kaynaklarını atık suyun tarımsal amaçlı sulamada kullanımı, atık su arıtma çamuru kullanımı (Corradini ve ark., 2019; Li ve ark., 2018; Mintenig ve ark., 2017; Ziajahromi ve ark., 2017) sera naylonları, plastik malçlama materyalleri, sulama boruları, gübre kapsülleri (Mason ve ark., 2016; Gündoğdu ve ark., 2018) gibi uygulamalar oluşturmaktadır (Şekil 1 ve 2). Bu MP’ler elyaf, film, küre, granül, köpük gibi çeşitli formlarda çapı <5 mm olan plastik parçacıkları ifade etmektedir (Andrady, 2011).

Çizelge 2. Mikroplastiklerin farklı toprak türlerinde bulunuşu ve özellikleri (He ve ark., 2018)

Toprak tipi	Miktar	Boyut Aralığı	Şekil	Kompozisyon	Yer
Endüstriyel alandaki topraklar	300-67.500 mg kg <sup>-1</sup>	-	-	PVC (>80%), PE, PS	Avusturalya
Sahil toprağı	317 madde 500 g <sup>-1</sup> (ortalama)	1.56 mm	parça, granül, lif, film	-	Çin
Sahil toprağı	1.3-14.712 madde kg <sup>-1</sup>	<1 mm (% 60)	köpük, pellet, parça, lif, film, sünger	PE, PP, PS	Çin
Taşkın yatağı toprağı	55.5 mg kg <sup>-1</sup> veya 593 madde kg <sup>-1</sup>	125-500 µm (%88)	-	PE, PS, PVC	İsviçre
Tarım toprağı	<0.54 mg kg <sup>-1</sup>	>100 µm	-	PE	Çin
Orman toprağı	7100-42.960 madde kg <sup>-1</sup>	10-0.05 mm	lif, parça, film	-	Çin
Tarım toprağı	78.0- 62.5 madde kg <sup>-1</sup>	0.03-16 mm	film, parça	PE (%50.51), PP (%43.43), PES (%6.06)	Çin

PVC: Polivinilklorür, PE:Polietilen, PS:Polistren, PP:Polipropilen, PES:Polietersülfon



A



B

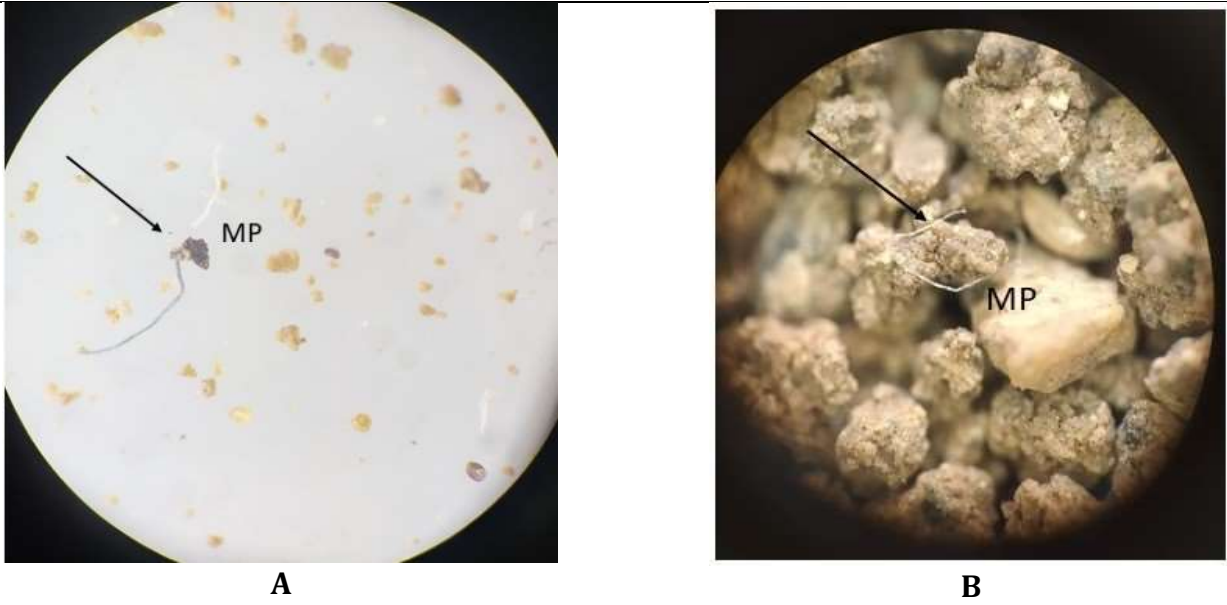


C



D

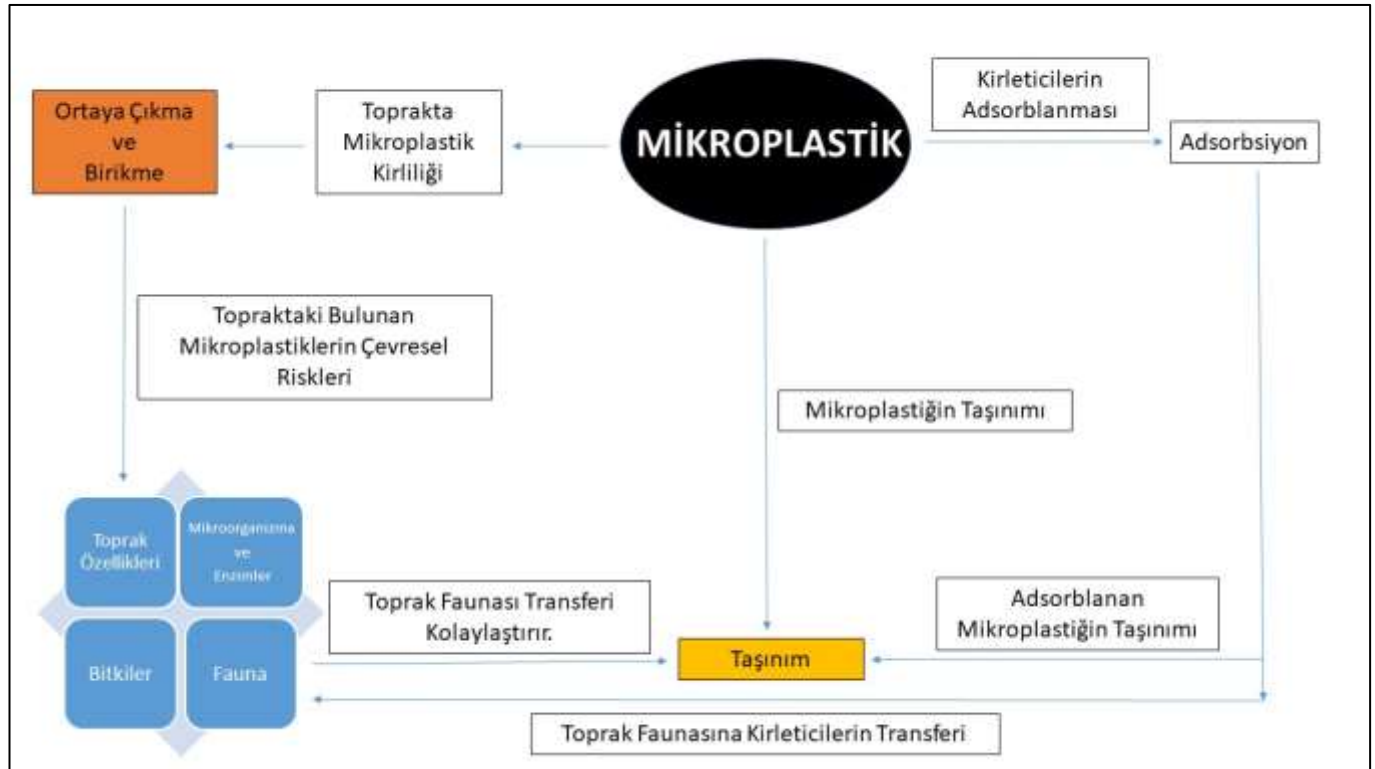
Şekil 1. Toprakta makroplastik kalıntısı olarak sulama borusu parçası (A), yonca tarlasında makroplastik kalıntıları: balya ipleri (B, C) ve plastik şişe kapağı parçası (D) (Foto A, B, C, D: Sonay Sözüdoğru Ok, 2021).



