



2020

Cilt/Volume : 8

Sayı/Number : 1

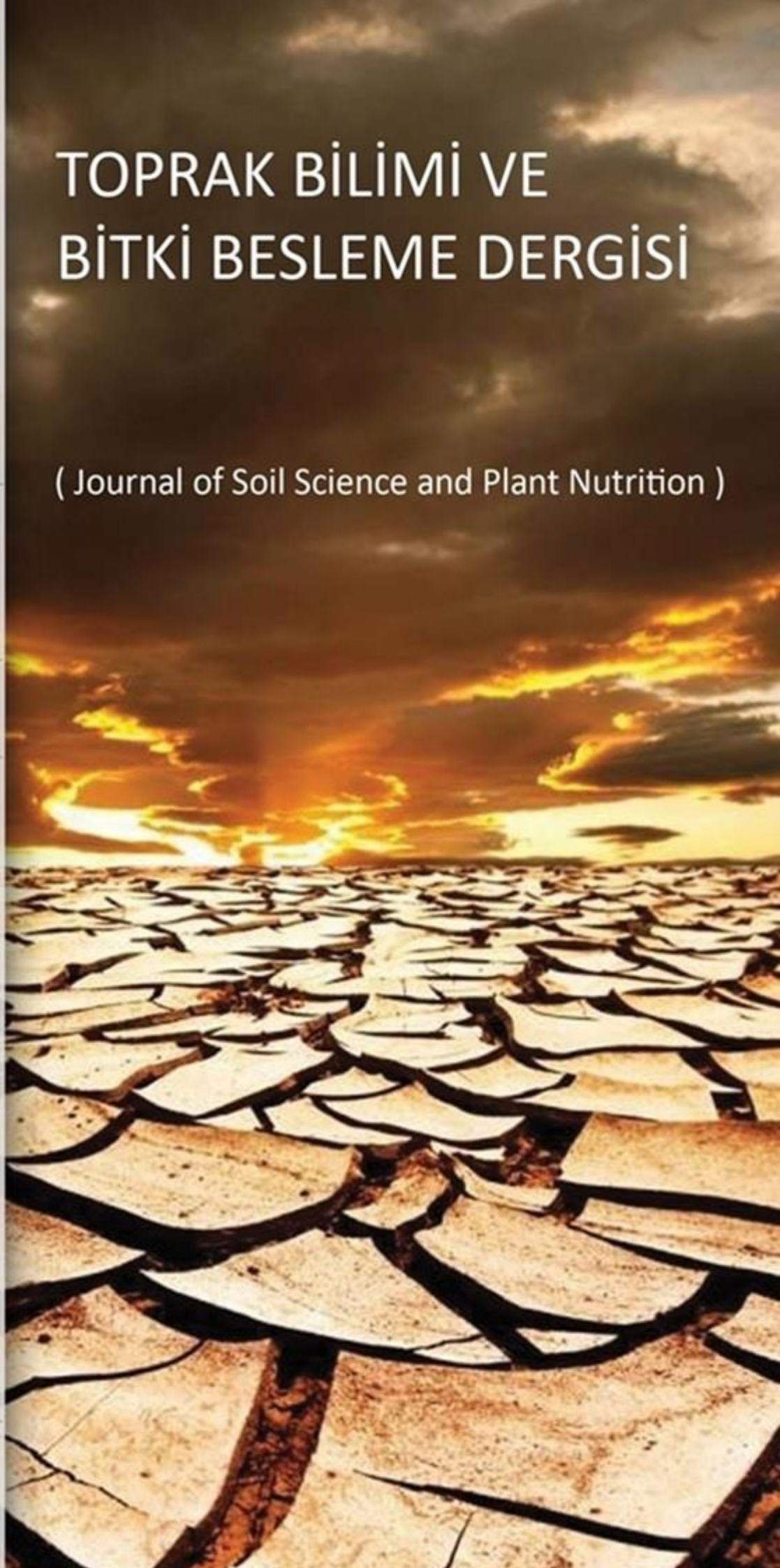
eISSN : 2146 - 8141

www.toprak.org.tr

Türkiye Toprak Bilimi
Derneği Yayınıdır

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Journal of Soil Science and Plant Nutrition)





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



SAHİBİ

Dr.Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr.Coşkun GÜLSER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr.Rıdvan KIZILKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

BÖLÜM EDİTÖRLERİ

Dr.Fusun GÜLSER, Toprak Kirliliği ve Islahı, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Van
Dr.Hasan Sabri ÖZTÜRK, Toprak Fiziki, 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.Hasan Sabri ÖZTÜRK, Ankara Üniversitesi, Ankara
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 fiziki 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: 2020

CİLT : 8

SAYI : 1

SAYFA : 1 – 76

İÇİNDEKİLER

- Piroliz sıcaklığının biyoçarların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri** 1
Burhan Akkurt, Hikmet Günal, Halil Erdem, Elif Günal
- Çarşamba Ovası'nda soya yetiştirilen tarım alanlarının verimlilik durumlarının belirlenmesi** 14
Nalan Kars, İmanverdi Ekberli
- Çorlu deresi ve yakın çevresi (Çerkezköy-Çorlu hattı) topraklarının ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi** 26
Zafer Varol, Duygu Boyraz Erdem
- Biyokömür ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin gelişimi ve kimyasal gübreden yararlanma oranına etkileri** 36
Moustapha Maman Mounirou, Emre Can Kaya, Abdoul-Rasmane Ouedraogo, Köksal Demir, Aydın Güneş, Ali İnal
- Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler** 46
Coşkun Gülser, Rıdvan Kızılkaya
- Komşu iki mikro havzada erozyon duyarlılık değerlerinin arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlı değişimin belirlenmesi** 53
Ali İmamoğlu, Orhan Dengiz
- Organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının bazı toprak kalite parametreleri ile mikro besin elementi elverişliliği üzerine etkileri** 61
Nutullah Özdemir, Tevhide Önal, Ö.Tebessüm Kop Durmuş
- Vejetasyon indis değerleri ile şeker pancarı yaprak azot içeriğinin izlenmesi** 69
Mert Dedeoğlu



Piroliz sıcaklığının biyoçarların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri

Burhan Akkurt ^{1,*}, Hikmet Günel ², Halil Erdem ², Elif Günel ²

¹ Orta Karadeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Taşlıçiftlik, Tokat