Şekil 2. Malç uygulanan toprakta binoküler stereomikroskopta mikroplastik kalıntıları görüntüsü (Leica S8AP0/1.0-8.0 X Zoom) (A), Toprakta binoküler stereomikroskopta mikroplastik kalıntısı görüntüsü (Leica S8AP0/1.0-8.0 X Zoom) (B) (Foto A, B: Sonay Sözüdoğru Ok ve Muhittin Onur Akça, 2021).

### Toprakta mikroplastiklerin hareketi ve taşınımı

Toprağa herhangi bir şekilde dahil olan MP'ler toprağın içinde yatay veya dikey hareket edebilmektedir. Topraktaki çatlaklar, gözenekler, sürüm, hasat gibi tarımsal uygulamalar, bitki köklerinin uzaması, toprak faunasının özellikle solucanların toprağı sindirim sisteminden geçirme faaliyetleri ve diğer toprak hayvanlarının toprağı kazma davranışları, MP'lerin toprakta derinlere doğru taşınımını sağlamaktadır. Bazı solucanların beslenme faaliyetleri, yaşam aktiviteleri ve tarımsal uygulamalar, MP'lerin toprakta yatay dağılımını kolaylaştırabilmektedir (Gabet ve ark., 2003) (Şekil 3).



Şekil 3. Topraktaki mikroplastiklerin çevresel riskleri ve süreçlerinin şematik gösterimi (Xu ve ark., 2020)

Mikroplastikler toprağa girdikten sonra toprak profilinde birikmekte veya toprak profili boyunca su iletimine etki edebilmektedir (Dong ve ark., 2018; O'Connor ve ark., 2019). Ayrıca, bu MP'ler bitki verimini düşürebilmekte (Boots ve ark., 2019), topraktaki diğer kirleticilerin etkilerini artırabilmekte (Rodriguez-Seijo ve ark., 2019), ve potansiyel olarak kirleticilerin yeraltı suyuna sızmasına neden olabilmektedir (O'Connor ve ark., 2019; Yu ve ark., 2019). Diğer yandan, MP'ler rüzgar vasıtasıyla tozlarla havaya, havadan da etrafa yayılabilir. Erozyon veya yüzey akışları ile karasal ve sucul sistemlere taşınabilirler (Ockelford ve ark., 2017; O'Connor ve ark., 2019).

## Mikroplastiklerin Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkileri

### Toprak strüktürü

Toprak agregatları, toprak strüktürünün temel bileşeni olup, toprak mikroorganizmaları ile bir denge halindedir (Rillig ve Lehmann, 2020). Ayrıca, toprak agregatları, toprak gözenekliliğinde önemli bir role sahiptir. Bu durum topraktaki hava ve suyun hareketini, ve ayrıca mikrobiyal faaliyetleri doğrudan etkilemektedir (Rillig ve ark., 2017; Rillig ve Lehmann 2020). Toprakta MP varlığında, toprak hacim ağırlığı düşmekte ve bu durum tüm toprak tipleri üzerinde tamamen farklı etkiler göstermektedir. Toprakta büyük miktarlarda makroplastik bulunduğu, genellikle toprak strüktüründe bozulma meydana getirmektedir. Böyle durumlar, yağmur suyu ve sulama suyunun toprağa sızmasını azaltmakta, toprağın su tutma kapasitesini olumsuz etkilemekte ve anoksik koşullar oluşturabilmesi açısından zararlı olabilmektedir (Liu ve ark., 2014). Ayrıca, kullanılan plastik malç materyalleri toprak agregatlarının yapısını bozmakta, toprağın havalanmasını ve su geçirgenliğini azaltmaktadır. Böylece kök büyümesini ve genel bitki verimliliğini olumsuz etkilemektedir (Jiang ve ark., 2017; Zeng ve ark., 2013; Zhang ve ark., 2018). Makroplastiklerin aksine, MP ile toprak strüktürü ve agregatlar arasındaki ilişki üzerine daha az çalışma mevcuttur.

### Hacim ağırlığı

Hacim ağırlığı, yaygın olarak bilinen bir toprak fiziksel özelliği olup, toprak erozyonu riski ile yakından ilişkilidir (Gohlami ve ark., 2020). Genel olarak, toprağa karışan MP'ler toprağın hacim ağırlığını azaltmaktadır. Örneğin, de Souza Machado ve ark., (2018 ve 2019) yaptıkları çalışmada, yüksek yoğunluklu polietilen (HDPE), polyester (PES), polietilen (PET), polipropilen (PP) ve polimetilmetakrilat (PMMA) parçacıklarının toprağa uygulanması ile tınlı kumlu topraklarda toprak hacim ağırlığının azaldığını bildirmişlerdir. Bu araştırmacılar toprak hacim ağırlığının azalmasını MP'lerin düşük yoğunluklu olmalarına bağlamışlardır. Ancak, Zhang ve ark., (2019) yaptıkları bir çalışmada, polyester mikrofiber (PMF) uygulamasının tarla ve sera koşullarında kil tınlı toprağın hacim ağırlığını önemli ölçüde etkilemediğini, bunu da araştırmada kullanılan MP'lerin düşük dozda olmasından (%0.3) kaynaklandığını belirtmişlerdir. Yapılan başka bir çalışmada de Souza Machado ve ark., (2018), lifli polyester tipindeki MP'lerin toprak hacim ağırlığını parça ve boncuk şeklindeki MP'lerden daha fazla azalttığını bildirmişlerdir. Toprak hacim ağırlığı üzerindeki MP etkilerine ilişkin yapılan çalışmalar sınırlı olsa da, genel bulgular bu toprak özelliğinin toprak ortamına sürekli MP girdilerinden etkilenebileceğini göstermektedir.

### Agregat stabilitesi

Sera ve tarla denemeleri sonuçları topraklara ilave edilen MP'lerin polimer morfolojisine bağlı olarak toprak agregasyonunu etkilediğini göstermiştir (Boots et al., 2019; de Souza Machado ve ark., 2018; Zhang ve ark., 2019). Toprağa ilave edilen MP'ler agregat stabilitesini azaltmaktadır (de Souza Machado ve ark., 2018, 2019; Lehmann ve ark., 2019). MP'ler, toprak agregatlarına farklı derecelerde bağlı bulunmaktadır. Toprak agregatlarında yapısal olarak parça şeklinde gevşek bir şekilde, lif türlerinde ise daha sıkı tutunmaktadır (Guo ve ark., 2020). MP'ler, toprakta bulunan suya dayanıklı agregatları etkileyerek toprağın biyofiziksel özellikleri üzerine etki göstermektedirler (de Souza Machado ve ark., 2019). Azalan agregat stabilitesi genellikle toprağın biyolojik aktiviteleri, özellikle; hava, su ve bitki besin maddelerinin değişimleri üzerinde olumsuz etkiler yaratmaktadır (Six ve ark., 2006; Zheng ve ark., 2016). Topraktaki MP içeriği arttıkça, toprak parçacıklarını bir arada tutan kuvvetler zayıflamakta ve toprağın agregasyon özelliği azalmaktadır (de Souza Machado ve ark., 2018). Lehmann ve ark., (2019), toprak biyotasının varlığında mikro liflerin eklenmesiyle toprak agregat stabilitesinin azaldığını, ancak Zhang ve ark., (2019), ıslak-kuru döngülerin makro-agregat stabilitesini artırdığını belirtmişlerdir.

### Por büyüklük dağılımı

Por büyüklük dağılımı önemli bir toprak fiziksel özelliğidir (Cary ve Hayden, 1973). Büyük boyutlu gözenekler, yüzey suyu drenajını hızlandırmakta, ancak zayıf toprak yapısının bir göstergesi olarak

bilinmektedir. Oysa küçük gözenekler daha fazla su tutma kapasitesi ve bitkiye yararışlı su sağlamaktadır (Greenland, 1977). Zhang ve ark., (2019) yaptıkları bir çalışmada, su hareketi üzerinde önemli etkileri olabilecek iki ana gözenek çapının (makro gözenek >30 µm ve mikro gözenek <30 µm) topraktaki MP varlığından güçlü bir şekilde etkilendiğini, %0.1 ve %0.3 dozlarında Nitisol topraklara (FAO sınıflandırma sistemi, derin, kırmızı ve iyi drenajlı derin, kırmızı, iyi drenajlı) ilave edilen poliester mikro fiberin (PMF), bir yıl sonra tarla ve saksı koşullarında makro gözeneklerin hacmini arttırdığını, mikro gözeneklerin hacmini ise azalttığını bildirmişlerdir.

### **Hidrolik iletkenlik**

Toprakta suyun iletimi toprak strüktürüne yakından bağlı olup oldukça önemlidir. Hidrolik iletkenlik (Hİ), toprak strüktürüne bağlı olarak toprağın suyu iletme yeteneğini etkilemektedir (Klute ve Dirksen, 1986). Kumlu topraklar, su hareketine kolayca izin veren yüksek bir Hİ'ye sahiptir. Zhang ve ark., (2019), mikrofiberlerle birlikte organik maddenin varlığının toprak Hİ'sini arttırdığını öne sürmektedirler. Bu durum, organik materyaller tarafından makro gözenek oluşumunun stabilitesine bağlanabilir. Yapılan çalışmalar, organik madde varlığı dışında, polimerin tipi ve konsantrasyonundan bağımsız olarak topraklara MP eklenmesinin Hİ üzerinde önemli bir etkisi olmadığını göstermektedir.

Toprakta MP varlığında, toprak hacim ağırlığı düşmekte ve bu durum tüm toprak tipleri üzerinde tamamen farklı etkiler göstermektedir. Toprakta büyük miktarlarda makroplastik bulunduğu, genellikle toprak strüktüründe bozulma meydana getirmektedir. Böyle durumlar, yağmur suyu ve sulama suyunun toprağa sızmasını azaltmakta, toprağın su tutma kapasitesini olumsuz etkilemekte ve anoksik koşullar oluşturması açısından zararlı olabilmektedir. MP'lerin; agregat stabilitesini azalttığını, makro gözeneklerin hacmini arttırdığını, ve mikro gözeneklerin hacmini ise azalttığını bildirmişlerdir (Mbachu ve ark., 2021).

### **Su tutma kapasitesi**

Topraklara MP ilavesiyle gözenek boyutu dağılımındaki değişiklik toprağın su tutma kapasitesini (STK) etkileyebilmektedir. de Souza Machado ve ark., (2018), değişen konsantrasyonlarda farklı polimer türlerinin uygulanmasının, tınlı topraklarda toprak STK'sini arttırdığını, polyester liflerin toprağın su tutma kapasitesini de etkilediğini, % 0.1-0.3 arasındaki uygulamalarda doza bağlı olarak artışın meydana geldiğini bildirmişlerdir. Poliakrilik (PAA), polietilen (PE) ve poliamidlerin (PA) su tutma kapasitesine etkisinin önemli olmadığını saptamışlardır.

### **Toprak suyunun buharlaşması, evapotranspirasyon ve kuruma**

Toprakta MP varlığı topraktan suyun buharlaşmasını ve buharlaşma oranını etkilemektedir (Wan ve ark., 2019; de Souza Machado ve ark., 2019). Araştırmacılar topraklara MP ilavesinin topraktan suyun buharlaşmasını ve evapotranspirasyon oranlarını artırdığını, MP'lerin toprakta su tutulmasını azalttığını, bunun da artan buharlaşma/buharlaşma-terleme, özellikle partikül boyutu ve konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu belirtmişlerdir. Toprak agregatlarına benzer büyüklükteki plastik partiküller (~2 mm) toprak profiline kolayca girmekte ve su iletimini kolaylaştırmaktadırlar (de Souza Machado ve ark., 2019; Wan ve ark., 2019). Daha büyük partiküller ise (~5–10 mm) başlangıçta buharlaşmayı önleyen toprak yüzeylerini kaplayabilmekte ancak, daha büyük MP parçacıkları (~10–15 mm), toprak yüzeyindeki çatlamayı artırarak buharlaşmayı ve toprağın kurummasını teşvik edebilmektedir (Wan ve ark., 2019).

Topraktan suyun buharlaşması ve toprağın kuruması üzerine sınırlı sayıda çalışma, toprak ekosistemlerinde plastik varlığının, özellikle kurak alanlarda toprak-su kıtlığını artırabileceğini göstermektedir. Örneğin, bazı tarımsal alanlarda, malçlama toprakta suyu muhafaza stratejisi olarak kullanılmaktadır, ancak iklimsel bazı özellikler (yağmur, güneş ve rüzgar gibi) bu malç malzemelerini daha küçük parçalara ayırabilmekte, bahsedildiği üzere daha küçük parçalara ayrılan bu plastik malzemeler topraklarda artan buharlaşmaya neden olmakta, böylelikle toprağın nem içeriği azalabilmektedir.

### **Mikroplastiklerin Toprağın Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkileri**

Toprak mikrobiyal aktivitesi ve biyolojik çeşitlilik gibi özellikler bitki besin maddesi döngüsü, filtrasyon ve tamponlamadan sorumlu olan toprak kalitesinin biyolojik göstergeleridir. Toprağa ilave edilen MP'lerin toprağın biyofiziksel özelliklerini değiştirdiği, bitki sağlığı kadar toprağın biyolojik aktivitesini ve çeşitliliğini de etkileme potansiyelinin de olduğu bilinmektedir.

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 ark., 2017; Liu ve ark., 2017; Rillig, 2012, 2018). Liu ve ark., (2017), toprağa MP ilavesinin toprak enzim



aktivitelerini etkileyeceğini ve toprakta çözünür bitki besin maddelerinin birikmesini teşvik edebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca toprağa ilave edilen plastik malç materyali kalıntıları istemeden de olsa stabil toprak organik C havuzunun boyutunun artmasına katkıda bulunmaktadır. Buna örnek vermek gerekirse, 1 yılda hektara 5-25 kg plastik malç materyali karıştırılırsa, ortalama olarak hektara 4-20 kg C verilmiş olacaktır. Ancak bu durumun yoğun tarımsal faaliyetlerden kaynaklanan organik C kaybı oranlarına kıyasla düşük olduğu ve bu nedenle olumlu bir özellik olarak gösterilmemesi gerekliliği gözden kaçırılmamalıdır. [Hodson ve ark., \(2017\)](#) MP'lerin Zn biyoyararışlılığı üzerine etkilerini değerlendirdikleri çalışmada, toprağa ilave edilen MP'lerin solucanlar ile Zn arasındaki teması artırdığını, ancak bu durumun solucanlar açısından yaratabileceği potansiyel risklerin neler olduğunu ve bu biyoyararışlılık mekanizmalarının tam olarak bilinmediğini belirtmişlerdir.