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tokat

Özet

Bu çalışmada, yedi farklı hammaddeden 3 farklı sıcaklıkta (300, 400 ve 600 °C) piroliz ile elde edilen biyoçarların çeşitli fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiş ve bitki yetiştiriciliği açısından karşılaştırılmaları yapılmıştır. Çalışmada, bölgede kolaylıkla temin edilebilen domates atıkları (sap, gövde ve yaprakları), kavak talaşı, buğday samanı, mısır koçanı, fasulye atıkları, çeltik kavuzu ve büyükbaş hayvan gübresi hammadde olarak kullanılmıştır. Üretilen biyoçarların, verimi, spesifik yüzey alanları (SYA), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN) ve yarayışlı su içerikleri (YSİ), pH, elektriksel iletkenlik (EC), kation değişim kapasitesi (KDK), toplam karbon (C) ve azot (N), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), potasyum (K), çinko (Zn), demir (Fe), bakır (Cu) ve mangan (Mn) konsantrasyonları belirlenmiştir. Piroliz sıcaklığının 300 °C'den 600 °C'ye çıkarılması tüm biyoçar çeşitlerinde üretilen biyoçar miktarında ve SYA'nında azalmaya neden olmuştur. SYA'daki en belirgin azalma 300 °C'de 758.3 m² g⁻¹ olan yüzey alanı 600 °C'de 250.8 m² g⁻¹'e düşen kavak talaşı olmuştur. Piroliz sıcaklığının artışı istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte TK, SN ve YSI'nde artışa neden olmuştur. Nem içeriklerinde olduğu gibi, piroliz sıcaklığının artışı tüm biyoçar çeşitlerinin pH değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde artmasına neden olmuştur. Bununla birlikte EC değerleri sıcaklık artışından önemli düzeyde etkilenmemiştir. Biyoçar çeşidine bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösteren KDK değerleri 300 °C'lik piroliz sıcaklığında 33.47 cmolc kg⁻¹'den 88.16 cmolc kg⁻¹'a, 400 °C'de 41.87 cmolc kg⁻¹'den 78.68 cmolc kg⁻¹'e ve 600 °C'de ise 23.27 cmolc kg⁻¹'den 68.03 cmolc kg⁻¹'e kadar değişkenlik göstermiştir. Sıcaklık artışı ile büyükbaş hayvan gübresinden üretilen biyoçarın toplam karbon içeriği azalırken fasulye biyoçarında bir değişim olmamış ancak diğer beş biyoçarın karbon içeriği artmıştır. Sıcaklık artışı özellikle 400 °C'den sonra toplam N içeriğinin önemli düzeyde azalmasına yol açmıştır. Tüm biyoçar çeşitlerinde piroliz sıcaklığının 300 °C'den 600 °C'ye çıkarılması P ve K içeriklerinin artışına yol açmıştır. Sonuçlar, biyoçarların verimlerinin ve özelliklerinin piroliz sıcaklığına bağlı olarak önemli oranda değiştiğini göstermiştir. Yüksek sıcaklıkta (600 °C) üretilen biyoçarların çoğunlukla daha yüksek pH ve EC değerlerine ve mikro (Cu, Fe, Zn ve Mn) ve makro (P, K, Ca ve Mg) element konsantrasyonlarına sahip olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyoçar, sıcaklık, piroliz, tarımsal atık, karbon.

Effects of pyrolysis temperature on some of physical and chemical characteristics of biochars

Abstract

In this study, various physical and chemical properties of biochars produced by slow pyrolysis at 3 different temperatures (300, 400 and 600 °C) from seven different feedstocks were determined and compared in terms of agricultural production. Tomato wastes (stem, roots and leaves), poplar sawdust, wheat straw, corncob, bean plant wastes, rice husk and cattle manure were used as raw materials. Yield, specific surface area (SSA), field capacity (FC), wilting point (WP) and available water contents (AWC), pH, electrical conductivity (EC), cation exchange capacity (CEC), total carbon (TC) and nitrogen (TN), calcium (Ca), magnesium (Mg), potassium (K), zinc (Zn), iron (Fe), copper (Cu) and manganese (Mn) concentrations of biochars produced were determined. Increasing the pyrolysis temperature from 300 °C to 600 °C resulted in a decrease in yield and SSA of all biochar types. The most significant decrease in SSA was observed in sawdust in which the surface area was reduced from 758.3 m² g⁻¹ (300 °C) to 250.8 m² g⁻¹ (600 °C). The increase in pyrolysis temperature caused a non-significant increase in FC, WP and AWC. The pH values of all biochar types significantly increase with the increase in the pyrolysis temperature. However, EC values were not significantly affected by increase in temperature. The CEC values significantly varied depending on the biochar types. The CEC value at 300 °C was between 33.47 and 88.16 cmolc kg⁻¹, while it was between 41.87 and 78.68 cmolc kg⁻¹ at 400 °C, and between 23.27 and 68.03 cmolc kg⁻¹ at 600 °C. The TC content of the biochar produced from cattle manure decreased with the increase in temperature, no change was observed in the bean biochar, but the TC content of the other five biochars increased. The increase in temperature led to a significant decrease in the TN content especially after 400 °C. Increasing the pyrolysis temperature from 300 to 600 °C in all biochar types led to an increase in P and K contents. The results indicated that the yields and properties of biochars strongly depend

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 356 252 12 50

E-posta : b.akkurt-05@hotmail.com

Geliş Tarihi : 30 Ekim 2019

Kabul Tarihi : 18 Mayıs 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.756797](https://doi.org/10.33409/tbbbd.756797)

on the pyrolysis temperature. The biochars with high pH and EC values and micro (Cu, Fe, Zn and Mn) and macro (P, K, Ca and Mg) contents were produced at high pyrolysis temperature (600 °C).

Keywords: Biochar, temperature, pyrolysis, agricultural waste, carbon.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Biyokütlenin çok az oksijenin bulunduğu veya hiç olmadığı kapalı bir ortamda ısıtılması ile elde edilen karbon bakımından zengin olan materyallere biyoçar adı verilmektedir. Daha teknik anlamda, kısıtlı miktarda oksijenin olduğu ve göreceli olarak düşük sıcaklıklarda (<700°C) organik materyallerin sıcaklıkla değişimi/pirolizi ile üretilen materyal biyoçar olarak adlandırılmaktadır (Lehmann ve Joseph 2009). Tarımsal atıklar, ormancılık atıkları ve arıtma çamuru gibi pek çok tür biyokütle biyoçar üretmek için kullanılabilir (Xu ve ark., 2019; Banik ve ark., 2018; Li ve ark., 2017). Orta düzeyde yüksek sıcaklık altında kapalı bir ortamda biyokütle içerisindeki karbonhidratların yapısı karbonca daha zengin olan katılaşmışlardır.