Tarımda kullanılan plastik malç materyalleri bazı toprak kalitesinin biyolojik göstergelerini iyileştirirken, bazılarında ise düşüş meydana getirmiştir ([Jiang ve ark., 2017](#); [Liu ve ark., 2014](#); [Steinmetz ve ark., 2016](#)). Bazı araştırmalar, topraklarda MP birikiminin toprağın fizikokimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini ve çevre kirliliklerine yol açabileceği sonucuna varmıştır ([Andrés Rodríguez-Seijo, 2018](#)). [Ramos ve ark., \(2015\)](#), MP kalıntılarının topraktaki pestisitleri biriktirecek toprak habitatında değişikliklere yol açabileceğini belirtmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda, topraklarda artan miktarda MP birikimi ile toprak mikrobiyal biyokütlesinin C ve N içeriğinin ile önemli ölçüde azaldığı ortaya konulmuştur ([Moreno ve Moreno 2008](#); [Wang ve ark., 2016](#)).

### **Mikrobiyal Aktivite**

Topraklara MP ilavesi ile tüm mikrobiyal topluluğun metabolik hızının önemli ölçüde etkilendiği gözlemlenmiştir ([de Souza Machado ve ark., 2018](#); [2019](#)). Bununla birlikte, MP'lerin mikrobiyal aktivite üzerindeki etkileri çok net değildir. [de Souza Machado ve ark., \(2018\)](#), poliamid (PA) ve PE türü MP'lerin mikrobiyal aktivite üzerine önemli bir artışa neden olduğunu, PMMA ve PES türü MP'lerin ise mikrobiyal aktiviteyi azalttığını bildirmişlerdir. Tınlı kumlu topraklara uygulanan PA, HDPE ve PES'in toprak mikrobiyal aktivitesini artırdığı rapor edilmiştir ([de Souza Machado ve ark., 2019](#)). Genel olarak, bu çalışmalar MP şeklinin ve konsantrasyonunun mikrobiyal aktivite üzerindeki etkiyi belirlediğini ve mikrobiyal dinamikler üzerinde değişen toprak fiziksel fonksiyonu arasında olası bir doğrudan bağlantı olduğunu işaret etmektedir.

Toprağa PP türü MP'ler ilave edilip 30 gün süreyle yürütülen bir inkübasyon denemesinde, toprak solunumunun arttığı, ancak substrat kaynaklı solunumun (SIR) azaldığı belirtilmiştir ([Yang ve ark., 2018](#)). Ancak, toprağa uygulanan MP miktarı %7'den, %28'e kadar daha yüksek bir oranda uygulandığında toprak solunumu önemli ölçüde azalmaktadır. Bu durum, özellikle yoğun plastik malç uygulaması yapılan topraklarda MP artıklarının birikmesinin, toprağın mikrobiyal aktivitesi üzerine oldukça önemli bir etkisinin olduğunu göstermektedir. Çin'de lős toprağına çeşitli oranlarda (%7 ve %28) PP türü MP ilavesi, toprakta beta-glikozidaz ve fosfataz aktivitelerini artırırken, üreaz aktivitesini azaltmıştır ([Yang ve ark., 2018](#)). Düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) filmleriyle (0.076 g kg<sup>-1</sup> toprak), kirlenilip 90 gün boyunca inkübasyona tabi tutulan bir toprakta üreaz ve katalaz aktivitelerinin arttığı, invertaz aktivitesinin ise dalgalandığı bildirilmiştir ([Huang ve ark., 2019](#)). Çeltik yetiştiriciliği yapılan toprağa eklenen polilaktik asit (PLA) türü MP'lerin, 70 günlük inkübasyondan sonra bile beta-glikosidaz ve üreaz enzim aktiviteleri üzerinde bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir ([Chen ve ark., 2020](#)).

### **Mikrobiyal çeşitlilik**

Topraklarda MP'lerin varlığının uzun zamandır mikrobiyal çeşitliliği önemli ölçüde etkilediği düşünülmüştür. Bu etkileri belirlemek için farklı toprak tiplerinde çeşitli çalışmalar yapılmıştır. Polietilen türü MP'lerin (13 µm ve 150 µm) killi toprağa ilave edilmesinin ardından mantar ve bakteri topluluklarında değişiklikler gözlenmiştir. Çalışmada elde edilen değişikliklerin büyük ölçüde parçacık boyutuna bağlı olduğu, daha küçük boyutun (13 µm), daha büyük boyuta (150 µm) kıyasla mantar ve bakteri miktar ve çeşitliliğini artırdığı belirtilmiştir ([Ren ve ark., 2019](#)). Buna karşılık, [Chen ve ark., \(2020\)](#) yaptıkları çalışmada, toprağa PLA türü MP'lerin uygulayıp 70 günlük inkübasyondan sonra çeltik toprağında bakteri çeşitliliği üzerinde hiçbir etkisi olmadığını belirtmişlerdir. [Huang ve ark., \(2019\)](#) LDPE türü MP ile kirlenilen toprakta bakteri çeşitliliğinin değişmediğini, ancak, MP yüzeylerinin bakteri topluluğu tarafından mikrobiyal topluluklar için benzersiz bir yaşam alanı olarak kullanıldığını ve bunun da düşük düzeyde bakteri çeşitliliği ile sonuçlandığını belirtmişlerdir. Taksonomi verilerine dayanarak, [Huang ve ark., \(2019\)](#), toprağa uygulanan LDPE filmlerinin Acidobacteria, Bacteroidetes, Gemmatimonadetes, Nitrospirae ve Proteobacteria'nın zenginleşmesini sağladığını, Actinobacteria ve Nitrospirae'nin bazı üyeleri gibi bazı bakteri cinslerinin azaldığını belirtmişlerdir. [Ren ve ark., \(2019\)](#) yaptıkları çalışmada, küçük parçalara

ayrılmış PE uygulanmış topraklarda Actinobacteria miktarının arttığını, Acidobacteria, Nitrospirae ve Bacteroidetes miktarının ise azaldığını belirtmişlerdir. Buna ilaveten bu uygulama ile ayrıca Ascomycota ve Zygomycota miktarının arttığını ve Basidiomycota, Chytridiomycota, Ciliophora ve Rozellomycota miktarının ise azaldığını bildirmişlerdir. Toprağa PLA uygulamasının (%2), kontrol uygulamalarıyla karşılaştırıldığında bakteri topluluklarında önemli bir değişiklik oluşturmadığı belirtilmiştir (Chen ve ark., 2020). Bakteri topluluğu stabilitesi, baskın bakteri taksonlarının PLA'ların varlığında tepki verme derecesine bağlıdır. Bu durum, %2 PLA dozunun mikrobiyal aktivite süreçleri üzerinde zayıf bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir.

## Mikroplastiklerin Bitki Sağlığı ve Toprağın Bazı Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkileri

### Bitki sağlığı

Kumlu killi tın toprakta yetiştirilen Lolium perenne (çok yıllık çim) topraklarına %0.1 (w/w) MP ilavesi ile fide gelişiminin engellendiği, sürgün uzunlukları ve kuru biyokütlenin azaldığı belirtilmiştir (Boots ve ark., 2019). Kumlu toprağa eklenen nişasta bazlı biyolojik olarak parçalanabilen LDPE MP'ler, Triticum aestivum (buğday)'de bitki boyu ve kardeş sayısını azaltmıştır (Qi ve ark., 2018). Benzer şekilde, PP, PA ve HDPE partiküllerinin, tınlı kumlu topraklara ilavesi ile Allium fistulosum (bahar soğanı)'un kök ve meyve biyokütlesini azalttığı bildirilmiştir (de Souza Machado ve ark., 2019).