Biyoçar adı verilen bu değerli ürün toprak kalitesinin iyileştirilmesi, kirliliğin giderilmesi başta olmak üzere, karbon tutumu gibi konularından dolayı, biyoçarın toprağa uygulanması ile ilgili araştırmalar önemli miktarda artmıştır (Woolf ve ark., 2010; Sohi, 2012; Sizmur ve ark., 2016). Biyoçar üretimi, özellikle biyolojik atıkların bol miktarda üretildiği ülkemizde, toprak verimliliği ile ilgili sorunların sürdürülebilir bir şekilde düzeltilmesine yardımcı olacak önemli bir katkı maddesi olarak düşünülebilir (Günel, 2018). Biyoçarın toprak kalitesinin korunması ve iyileştirilmesinde, su tutma kapasitesini ve katyon değişim kapasitesini optimize etmesinin yanı sıra toprağın erozyona duyarlılığını azaltması da önemlidir (Joseph ve ark., 2010). Ayrıca, biyoçar, azot (N), karbon (C) ve fosfor (P) gibi temel besin elementlerinin miktarını artırarak ve ağır metallerin biyo yayılmasını azaltarak da toprağın kalitesinin sürdürülebilirliğine katkı yapmaktadır (Zhang ve ark., 2016; Sarfraz ve ark., 2017).

Biyoçarların kullanılması, kirlenmelerin tutulması ve daha birçok alanda aktif karbon kullanımına kıyasla nispeten düşük maliyetlidir (Tarpeh ve ark., 2017). Yüksek miktarda karbon içerdiğinden dolayı kömür gibi materyallerden çok daha yüksek enerji düzeyine sahiptir. Piroliz işlemi esnasında oluşan çok sayıda mikro gözeneklerden dolayı büyük miktarda yüzey alanına da sahip olabilmektedir. Mikro gözeneklerinin yüksek olması kirlenmelerin filtre edilmesi ve adsorpsiyonunda kullanılabilmesini mümkün kılmaktadır (Lee ve ark., 2013). Üretim koşullarına bağlı olarak büyük değişkenlik gösteren biyoçarın özellikleri biyoçarın kullanım etkinliğini önemli ölçüde değiştirebilmektedir. Farklı biyoçarların potansiyel adsorpsiyon kapasiteleri, biyoçar üretiminde kullanılan hammaddenin spesifik özelliklerine bağlı olarak da büyük oranda değişkenlik göstermektedir (Yin ve ark., 2018).

Biyoçar ayrışmaya karşı dayanıklılığının yüksek olması, alkali doğası, yüksek besin içeriği, gözenekli yapı, bitkilere besin sağlama yeteneği ve bitkilerin azot kullanımının verimliliğini artırmaya yardımcı olması gibi spesifik özellikleri nedeniyle toprak katkı maddesi olarak kullanılabilirliği araştırılmaya devam etmektedir (Kammann ve ark., 2011). Biyoçarı özel kılan bu özellikler, pirolizin sıcaklığının değiştirilmesi ile farklılaştırılabilir (Wu ve ark., 2012). Biyoçarın pH'sı, karbon ve bazı fonksiyonel gruplarının miktarı piroliz sıcaklığındaki artışla değiştirilebilir, genel olarak üretilen biyoçarın verimi ve özellikle de asidik fonksiyonel grupların miktarı sıcaklık artışı ile azaldığı bildirilmiştir (Sun ve ark., 2017).

Organik karbon açısından oldukça zengin olan biyoçarın aksine, biyokütlenin bir oksijenli ortamda yakılması ile organik materyal çoğunlukla kalsiyum, magnezyum ve inorganik karbonatlardan oluşan bir kül halini alır. Oldukça farklı materyallerden farklı koşullar altında biyoçar üretildiğinden dolayı kimyasal olarak biyoçarın tanımının yapılması oldukça güçtür. Biyoçarın genel olarak tanımlanabilen ortak özelliği oksijen ve hidrojen olmadan altı karbon atomunun oluşturmuş olduğu aromatik yapısındaki yüksek karbon içerikli bir materyal olmasıdır (Lehmann ve Joseph 2009).

Küresel olarak yıllık tarımsal atık üretiminin 2009 yılında 988 milyon ton olduğu tahmin edilmiştir. Tarımsal atıkların açıkta yakılması veya arazide yığılarak çürümeye terk edilmesi çeşitli çevresel sorunlara neden olmaktadır (Mahawar ve ark., 2015). Ekonomisinde tarımsal üretimin oldukça önemli payı olan ülkemizde de tarımsal üretim atıklarının bir kısmı yakacak ve yem endüstrisinde kullanılmakta, ancak önemli bir kısmı ise çevreye zarar verecek şekilde çürümeye terk edilmekte veya yakılarak yok edilmektedir (Şekil 1 ve 2).

Bu çalışmanın amacı, yedi farklı biyokütlenin 3 farklı sıcaklıkta (300, 400 ve 600 °C) pirolizi ile elde edilen biyoçarların çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve karşılaştırılmasının yapılmasıdır. Günümüzde oldukça geniş bir yelpazede yer alan araştırmacıların ilgi odağı haline gelmiş olan biyoçar konusunda en önemli eksikliklerden bir tanesi, farklı biyokütle ve farklı piroliz ortamlarında elde edilen

biyoçarın özelliklerinin belirlenmemiş olmasıdır. Bu nedenle, tarımsal atıklardan türetilen biyoçarın topraktaki maksimum etkinliği sağlayacak biyoçarın üretiminde kullanılacak optimum piroliz sıcaklığın belirlenmesi çalışmanın ana hedefidir. Çalışmada, öncelikle bölgede temin edilen ve bol miktarda üretilebilen domates atıkları (sap, gövde ve yaprakları), kavak talaşı, buğday samanı, mısır koçanı, fasulye atıkları, çeltik kavuzu ve büyükbaş hayvan gübresi kullanılmıştır. Biyoçarın çeşitli kullanımlardaki etkinliği, iyonik kirleticileri adsorbe etme gibi biyoçarın yüzey kimyası ile yakından ilişkilidir (Banik ve ark., 2018). Bu nedenle; tarımsal üretimde ve diğer alanlarda potansiyel kullanımları için yol gösterici bilgilerin elde edileceği bu çalışma sonuçları, sonradan yapılacak uygulamalı araştırmalar için de önemli bir altlık görevi görecektir.



Şekil 1. Antalya-Demre'de 2015 yılı üretim sezonu sonunda çevreye çürümeye terk edilen ve yakılan domates atıkları



Şekil 2. Buğday hasat atıklarının yeni ekim sezonu öncesinde yakılması (Eylül-2015, Alaca-Çorum)

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada, bölgede temin edilme potansiyeli yüksek olan tarımsal atıklardan domates hasat atıkları, fasulye hasat atıkları, mısır koçanı, buğday sapı, çeltik kavuzu, büyük baş hayvan gübresi ve kavak ağacı talaşı hammadde olarak kullanılmıştır. Hammaddede kullanılan materyallerin piroliz öncesine ait bir kısım özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir (Bayram, 2016).