MP'lerin bitki üzerindeki gösterdiği etkileri esas olarak MP'lerin (i) morfolojisi (ii) uygulama oranı ve (iii) bileşimi tarafından kontrol edilmektedir. Doğrusal şekildeki partiküller, küçük miktarlarda bile çimlenme oranlarını azaltmaktadır. Boots ve ark., (2019) yaptıkları çalışmada, %0.001 lif tipi MP ilavesinin, %0.1 dozunda PLA ve HDPE'den daha belirgin bir şekilde fide çimlenmesini kontrole kıyasla %7 oranında azalttığını bildirmişlerdir. Topraklara uygulanan polimer tipi plastikler (sentetik ve biyoplastik) de ayrıca bitki gelişimi üzerine etki etmektedir. Qi ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, biyolojik olarak parçalanabilir (biyo bozunur) film uygulanmış topraklarda yetiştirilen Buğday (Triticum aestivum) bitkisinde, bitki biyokütlesinde, LDPE ve kontrol uygulamalarına kıyasla önemli olumsuz etkilerin olduğunu bildirmişlerdir. Bu durum, toprak-bitki sistemleri üzerinde olumsuz etkilere sahip olabilecek sentetik plastik malzemelerin fraksiyonlarını içeren, biyolojik olarak parçalanabilen filmin bileşiminden kaynaklandığı düşünülmektedir. Fide gelişimi ve bitki biyokütlesine benzer şekilde, yaprak alanı, yaprak sayısı, gövde çapı ve klorofil içeriği gibi vejetatif parametreler MP ilavesiyle değişmektedir. Qi ve ark., (2018) yaptıkları çalışmada, buğday (Triticum aestivum) yetiştirilen topraklara ilave edilen (biyo bozunur) plastik filmin hem yaprak alanında hem de yaprak sayısında bir azalma meydana getirdiği, ancak LDPE muameleleri ile yaprak alanının arttığı belirtilmiştir. Lolium perenne yetiştiriciliğinde toprağa ilave edilen PLA ile çim bitkisinin klorofil-a/klorofil-b içerikleri, kontrole uygulamasına göre %22 artış sağlamıştır (Boots ve ark., 2019). Bu artış, bitki stresinin göstergesi olan ve fotosentez ile ilişkili gerekli pigment proteininin azalmasına yol açan klorofil-b sentezindeki azalmaya bağlanmıştır (Katz ve ark., 1978). MP ilavesiyle bitkide değişen diğer vejetatif parametreler, yaprak azot içeriği ve C-N oranı gibi yaprak özellikleridir (de Souza Machado ve ark., 2019).

### Toprak Organik Maddesi

MP'lerin çok fazla karbon içeren partiküller olması ( tipik olarak %80), toprak için potansiyel C kaynağı oluşturur. MP karbonu bazı durumlarda toplam toprak organik madde karbonunun yalnızca küçük bir bölümünü oluşturmaktadır. Petrol bazlı MP'ler büyük ölçüde biyolojik olarak parçalanamayan materyaller olduğu için, bu MP'ler doğrudan toprak organik maddesi dinamiklerine dahil edilememektedir. Ancak, toprağa uygulanan MP'ler mikrobiyal süreçleri dolaylı olarak etkileyerek toprak organik maddesinin ayrışması üzerine etki gösterebilmektedirler. Örneğin, PE elyafın hidrofobik yapısı, uygulandığı toprağın mevcut su içeriğini azaltabilmekte ve böylece MP yüzeyinin çevresinde daha iyi havalandırılmış bir ortam yaratabilmekte (Guo ve ark., 2021), bu durum toprak organik maddesinin mineralizasyonunu hızlandırabilmektedir (von Lützow ve ark., 2006). Liu ve ark., (2017) yaptıkları bir çalışmada, PP'nin %28'lik dozunun toprak solunumunu, floresan diasetat hidrolaz aktivitesini ve toprak organik maddesi mineralizasyonunu hızlandırdığını göstermiştir. Buna karşılık, PE uygulanan ortamdaki düşük toprak organik maddesi ayrışması, çözünür proteinlerin bozulması ve Proteobacteria miktarının azalması ile ilişkilendirilmiştir (de Souza Machado ve ark., 2018; Wei ve ark., 2019).

Toprağa ilave edilen biyobozunur MP'lerin daha düşük kalıcılığı ve daha kolay bozunması göz önüne alındığında, biyobozunur MP'lerden elde edilen biyoyarayışlı C kaynaklarının mikrobiyal aktiviteyi ve ekzoenzim aktivitesini artırdığını ve potansiyel olarak doğal toprak organik maddesinin mineralizasyonunun artmasına yol açtığı, bu nedenle, MP'lerin toprak organik maddesi mineralizasyonu

üzerindeki ana etkisinin, toprak özelliklerindeki ve ilgili mikrobiyal süreçlerdeki değişikliklere bağlı olduğu belirtilmiştir (Zhou ve ark., 2021). Genel olarak, MP'lerin toprak organik maddesi mineralizasyonu üzerindeki etkisi yeni bir araştırma konusu olup ve topraklarda karbon dinamikleri üzerine detaylı çalışmalar yapılması önemli bir husustur.

### Bazı Bitki Besin Maddelerinin Döngüsü

MP'ler çoğunlukla çok az miktarda azot (N) ve fosfor (P) içermesine rağmen, toprakta bitki besin maddelerinin mikrobiyal kaynaklı dönüşümü üzerinde önemli etkileri olabilmektedir. Örneğin, toprağa ilave edilen MP'ler toprağın gözenekliliğini artırarak toprağın oksijen içeriğini artırmakta ve böylelikle nitrifikasyon artmaktadır (Green ve ark., 2016; de Souza Machado ve ark., 2018; Chen ve ark., 2020). Topraktaki N döngüsü, toprak organik maddesini hidrolize eden enzimlerden dolayı olarak etkilenebilmektedir. Toprağa dahil edilen PS ve PE türevli MP'ler, örneğin kitinaz ve aminopeptidaz gibi N döngüsünde önemli enzimlerin aktivitesini sınırlayarak N döngüsünü bozabilmektedir (Wang ve ark., 2016; Bandopadhyay ve ark., 2019; Zang ve ark., 2020). Toprak agregasyonu üzerindeki olumlu etkisinden dolayı, PE ve PE lifler (%0.4), N ve P gibi bitki besin maddelerinin absorpsiyonlarını artırabilmektedir (Lozano ve ark., 2021).

### Toprak Verimliliği

Toprak enzimleri, toprakta meydana gelen biyokimyasal süreçler ile yakından ilişkilidir. Enzimler, toprak verimliliğini değerlendirmek için bir gösterge görevi görmekte ve ayrıca C, N ve P gibi bitki besin maddelerinin döngüsü üzerine oldukça önemli rol oynamaktadırlar (Allison ve Jastrow, 2006; Trasar-Cepeda ve ark., 2008). Toprak verimliliğinde belirtilen bu makro elementlerin etkinliğinde topraklara ilave edilen MP'ler; üreaz, katalaz, hidrolaz ve oksidazın aktivitesi üzerinde önemli etkileri olduğu bildirilmiştir (Liu ve ark., 2017; Huang ve ark., 2019).