Çizelge 1. Kullanılan hammaddelerin piroliz öncesi belirlenen bir kısım özellikleri (Bayram, 2016)

Hammadde	pH	EC dS m ⁻¹	g kg ⁻¹				mg kg ⁻¹			
			P	K	Ca	Mg	Cu	Mn	Fe	Zn
Büyükbaş	9.13	9.35	4.34	10.4	55.4	12.0	33.1	327.6	1450.5	83.40
Çeltik Kavuzu	6.80	5.46	0.33	4.5	1.2	0.8	4.1	154.3	112.6	18.35
Domates Atıkları	7.18	5.59	1.37	19.7	26.1	6.8	75.1	60.0	334.0	45.76
Fasulye Atıkları	7.85	4.94	2.27	24.3	30.9	8.0	15.1	78.5	845.4	36.17
Kavak Talaşı	6.91	2.92	0.24	2.1	3.6	0.8	2.8	15.9	89.5	20.28
Mısır Koçanı	5.88	9.81	0.41	7.0	0.4	0.6	4.3	15.9	107.6	43.43
Buğday Samanı	7.57	3.37	0.58	14.4	4.9	1.3	4.4	56.9	125.2	12.86

Yöntem

Yöntem biyoçar üretilmesi, hammadde ve biyoçarların özelliklerinin belirlenmesi ve veri değerlendirmesi şeklinde üç kısımdan oluşmaktadır.

Biyοçar Üretilmesi

Hammaddeler oda sıcaklığında kurutulmuş ve bir öğütücüde öğütüldükten sonra piroliz işlemine tabi tutulmuştur. Biyoçar üretiminde, yanma haznesi geniş olan bir kül fırını kullanılmıştır. Öğütülmüş ve oda sıcaklığında kurutulmuş olan hammaddeler biyoçar üretim için kromdan yapılmış 2 litre hacimli kaplara doldurulmuş ve bu kaplar kül fırınına yerleştirilmiştir. Biyoçarlar yavaş piroliz işlemi ile yaklaşık 300, 400 ve 600 °C sıcaklıklarda üretilmiştir. Biyoçar üretimi esnasında ortaya çıkan katran ve singazlar depolanmamıştır. Biyoçar üretimi esnasında sıcaklık artışı 10 °C/dakika olacak şekilde ayarlanmış, piroliz gazı çıkışı tamamlanana kadar beklenmiştir. Pirolizi tamamlanan örnekler kül fırınının içerisinde kapalı kaplarda tutulmuş ve tam soğuma gerçekleştikten sonra çıkarılmıştır. Analizler öncesinde biyoçarlar 1 mm'lik elekten geçirilmiş ve saklama kaplarına alınarak laboratuvar analizleri için muhafaza edilmiştir.

Biyoçarların karakterizasyonu

Elde edilen biyoçarların bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri standart yöntemler ile belirlenmiştir. Her örnek 3 paralel şekilde analiz edilmiştir. Bu çalışmada belirlenen özellikler ve kullanılan yöntemler aşağıda verilmiştir.

Biyoçarın verimi (y_m), karbonize edilen ürünün kütlesinin (m_{carb}) ham biyokütlenin kütlesine (m_{biom}) oranıdır (Weber ve Quicker, 2018). Böylece orijinal kütlenin ne kadarının pirolizin katı tortusunda kaldığı anlaşılabilir. Biyoçar verimi, piroliz öncesi ve sonrası krom kaplarda konulan hammadde ve biyoçarın ağırlıkları belirlenmiş ve biyoçarın hammaddeye oranı biyoçar verimi olarak kayıt edilmiştir.

$$y_m = \frac{m_{carb}}{m_{biom}} * 100$$

Spesifik yüzey alanı, Etilen Glikol Monoetilen Eter (EGME) yöntemine göre yapılmıştır (Cerato ve Lutenegeger, 2002). Yarayışlı su içeriği, tarla kapasitesinde tutulan nem içeriğinden solma noktasındaki nem içeriğinin çıkarılması ile hesaplanmıştır (Klute, 1986).

Biyoçarın pH ve EC'si 1/2 (biyoçar/saf su) oranındaki karışımda McLean (1982) tarafından toprak örnekleri için tavsiye edilen standart yöntemine uygun bir şekilde taşınabilir bir pH/EC metre kullanılarak belirlenmiştir. Katyon değişim kapasitesi, amonyum asetat yöntemine göre yapılmış ve sodyum konsantrasyonları fleym fotometrede belirlenmiştir (Sumner ve Miller, 1996). Toplam karbon ve azot içerikleri, kuru yakma yöntemiyle Elementel Analiz cihazı kullanılarak belirlenmiştir (Tabatabai, 1994).

Biyoçar örneklerinin toplam fosfor, kalsiyum, magnezyum, potasyum, çinko, demir, bakır ve mangan konsantrasyonları için örnekler agat değirmeninde öğütülmüş, her birinden 0.2 g tartılmış ve sonrasında mikro dalgada yaş yakma metoduna göre $H_2O_2-HNO_3$ asit karışımı ile yakılmıştır. Yanma sonrası elde edilen süzüklerdeki konsantrasyonlar ICO-OES cihazında belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Veri değerlendirmesi

Her bir biyoçar materyalinin belirlenen özelliklerine ait tanımlayıcı istatistik parametreleri belirlenmiştir. Biyoçarların özellikleri açısından benzerlik ve farklılıklarını ortaya koyabilmek amacı ile tek yönlü varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. ANOVA sonrasında, istatistiksel olarak farklılıkları bulunmayan biyoçarların gruplandırılması homojenlik testi olan DUNCAN gruplaması ile yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Biyoçarların Fiziksel Özellikleri

Biyoçar Verimi

Belirli bir biyokütlenin pirolizinden elde edilebilecek ürün miktarı, piroliz işleminin gerçekleştiği ortamın şartlarına, pirolizin gerçekleştiği sıcaklığa ve materyalin piroliz ünitesinde kalma süresine bağlı olarak değişmektedir (Weber ve Quicker, 2018). Üç farklı sıcaklıkta üretilen biyoçarların verimlerine ait değerler Çizelge 2'de verilmiştir. Piroliz sıcaklığının 300 °C'den 600 °C'ye çıkarılması tüm biyoçar çeşitlerinde üretilen biyoçar miktarında düşüşe neden olmuştur. Biyoçar verimi 300 °C'de %35.2 ile %53.9, 400 °C'de %21.8 ile %46.1 ve 600 °C'de ise %18.4 ile %42.6 arasında değişmiştir (Çizelge 2). Biyoçar veriminin yüksek olabilmesi için daha yüksek lignin içeren biyokütlenin kullanılması gerekmektedir. Hemiselülozların ve selülozun düşük yapısal stabiliteleri, bu bileşenlerin sıcaklıkla birlikte daha erken bozulmasına yol açar. Bu bileşenler parçalanarak yoğunlaşabilir gazlara dönüşürken, daha kararlı olan lignin biyoçarın verimine katkıda bulunur (Pereira ve ark., 2011). Bu durumda, biyoçar üretiminde kullanılan hammaddelerden çeltik kavuzunun lignin içeriğinin, aksine kavak talaşının ise hemiselüloz ve selüloz içeriğinin yüksek olduğu söylenebilir.

Piroliz sıcaklığındaki artışla birlikte meşe, çam, şeker kamışı ve yerfıstığı kabuğundan üretilen biyoçarların veriminde önemli düzeyde düşüş olduğuna dair araştırmalar yayınlanmıştır (Zhang ve ark., 2016). Yakın zamanda yayınlanan bir başka araştırmada da Chandra ve Bhattacharya (2019) da çeltik sapının piroliz sıcaklığının 400 °C'den 700 °C'ye çıkarılması ile biyoçar veriminin %45'den %34'e düştüğünü belirtmişlerdir. Biyoçar verimlerinin sıcaklık artışıyla azalması, piroliz işlemi esnasında biyoçarın temel birincil yapısının bozulmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Düşük piroliz sıcaklığında, hammadde kısmen yandığından dolayı, daha yüksek verim elde edilmektedir. Ancak yüksek sıcaklık biyokütlenin çok daha fazla yanmasına yol açtığından elde edilen biyoçarın verimi de düşmektedir (Joseph et al., 2010; Angin, 2013). Sarfraz ve ark. (2019)'da mantar hasat atıklarından üretilen biyoçar veriminin ve bir kısım özelliklerinin temel olarak sıcaklıkla birlikte değiştiğini bildirmişlerdir. Sıcaklık artışı ile biyoçar verimindeki azalmanın en fazla olduğu biyoçar çeşidi %53.2 ile kavak talaşı iken en düşük orandaki azalma %19.5 ile

fasulye bitkisinin atıklarında gerçekleşmiştir. Biyoçarların farklı piroliz sıcaklıkları altındaki genel ortalamalarına bakıldığında 300 °C'de %41.3 olan verim, 400 °C'de %34.3 ve 600 °C'de ise %29.9'a düşmüştür. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların verimlerinin karşılaştırıldığı ANOVA testi, farklılığın istatistiksel olarak önemli düzeyde ($P<0.05$) olduğunu göstermektedir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların verimleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
%								
300	44.9	53.9	45.5	39.9	39.4	35.2	39.4	41.3a
400	36.0	46.1	38.9	33.3	21.8	31.9	33.3	34.3ab
600	32.2	42.6	32.4	32.1	18.4	26.2	28.0	29.9b
%Fark (300-600)	-28.2	-20.9	-28.8	-19.5	-53.2	-25.7	-29.1	
ANOVA (P değeri)	0.02*							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli farklıdır. *, ** Uygulamalar arasındaki fark sırası ile $P<0.01$ ve $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Biyoçarların Spesifik Yüzey Alanları

Farklı piroliz sıcaklığında 7 adet hammaddeden üretilen biyoçarların spesifik yüzey alanlarına (SYA) ait değerler Çizelge 3'te verilmiştir. Hammaddenin 400 °C civarında pirolizi esnasında uçucu maddenin uzaklaşmaya başlaması ile mikro gözenek sayısının önemli ölçüde arttığı bildirilmektedir (Chen ve ark., 2014). Bu durumun biyoçarın gözenek hacminde ve yüzey alanında bir artışa neden olacağı rapor edilmiştir. Çeltik, fasulye atıkları ve buğday samanı biyoçarının yüzey alanlarında 300 °C ve 400 °C piroliz sıcaklıkları arasındaki farklılığın da uçucu gazların uzaklaşması ile meydana gelen yüzey alanı artışı olduğu düşünülmektedir (Çizelge 3). Daha yüksek sıcaklıklarda ise yapısal düzende değişiklik, komşu gözeneklerin genişlemesi ve birleştirilmesi yüzey alanında bir azalmaya yol açmaktadır. Ayrıca, biyoçardaki gözenekler, sıkıştırılma, yumuşatılma, erime, birleşme ve kömürleşme işlemleri esnasında da daralmaktadır (Chen ve ark., 2014). Bu çalışmada üretilen 7 biyoçar çeşidinde de piroliz sıcaklığının 400 °C'den 600 °C'ye çıkarılması SYA'nın önemli düzeyde azalmasına yol açmıştır. Piroliz sıcaklığı biyoçarların SYA üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmiş ve farklılaşmalarına neden olmuştur (Çizelge 3). Özellikle 400 °C'den 600 °C'ye çıkarılan piroliz sıcaklığı SYA'nın $450.1 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 'den $252.2 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ 'ye düşmesine neden olmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların spesifik yüzey alanları ($\text{m}^2 \text{ g}^{-1}$)

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
%								
300	510.1	439.8	680.0	611.8	758.3	752.3	625.7	444.5a
400	418.6	688.4	426.9	682.5	713.7	651.3	644.5	450.1a
600	219.8	204.3	273.4	237.3	250.8	325.4	345.0	252.2b
%Fark (300-600)	-56.9	-53.6	-59.8	-61.2	-66.9	-56.7	-44.9	
ANOVA (P değeri)	0.00**							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli farklıdır. *, ** Uygulamalar arasındaki fark sırası ile $P<0.01$ ve $P<0.05$ düzeyinde önemlidir.

Biyoçarların Su Tutma Kapasiteleri

Bir malzemenin su tutma kabiliyetini gösteren su tutma kapasitesi gözenekliliğe ve gözeneklerin birbirine bağlı olmasına bağlıdır. Bu nedenle, yüksek sıcaklıkta üretilen biyoçarların gözenekli yapılarında daha fazla su tutması beklenebilir (Gray ve ark., 2014). Düşük sıcaklıkta üretilen biyoçarlar da gözenekli bir yapıya sahip olsalar da daha küçük gözenek boyutu, daha az birbirine bağlı olma ve gözenekleri tıkayan katran bileşenleri nedeniyle kolayca erişilebilir olmayabilir (Das ve ark., 2015). Piroliz sırasında gerçekleşen fonksiyonel grupların miktarındaki azalma materyalin suya afinitesini değiştirir. Yine piroliz esnasında gözeneklilikte meydana gelen artış, adsorbe edilebilecek su miktarının değişmesine neden olur (Weber ve Quicker, 2018). Üretilen biyoçarların tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içerikleri büyük baş hayvan gübresinden üretilen biyoçar haricinde sıcaklık artışı ile birlikte artmıştır (Çizelge 4). Tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içeriklerindeki artışın en yüksek olduğu biyoçar tipi ise kavak talaşı olmuştur.