Toprak hacim ağırlığı, topraklarda C depolanmasını tahmin etmek için önemli bir parametredir ve MP'lerin varlığı toprakta karbon depolamasının yanlış tahmin edilmesine yol açabilmektedir (Rillig, 2018). Ayrıca, MP'ler yüksek karbonlu polimerler içerdiğinden, MP-C, toprak organik karbon havuzunun önemli bir antropojenik bileşeni olarak gizlenebilir (Rillig, 2018). MP'ler doğal özelliklerinden bağımsız olarak yıkanma veya yüzey akışı yoluyla toprak matrisinden uzaklaşmazlarsa, yavaş yavaş hareketsiz hale gelmekte, biyotik ve abiyotik süreçler yoluyla toprak mineralleri veya organik bileşiklerle bağlanmaktadır. Bu bileşikler daha sonra toprak agregatları içinde kalabilmekte, mikrobiyal ayrışmadan fiziksel olarak da korunabilmektedir (de Souza Machado ve ark., 2019). Ayrıca, yüksek moleküler ağırlıklı aromatik bileşiklerin oluşumunu kolaylaştırarak, toprak organik maddesi depolanmasını farklılaştırabilmektedir. Liu ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada, 30 günlük bir inkübasyon deneyinde, toprağa %28 (w/w) oranında ilave edilen MP, çözülmüş organik madde birikimini artırmış, aynı zamanda C, N ve P'nin topraktaki miktarını da artırmıştır. Ancak, MP içeriği azaldığında (%7 w/w), çözülmüş organik madde birikimi yavaşlamıştır. İlave edilen MP'lerin etkileri 0-7. günlerde ihmal edilebilir düzeyde olup ve bitki besin maddesi konsantrasyonları 14-30. günlere kadar önemli bir değişiklik göstermemiştir. Bu nedenle, MP'lerin toprak verimliliği üzerindeki etkileri, konsantrasyonunun yanı sıra, toprakta kalma süresine de büyük ölçüde bağlı olmaktadır (de Souza Machado ve ark., 2018; Liu ve ark., 2017).

### Sonuç ve Öneriler

Plastik kirliliği küresel bir sorundur ve tüm ekosistemler için bir tehdit oluşturmaktadır. Bu nedenle "tarım topraklarında MP" kavramı, tarımsal ekosistemlerin işleyişi, gıda güvenliği ve insan sağlığı üzerine uzun vadeli etkileri nedeniyle üzerinde durulması gereken önemli bir konudur. Mikroplastiklerin toprak ekosistemi üzerindeki etkilerini ortaya koymak için yapılan çalışmalar görüldüğü üzere henüz istenilen düzeyde değildir. Yapılan bu derleme sonucunda literatürdeki araştırmaların çok az bir kısmında MP'lerin toprak özellikleri üzerinde olumlu etki yaptığı, ancak genel etkinin olumsuz yönde olduğu ortaya konulmuştur. Bu etki, MP'lerin çeşidi, yapısı ve şekline bağlı olarak değişim göstermektedir. Mikroplastikler toprak verimliliğini azaltıcı etkileri nedeniyle toprak sağlığının sürdürülebilirliği açısından potansiyel bir tehdit oluşturmaktadırlar. Sağlıklı topraklar başta gıda ve yem üretimine yönelik çeşitli ihtiyaçların karşılanması açısından ve dünyanın tüm bölgelerinde birden fazla ekosistem servisinin sağlanabilmesi bakımından kilit bir rol oynamaktadır.

Dünyada topraklarda görülen MP kirliliğini en çok tarımsal alanlarda kullanılan atık su, arıtma çamuru, sera naylonları, plastik malçlama materyalleri, sulama boruları, gübre kapsülleri gibi uygulamalar

oluşturmaktadır. Küresel bazda mikroplastik kirliliğinde, yoğun tarımsal üretim yapılmasından dolayı ülkeler arasında Çin ilk sırayı almaktadır. Her ne kadar ülkemizde MP ile ilgili çalışmalar yeterli düzeyde değilse de, ülkemizin en büyük avantajlarından birisinin tarımsal atık çamurların tarımsal alanlarda kullanılmaması olduğu düşünülmektedir.

Bilindiği üzere, tarımsal alanlarda MP'lerin birikimi ile birden fazla faktörün birlikte ortaya çıkardığı etkiler farklı toprak ekosisteminde değişkenlikler gösterebilmektedir. Bu nedenle MP'lerin toprak özelliklerine etkilerini belirlemek toprak ve bitki sağlığını etkileyen tarımsal ekosistemlerdeki diğer bileşenlerle nasıl etkileşime girdiğini belirleyecek çalışmalara ihtiyaç vardır. Mikroplastiklerin toprak özellikleri üzerine etkilerinin temel mekanizmaları ortaya konulmalıdır. Bu mekanizmaları açıklarken toprakta bulunan MP çeşitleri yanında boyut, şekil, konsantrasyon gibi özellikler de dikkate alınmalıdır.

Sonuç olarak, MP'lerin tarımsal aktivitelere bağlı olarak topraklara dahil olduğu ve gelecekte de MP'lerin topraklarda uzun zaman parçalanmadan kalabilecekleri görülmektedir. Mikroplastikler, diğer kirleticilerde olduğu gibi gelecek nesillerin beslenmesi açısından tehlike yaratabilecek oldukça önemli bir potansiyel teşkil etmektedir. Belki bu çalışmalar tarımda kullanılan bu tür materyallerin yerini topraklarda biyolojik olarak parçalanabilir materyallerin alması gerekliliğini hızlandıracaktır.

## KAYNAKLAR

- Allison SD, Jastrow JD, 2006. Activities of extracellular enzymes in physically isolated fractions of restored grassland soils. *Soil Biol. Biochem.* 38: 3245–3256.
- Andrady AL, 2011. Microplastics in the marine environment. *Mar. Pollut. Bull.* 62(8):1596–1605.
- Andrés Rodríguez-Seijo RP, 2018. Microplastics in agricultural soils are they a real environmental hazard? Chapter 3. *Bioremediation of Agricultural Soils*. CRC Press, Boca Raton, FL.
- Bandopadhyay S, Sintim HY, DeBruyn JM, 2019. Structural and functional responses of soil microbial communities to biodegradable plastic film mulching in two agroecosystems. *bioRxiv*.
- Boots B, Russell CW, Green DS, 2019. Effects of microplastics in soil ecosystems: above and below ground. *Environ. Sci. Technol.* 53(19):11496–11506.
- Cao D, Wang X, Luo X, Liu G, Zheng H, 2017. Effects of polystyrene microplastics on the fitness of earthworms in an agricultural soil. *IOP Conf. Ser. Earth Environ.* 61:012148.
- Cary J, Hayden C, 1973. An index for soil pore size distribution. *Geoderma*, 9(4): 249–256.
- Chen H, Wang Y, Sun X, Peng Y, Xiao L, 2020. Mixing effect of polylactic acid microplastic and straw residue on soil property and ecological function. *Chemosphere* 243, 125271.
- Corradini F, Meza P, Eguiluz R, Casado F, Huerta-Lwanga E, Geissen V, 2019. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal, *Sci of The Total Environ.* 671:411-420.
- Crespy D, Bozonnet M, Meier M, 2008. "100 Years of Bakelite, the material of a 1000 uses," *Angewandte Chemie-International Edition*.
- Daily GC, Matson PA, Vitousek PM, 1997. Ecosystem services supplied by soil. In: *Nature's services: Societal dependence on natural ecosystems* (ed. Daily GC). Island Press, Washington, D.C. pp, 113-132.
- de Souza Machado AA, Lau CW, Kloas W, Bergmann J, Bachelier JB, Faltin E, Becker R, Görlich AS, Rillig MC, 2019. Microplastics can change soil properties and affect plant performance. *Environ. Sci. Technol.* 53(10): 6044–6052.
- de Souza Machado AA, Lau CW, Till J, Kloas W, Lehmann A, Becker R, Rillig MC, 2018. Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environ. Sci. Technol.* 52(17): 9656–9665.
- Dominati EJ, MacKay AD, Bouna J, Green S 2016. An ecosystems approach to quantify soil performance for multiple outcomes: The future of land evaluation? *Soil Science Society of America Journal*, 80:438-449.
- Dong Z, Qiu Y, Zhang W, Yang Z, Wei L, 2018. Size-dependent transport and retention of micron-sized plastic spheres in natural sand saturated with seawater. *Water Res.* 143:518–526.
- Fuller S, Gautam A, 2016. A Procedure for Measuring Microplastics using Pressurized Fluid Extraction. *Environmental Science & Technology* 50 (11): 5774-5780.
- Gabet EJ, Reichman OJ, Seabloom EW, 2003. The effect of bioturbation on soil processes and sediment transport. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 31: 249–273.
- Geyer R, Jambeck J, Law L K, 2017. Production, use, and fate of all plastics ever made. *Science Advances*, 3(7).
- Gigault J, El Hadri H, Nguyen B, Grassl B, Roweczyk L, Tufenjki N, Feng S, Weisner M, 2021. Nanoplastics are neither microplastics nor engineered nanoparticles. *Nat. Nanotechnol.* 16:501–507.
- Gohlami H, Mohammadifar A, Bui DT, Collins A, 2020. Mapping wind erosion hazard with regression-based machine learning algorithms. *Sci. Rep.* 10:20494.
- Green DS, Boots B, Sigwart J, Jiang S, Rocha C, 2016. Effects of conventional and biodegradable microplastics on a marine ecosystem engineer (*Arenicola marina*) and sediment nutrient cycling. *Environ. Pollut.* 208: 426–434.
- Greenland D, 1977. Soil damage by intensive arable cultivation: temporary or permanent? *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B, Biological Sciences*, 281(980):193–208.