Biyoçarlarda görülen hidrofobiklik, yüzey fonksiyonel gruplarının bir sonucudur, diğer yandan su tutma kapasitesi biyoçarın gözenekliliğine bağlıdır. Bu özellikler biyoçarın su tutması ile ilgili olarak birbirleri ile çelişen etkilere neden olurlar ve çoğu zaman açıkça birbirinden ayırt edilemezler (Weber ve Quicker, 2018).

Piroliz sıcaklığının artışı üç nem içeriğinde de istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artışa neden olmuştur (Çizelge 4). Tarla kapasitesi olarak tanımlanan 1/3 atmosfer basınç altında tutulan nem miktarında 300 °C'den 600 °C'ye çıkarılan sıcaklık tutulan nem miktarının %41.5 oranında artışına yol açmıştır. Bu durum yarayışlı suyunda %54.9 oranında artışına neden olmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Tarla Kapasitesi (%)								
300	48.2	21.3	80.3	80.6	24	56.7	59.9	53.0a
400	61.5	68.4	62.8	43.2	33.8	73.7	73.8	59.6a
600	43.4	39.7	73.5	91.99	111.2	65.5	99.2	75.0a
%Fark (300-600)	-10.0	86.4	-8.5	14.1	363.3	15.5	65.6	41.5
ANOVA (P değeri)	0.21ÖD							
Solma Noktası (%)								
300	24.4	14.4	27.5	25.2	12.7	28.2	29.3	23.1a
400	21.9	26.3	21.6	32.7	11.9	34.5	28.3	25.3a
600	19.9	21.2	26.6	29.9	26.8	30.7	45.1	28.6a
%Fark (300-600)	-18.4	47.2	-3.3	18.7	111.0	8.9	53.9	23.8
ANOVA (P değeri)	0.41ÖD							
Yarayışlı Su İçeriği (%)								
300	23.8	6.9	52.8	55.4	11.3	28.5	30.6	29.9a
400	39.6	42.1	41.2	10.5	21.9	39.2	45.5	34.3a
600	23.5	18.5	46.9	62.09	84.4	34.8	54.1	46.3a
%Fark (300-600)	-1.3	168.1	-11.2	12.1	646.9	22.1	76.8	54.9
ANOVA (P değeri)	0.26ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Biyöçarların Kimyasal Özellikleri

Biyöçarların pH ve Elektriksel İletkenlikleri

Biyöçar toprak katkı maddesi olarak kullanıldığında pH değeri tarımsal uygulamalar için önemli bir özelliktir. Ayrıca, pH piroliz ile üretilen biyokömürün hidrotermal karbonizasyon yoluyla üretilen kömürlerden önemli düzeyde farklı kılan özelliklerden biridir. Hidrotermal karbonizasyon yoluyla üretilen hidroçarda organik asitler bulunur, bu da hidroçarın asidik hale gelmesine neden olur. Piroliz edilmemiş biyokütlenin pH değerleri tipik olarak 5 ila 7.5 arasında değişir (Weber ve Quicker, 2018). Piroliz sırasında yapıdan ağırlıklı olarak karboksil, hidroksil veya formil grupları gibi asidik karakterli fonksiyonel gruplar ayrılırlar. Geride kalan katı kısımda ise daha işlevsel gruplar serbest bırakılır. Aynı zamanda külün oransal içeriği de piroliz işlemi sırasında artar. Dolayısıyla, karbonlaşma derecesi arttıkça materyalin pH değeri de artar (Ahmad ve ark., 2012; Ippolito ve ark., 2012).

Biyöçarın pH değeri üzerinde en etkili faktör olduğu belirtilen, piroliz sıcaklığının artışı tüm biyöçar çeşitlerinde pH'nın artmasına yol açmıştır. Bu durum, asidik reaksiyona giren fonksiyonel grupların çoğunun, karbonizasyon işlemiyle oldukça erken salındığının bir göstergesidir (Weber ve Quicker, 2018). Bu artışın en yüksek olduğu biyöçar tipi çeltik (%34.6 artış) iken en düşük olduğu biyöçar çeşidi mısır koçanı (%13.3 artış) olmuştur. En düşük pH değerleri 300, 400 ve 600 °C sıcaklıklarda sırası ile 8.34 (kavak talaşı), 8.79 (mısır koçanı) ve 9.76 (kavak talaşı)'dır. En yüksek pH değerlerine sahip biyöçar tipleri ise 300 °C'de büyük baş hayvan gübresi (9.97), 400 °C'de fasulye atıkları (10.58) ve 600 °C'de ise fasulye atıkları (12.09)'dır (Çizelge 5). Düşük sıcaklıkta üretilen biyöçar genellikle daha asidik özellikte iken daha yüksek sıcaklıklarda alkali hale geldiği diğer birçok araştırmacı tarafından da bildirilmiştir (Sun ve ark., 2017).

Bu çalışmada belirlenen pH aralıkları yüksek piroliz sıcaklığında şeker pancarı atıklarından, atık çamurundan ve şeker kamışı atıklarından üretilen biyöçar için bildirilen değerlere benzemektedir (Inyang ve Dickenson, 2015; Yuan ve ark., 2011). Piroliz sıcaklığının pH üzerindeki etkisi (1) artan sıcaklıkla birlikte, karbonatlar, oksitler ve hidroksit gibi alkali türlerle ilişkili olabilecek küllerde bazik katyonların zenginleşmesi (Yuan ve ark., 2011; Singh ve ark., 2011) ve (2) asidik yüzey fonksiyonel gruplarının konsantrasyonunda bir azalmanın meydana gelmesi (Singh ve ark., 2011) ile ilişkilendirilmektedir. Zhang ve ark. (2017)'de piroliz sıcaklığının 350 °C'den 900 °C'ye artışı biyokütlenin sıcaklıkla birlikte çatlaması esnasında hidrojen iyonlarının salınımının pH'nın artmasına yol açtığını bildirmişler ve pH'nın %35.41 oranında arttığını rapor etmişlerdir. Piroliz sıcaklığındaki artış biyöçarın pH değerlerinde önemli düzeyde