- Guo JJ, Huang XP, Xiang L, Wang YZ, Li YW, Li H, Cai QY, Mo CH, Wong MH (2020). Source, migration and toxicology of microplastics in soil. *Environ. Int.*, 137 Article 105263.
- Guo QQ, Xiao MR, Ma Y, Niu H, Zhang GS, 2021. Polyester microfiber and natural organic matter impact microbial communities, carbon-degraded enzymes, and carbon accumulation in a clayey soil. *J. Hazard. Mater.* 405: 124701.
- Gündoğdu S, Çevik C, Güzel E, Kilercioğlu S, 2018. Microplastics in municipal wastewater treatment plants in Turkey: a comparison of the influent and secondary effluent concentrations. *Environ Monit Assess.* 2018: 190(11):626.
- Hale RC, Seeley ME, La Guardia MJ, Mai L, Zeng EY, 2020. A Global Perspective on Microplastics. *Journal of Geop. Res.* 125(1).
- He D, Luo Y, Lu S, Liu M, Song Y, Lei L, 2018. Microplastics in soils: Analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *Trends in Analytical Chemistry*, 09:63-172.
- Helmberger MS, Tiemann LK, Grieshop MJ, 2020. Towards an ecology of soil microplastics. *Functional Ecology.* 34:550–560.
- Hidalgo-Ruz V, Gutow L, Thompson RC, Thiel M, 2012. Microplastics in the marine environment: a review of the methods used for identification and quantification. *Environmental Science & Technology*, 46: 3060-3075.
- Hodson ME, Duffus-Hodson CA, Clark A, Prendergast-Miller MT, Thorpe KL, 2017. Plastic bag derived-microplastics as a vector for metal exposure in terrestrial invertebrates. *Environ. Sci. Technol.* 51:4714–4721.
- Horton AA, Walton A, Spurgeon DJ, Lahive E, Svendsen C, 2017. Microplastics in freshwater and terrestrial environments: Evaluating the current understanding to identify the knowledge gaps and future research priorities. *Sci. Total Environ.* 15(586):127-141.
- Huang Y, Zhao Y, Wang J, Zhang M, Jia W, Qin X, 2019. LDPE microplastic films alter microbial community composition and enzymatic activities in soil. *Environ. Pollut.* 254.
- Jambeck JR, Geyer R, Wilcox C, Siegler TR, Perryman M, Andrady A, Narayan R, Law KL, 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science* 347:768–771.
- Jiang XJ, Liu W, Wang E, Zhou T, Xin P, 2017. Residual plastic mulch fragments effects on soil physical properties and water flow behavior in the Minqin Oasis, northwestern China. *Soil Till. Res.* 166:100–107.
- Katz JJ, Norris JR, Shipman LL, Thurnauer MC, Wasielewski MR, 1978. Chlorophyll function in the photosynthetic reaction center. *Annu. Rev. Biophys. Bioeng.* 7(1): 393–434.
- Klute A, Dirksen C, 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity: laboratory methods. *Methods of Soil Analysis: Part 1—Physical and Mineralogical Methods (methodsofsoilan1)*, pp. 687–734.
- Lebreton L, Andrady A, 2019. Future scenarios of global plastic waste generation and disposal. *Palgrave Communications*, 5:1-11.
- Lehmann A, Fitschen K, Rillig MC, 2019. Abiotic and biotic factors influencing the effect of microplastic on soil aggregation. *Soil Systems*, 3(1): 21.
- Li X, Chen L, Mei Q, Dong B, Dai X, Ding G, Zeng EY, 2018. Microplastics in sewage sludge from the wastewater treatment plants in China. *Water Res.* 142: 75–85.
- Liu EK, He WQ, Yan CR, 2014. 'White revolution' to 'white pollution' – agricultural plastic film mulch in China. *Environ. Res. Lett.* 9.
- Liu H, Yang X, Liu G, Liang C, Xue S, Chen H, Ritsema CJ, Geissen V, 2017. Response of soil dissolved organic matter to microplastic addition in Chinese loess soil. *Chemosphere*, 185: 907–917.
- Lozano YM, Aguilar-Trigueros CA, Onandia G, Maaß S, Zhao T, Rillig MC, 2021. Effects of microplastics and drought on soil ecosystem functions and multi functionality. *J. Appl. Ecol.* 00: 1–9.
- Mason SA, Garneau D, Sutton R, Chu Y, Ehmann K, Barnes J, Fink P, Papazissimos D, Rogers DL, 2016. Microplastic Pollution Is Widely Detected in US Municipal Wastewater Treatment Plants Effluent. *Environ. Poll.* 218: 1045-1054.
- Mbachu O, Jenkins G, Kaparaju P, Pratt C, 2021. The rise of artificial soil carbon inputs: Reviewing microplastic pollution effects in the soil environment. *Science of The Total Environment*, 146569.
- Mintenig SM, Int-Veen I, Loder MGJ, Primpke S, Gerdt G, 2017. Identification of microplastic in effluents of waste water treatment plants using focal plane array-based micro-Fourier-transform infrared imaging, *Water Research*, 108, 365-372.
- Moreno MM, Moreno A, 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Sci. Horticult.* 116: 256–263.
- O'Connor D, Pan S, Shen Z, Song Y, Jin Y, Wu WM, Hou D, 2019. Microplastics undergo accelerated vertical migration in sand soil due to small size and wet-dry cycles. *Environ. Pollut.* 249:527–534.
- Ockelford A, Bulalrd J, McKenna-Neuman C, O'Brien P, 2020. Wind erosion of microplastics from soils: linking soil surface properties with microplastic flux, EGU General Assembly 2020, Online, 4–8 May 2020, EGU2020-17818.
- Qi Y, Yang X, Pelaez AM, Lwanga EH, Beriot N, Gertsen H, Garbeva P, Geissen V, 2018. Macro-and-micro-plastics in soil-plant system: effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Sci. Total Environ.* 645: 1048–1056.
- 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.
- Ren X, Tang J, Liu X, Liu Q, 2019. Effects of microplastics on greenhouse gas emissions and the microbial community in fertilized soil. *Environmental Pollution*, 113347.