($P<0.01$) farklılaşmaya neden olurken, EC değerlerinde istatistiksel olarak önemli olmayan bir farklılaşmaya yol açmıştır (Çizelge 5). Piroliz sıcaklığı 300 °C olduğunda ortalama 9.08 olan pH değeri, sıcaklık 600 °C'ye çıkarıldığında ortalama 11.11'e yükselmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların pH ve elektriksel iletkenlik değerleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talası	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
pH								
300	9.97	8.32	9.31	9.52	8.34	8.97	9.10	9.08a
400	10.52	9.21	10.18	10.58	9.26	8.79	9.94	9.78a
600	11.86	11.2	12.0	12.09	9.76	10.16	10.70	11.11b
%Fark (300-600)	19.0	34.6	28.9	27.0	17.0	13.3	17.6	
ANOVA (P değeri)	0.00**							
Elektriksel İletkenlik (dS m ⁻¹)								
300	2.71	0.387	5.94	6.43	0.2	1.382	0.845	2.56a
400	3.79	0.409	4.33	4.53	0.17	2.44	1.086	2.39a
600	4.0	1.171	4.17	4.73	0.808	4.38	2.74	3.14a
%Fark (300-600)	47.6	202.6	-29.8	-26.4	304.0	216.9	224.3	
ANOVA (P değeri)	0.78ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli farklıdır. *, ** Uygulamalar arasındaki fark sırası ile $P<0.01$ ve $P<0.05$ düzeyinde önemlidir, ÖD: Farklılık önemli değil.

Biyöçarların Katyon Değişim Kapasiteleri

Katyon değişim kapasitesi (KDK), çoğunlukla malzemenin yük yoğunluğuna ve sulu çözeltideki değiştirilebilir iyonların bolluğuna bağlıdır (Brady ve Weil, 1999). Biyoçar çeşidine bağlı olarak önemli ölçüde değişkenlik gösteren KDK değerleri 300 °C'lik piroliz sıcaklığında 33.47 cmolc kg⁻¹'den 88.16 cmolc kg⁻¹'a, 400 °C'de 41.87 cmolc kg⁻¹'den 78.68 cmolc kg⁻¹'e ve 600 °C'de ise 23.27 cmolc kg⁻¹'den 68.03 cmolc kg⁻¹'e kadar değişkenlik göstermiştir (Çizelge 6). Piroliz sıcaklığının artışı buğday samanı biyoçarı haricindeki tüm biyoçarların KDK'sinin azalmasına neden olmuştur. Yüklü yüzey fonksiyonel grupların ve yüzey alanının bir birleşimi olan KDK'si, nispeten düşük piroliz sıcaklıklarda üretilen biyoçarlarda daha yüksek olduğu bildirilmiştir. Düşük sıcaklıklarda biyoçarın yüzey alanı hammaddeye kıyasla çok daha yüksek hale gelirken, negatif yük sağlayacak olan yeterli miktarda fonksiyonel grubun yapı içerisinde kaldığı belirtilmiştir (Weber ve Quicker, 2018). Mukherjee ve ark. (2011), farklı pH seviyelerine sahip (1.5-7.5) meşe, çam ve ot gibi hammaddelerden 250 C'lik piroliz sıcaklığında üretilen biyoçarların ortalama KDK'sinin 51.9±15.3 cmolc kg⁻¹ olduğunu ve piroliz sıcaklığının 400 °C ve 650 °C'ye yükseltilmesi ile biyoçarların ortalama KDK'lerinin sırasıyla 16.2±6.0 ve 21.0±17.2 cmolc kg⁻¹ olduğunu bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Sarfraz ve ark. (2019)'da mantar hasat atıklarından üretilen biyoçarın KDK'nin sıcaklığın 400 °C'den 700 °C'ye çıkarılması ile 32.24 cmolc kg⁻¹'den 22.70 cmolc kg⁻¹'a düştüğünü ve KDK'yı etkileyen en önemli faktörlerin piroliz sıcaklığı ve hammadde tipi olduğunu rapor etmişlerdir. Asidik fonksiyonel gruplarla ilişkili aromatik C yapılarının doğası biyoçarın KDK'si ve adsorpsiyon kapasitesini etkileyebileceği belirtilmiştir (Kloss ve ark., 2012).

Piroliz sıcaklığı biyoçarların ortalama KDK değerleri üzerine önemli bir etki yapmamıştır (Çizelge 6). Piroliz sıcaklığı 300 °C olduğunda ortalama 32.6 cmolc kg⁻¹ olan KDK değeri, 400 °C'lik piroliz sıcaklığında 45.4 cmolc kg⁻¹'a yükselmiş, ancak sıcaklığın 600 °C'ye çıkarılması ile daha fazla artış olmamıştır. Tam aksine KDK değeri 41.5 cmolc kg⁻¹ olmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların katyon değişim kapasiteleri (cmolc kg⁻¹)

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talası	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
300	76.32	33.47	78.21	88.16	35.99	41.97	48.93	32.6a
400	66.20	43.53	78.68	53.44	41.87	50.56	51.55	45.4a
600	42.51	31.98	52.73	39.56	23.27	40.06	68.03	41.5a
%Fark (300-600)	-44.3	-4.4	-32.6	-55.1	-35.3	-4.5	39.0	
ANOVA (P değeri)	0.27ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Piroliz sıcaklığının artışı ile KDK'sinin azalması uçucu organik bileşikler ve asit fonksiyonel gruplardaki negatif yüzey yükü ile ilişkili olan parçalanma ile açıklanmaktadır (Singh ve ark., 2011; Uchimiya ve Hiradate, 2014). Bulgularımızın aksine, üretilen biyoçarların pH'larının yükselmesiyle birlikte, biyoçarların yüzeylerindeki negatif yüklü bölgeler artacağı, bunun da biyoçarın bazik katyonları elektrostatik çekim

kuvveti ile tutmasını ve diğer iyonlarla değişebilirliğinin arttırmasını sağlayacağı bildirilmiştir. Ayrıca, biyoçarların EC değerlerinin artmasının sulu çözeltilerdeki yarıyışlı iyonların konsantrasyonlarının artmasına neden olacağı ve bunun da üretilen biyoçarların değişim kapasitesini arttıracığı ifade edilmiştir (Chandra ve Bhattacharya, 2019).

Buğday samanı biyoçarında ise 300 °C'de 48.93 me 100 g⁻¹ olarak belirlenen KDK değerinin 600 °C'de 68.03 me 100 g⁻¹e çıktığı görülmektedir (Çizelge 10). Büyükbaş hayvan gübresi, domates ve fasulye bitkilerinin atıkları ile kavak talaşından üretilen biyoçarlarda sıcaklık artışı ile KDK önemli miktarda azalma gösterirken, çeltik kavuzu ve mısır koçanından üretilen biyoçarların KDK değerlerindeki azalma %4 civarında kalmıştır (Çizelge 6).