- Rillig MC, 2012. Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil? *Environ. Sci. Technol.* 46: 6453–6454.
- Rillig MC, 2018. Microplastic disguising as soil carbon storage. *Environ. Sci. Technol.* 52: 6079–6080.
- Rillig MC, Lehmann A, 2020. Microplastic in terrestrial ecosystems. *Science* 368, 1430–1431.
- Rillig MC, Ziersch L, Hempel S, 2017. Microplastic transport in soil by earthworms. *Sci. Rep.* 7:1362.
- Rochman CM, 2015. The complex mixture, fate and toxicity of chemicals associated with plastic debris in the marine environment, in *Marine Anthropogenic Litter* eds Bergmann, M., Gutow, L., and Klages, M. (Cham: Springer), 117–140.
- Rodriguez-Seijo A, Santos B, da Silva EF, Cachada A, Pereira R, 2019. Low-density polyethylene microplastics as a source and carriers of agrochemicals to soil and earthworms. *Environ. Chem.* 16(1):8–17.
- Six J, Frey S, Thiet R, Batten K, 2006. Bacterial and fungal contributions to carbon sequestration in agroecosystems. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 70(2): 555–569.
- Steinmetz Z, Wollmann C, Schaefer M, Buchmann C, David J, Troger J, Munoz K, Fror O, Schaumann GE, 2016. Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation? *Sci. Total Environ.* 550: 690–705.
- Thompson RC, Moore CJ, vom Saal FS, Swan SH, 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philos Trans. R. Soc. Lond B. Biol. Sci.* 364(1526): 2153–66.
- Trasar-Cepeda C, Leiros MC, Gil-Sotres F, 2008. Hydrolytic enzyme activities in agricultural and forest soils. some implications for their use as indicators of soil quality. *Soil Biol. Biochem.* 40: 2146–2155.
- von Lützw M, Kogel-Knabner I, Ekschmitt K, Matzner E, Guggenberger G, Marschner B, Flessa H, 2006. Stabilization of organic matter in temperate soils: mechanisms and their relevance under different soil conditions—a review. *Eur. J. Soil Sci.* 57: 426–445.
- 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, Lv S, Zhang M, Chen G, Zhu T, Zhang S, 2016b. Effects of plastic film residues on occurrence of phthalates and microbial activity in soils. *Chemosphere* 151: 171–177.
- Wei W, Huang QS, Sun J, Wang JY, Wu SL, Ni BJ, 2019. Polyvinyl chloride microplastics affect methane production from the anaerobic digestion of waste activated sludge through leaching toxic bisphenol-A. *Environ. Sci. Technol.* 53: 2509–2517.
- Windsor FM, Durance I, Horton AA, Thompson RC, Tyler CR, Ormerod SJ, 2019. A catchment-scale perspective of plastic pollution. *Glob. Chang. Biol.* 25:1207–1221.
- Wright SL Kelly FJ, 2017. Plastic and human health: a micro issue? *Environ. Sci. Technol.* 51: 6634–6647
- Xu B, Liu F, Cryder Z, Huang D, Lu Z, He Y, Wang H, Lu Z, Brookes PC, Tang C, Gan J, Xu J, 2020. Microplastics in the soil environment: occurrence, risks, interactions and fate—a review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(21): 2175–2222.
- Yang X, Bento CP, Chen H, Zhang H, Xue S, Lwanga EH, Zomer P, Ritsema CJ, Geissen V, 2018. Influence of microplastic addition on glyphosate decay and soil microbial activities in Chinese loess soil. *Environ. Pollut.* 242: 338–347.
- Yu M, Van Der Ploeg M, Lwanga EH, Yang X, Zhang S, Ma X, Ritsema CJ, Geissen V, 2019. Leaching of microplastics by preferential flow in earthworm (*Lumbricus terrestris*) burrows. *Environmental Chemistry*, 16(1): 31–40.
- Zang H, Zhou J, Marshall MR, Chadwick DR, Wen Y, Jones DL, 2020. Microplastics in the agroecosystem: are they an emerging threat to the plant-soil system? *Soil Biol. Biochem.* 148: 107926.
- Zeng LS, Zhou ZF, Shi YX, 2013. Environmental problems and control ways of plastic film in agricultural production. *Appl. Mech. Mater.* (295–298):2187–2190.
- Zhang G, Zhang F, Li X, 2019. Effects of polyester microfibers on soil physical properties: perception from a field and a pot experiment. *Sci. Total Environ.* 670, 1–7.
- Zhang M, Dong B, Qiao Y, Yang H, Wang Y, Liu M, 2018. Effects of sub-soil plastic film mulch on soil water and salt content and water utilization by winter wheat under different soil salinities. *Field Crop Res.* 225:130–140.
- Zheng W, Morris EK, Lehmann A, Rillig MC, 2016. Interplay of soil water repellency, soil aggregation and organic carbon. A meta-analysis. *Geoderma*, 283:39–47.
- Zhou J, Gui H, Banfield CC, Wen Y, Zang HD, Dippold MA, Charlton A, Jones DL, 2021. The microplastisphere: biodegradable microplastics addition alters soil microbial community structure and function. *Soil Biol. Biochem.* 156: 108211.
- Ziajahromi S, Neale PA, Rintoul L, Leusch FD, 2017. Wastewater treatment plants as a pathway for microplastics: Development of a new approach to sample wastewater-based microplastics. *Water Res.* 1;112:93–99.

## TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAZIM KURALLARI

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

### Makale gönderilmesi

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

### “Telif Hakkı Devir Sözleşmesi” formu

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

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

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

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

### Başlık sayfası

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

### Ana metin

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

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

### **Giriş**

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

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

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

### **Bulgular ve Tartışma**

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

### **Teşekkür**

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

### **Kaynaklar**

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

### **Dergiden,**

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

### **Kongre veya sempozyumdan,**

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

### **Tezden,**

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



**Kitaptan,**

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

**Elektronik materyalden**

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

**Şekil ve Çizelgeler**

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

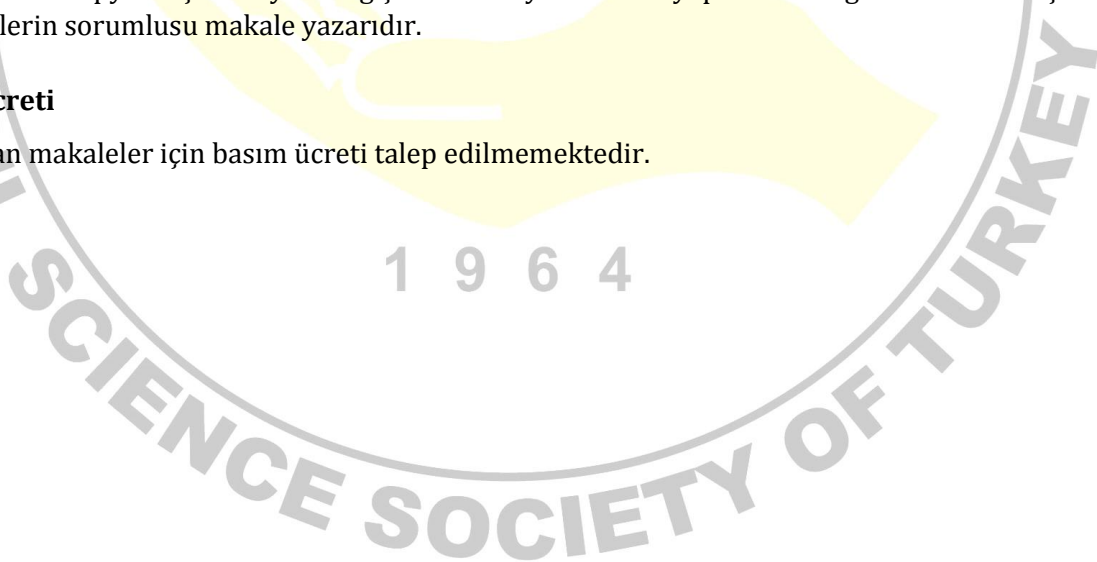
**Kabul Sonrası**

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

**Basım Ücreti**

Yayınlanan makaleler için basım ücreti talep edilmemektedir.

1 9 6 4





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



## TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ \*

Makale Başlığı :

Yazarlar ve tam isimleri :

Yayıncıdan sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Adresi :

Telefon :

Cep Telefonu :

Faks :

E-posta:

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

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

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

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

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

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

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

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

Sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Tarih :

İmza:

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