Biyoçarların Besin Elementi Kapsamları

Biyoçarların Toplam Karbon ve Azot İçerikleri

Topraktaki en önemli besin elementleri olan C ve N'un döngüsü biyoçarın piroliz sıcaklığından büyük ölçüde etkilenmektedir. Daha yüksek sıcaklıkta karbonlaşma oranının artması nedeni ile üretilen biyoçarların aromatikliğinin daha yüksek olması beklenmektedir (Novak ve ark., 2009). Bu tip biyoçarların doğada parçalanmadan çok uzun süre kalabilecek olması, sera gazı emisyonlarını dengelemek üzere topraklarda C zenginleşmesini sağlamak için önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir (Bruun ve ark., 2015). Sıcaklık artışı ile büyükbaş hayvan gübresinden üretilen biyoçarın toplam karbon içeriği azalırken fasulye biyoçarında bir değişim olmamış ancak diğer beş biyoçarın karbon içeriği artmıştır. Artışın en yüksek olduğu biyoçar çeşidi ise domates atıklarından elde edilen biyoçar çeşidi olmuştur.

Genel olarak, yüksek N içeriğine sahip olan biyoçarların toprağa önemli düzeyde besin elementi sağlayacağı ve ürün verimliliğini arttıracığı ifade edilmektedir. Sıcaklık artışı özellikle 400 °C'den sonra toplam N içeriğinin önemli düzeyde azalmasına yol açmıştır. Üretilen biyoçarların çoğunluğunda sıcaklığın 300 °C'den 400 °C'ye çıkarılması ile toplam N içeriğinin artışı söz konusu olmuştur (Çizelge 7). Özellikle çeltik kavuzu, fasulye atıkları, kavak talaşı, mısır koçanı ve buğday samanı biyoçarlarında bu artış çok belirgin olmuştur. Sert odun tipi hammaddelerin pirolizinden elde edilen biyoçar, yumuşak odun tipi bitkilerine kıyasla daha yüksek sıcaklıkta dahi yüksek N içeriğine sahip olma eğiliminde oldukları bildirilmiş (Al-Wabel ve ark., 2013) olmasına rağmen, kavak talaşı biyoçarından üretilen biyoçarın toplam N içeriği 600 °C'deki piroliz sonrası çok büyük oranda azalmıştır. Chandra ve Bhattacharya (2019)'da piroliz sıcaklığının 400 °C'den 700 °C'ye yükseltilmesinde çeltik sapı biyoçarının azot içeriğinin %64.95 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Azot içeriğindeki azalma, düşük sıcaklıkta amin fonksiyonel grubunda ve yüksek sıcaklıkta ise piridin grubunda bulunan NH₄-N, NO₃-N gibi uçucu özellikteki azot gruplarının kaybı ile ilişkilendirilmiştir (Khanmohammadi ve ark., 2015).

Çizelge 7. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların toplam karbon ve azot içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Toplam Karbon (%)								
300	41.7	54.6	56.6	67.9	80.4	84.9	70.0	65.1a
400	39.4	54.1	56.2	68.0	88.6	89.5	71.7	66.8a
600	37.0	57.4	65.6	67.7	99.8	93.1	77.7	71.2a
%Fark (300-600)	-11.1	5.2	15.9	-0.4	24.1	9.6	10.9	
ANOVA (P değeri)	0.82ÖD							
Toplam Azot (%)								
300	3	0.16	2.54	0.61	0.08	0.18	0.2	0.97a
400	2.82	2.92	3.01	4.24	5.8	4.25	1.74	3.54b
600	0.28	0.41	0.32	0.41	0.11	0.24	2.43	0.60a
%Fark (300-600)	-90.7	156.3	-87.4	-32.8	37.5	33.3	1115.0	
ANOVA (P değeri)	0.00**							
Karbon/Azot								
300	13.9	340.9	22.3	111.3	1005.1	471.7	13.9	223.2a
400	14.0	18.5	18.7	16.0	15.3	21.1	14.0	287.1a
600	132.3	140.0	204.8	165.0	907.5	387.8	132.3	122.4a
%Fark (300-600)	852.4	-58.9	819.9	48.3	-9.7	-17.8	852.4	
ANOVA (P değeri)	0.58ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklıdır. *, ** Uygulamalar arasındaki fark sırası ile P<0.01 ve P<0.05 düzeyinde önemlidir, ÖD: Farklılık önemli değil.

Sıcaklığın 400 °C'den 600 °C'ye çıkarılması ile birlikte tüm biyoçar çeşitlerinin toplam C/toplam N oranları önemli düzeyde artış göstermiştir. Kavak talaşı biyoçarının C/N oranı 400 °C'de 15.3 iken 600 °C'de 907.5 olmuş ve %5834.4 oranında artmıştır. Biyoçar piroliz sıcaklığının değişimi toplam karbon ve karbon/azot oranı üzerine istatistiksel olarak önemli düzeyde etki etmez iken, toplam azot içeriği üzerine önemli düzeyde ($P<0.01$) etki yapmıştır (Çizelge 7). Ortalama toplam karbon içeriği 300 C'de %65.1 iken, 400 °C'de %66.8'e ve 600 °C'de ise %71.2'ye yükselmiştir. Ortalama toplam azot içeriği ise, sıcaklığın 300 °C'den 400 °C'ye çıkarılması ile %0.97'den %3.54'e yükselmiş, ancak sıcaklığın 600 C'ye çıkarılması ile hızlıca kaybolarak %0.60'a inmiştir (Çizelge 7).

Biyoçarların Fosfor ve Potasyum İçerikleri

Tüm biyoçar çeşitlerinde piroliz sıcaklığının 300 °C'den 600 °C'ye çıkarılması P içeriğinin artışına yol açmıştır. Sarfraz ve ark. (2019)'da daha yüksek sıcaklıklarda (600 °C ve 700 °C) piroliz ile üretilen mantar atığı biyoçarının yüksek kül, P ve K içeriğine sahip olduğunu bildirilmiştir. Piroliz sıcaklığının artışı, potasyum içeriğinde fosfora kıyasla çok daha belirgin bir artışa neden olmuştur. Bu artış, fasulye atıklarından elde edilen biyoçarda %111.7 düzeyinde olmuştur. Üretilen biyoçarların 300, 400 ve 600 °C'de en yüksek potasyum içerikleri sırası ile 39.2, 52.0 ve 65.2 g kg⁻¹ ile domates atıklarından elde edilen biyoçarlarda olmuştur (Çizelge 8). Makro besin elementi olan fosfor ve potasyum içerikleri, piroliz sıcaklığının değişiminden önemli düzeyde etkilenmemiştir. Biyoçarların ortalama fosfor ve potasyum içerikleri sıcaklık artışı ile istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların fosfor ve potasyum içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Fosfor (g kg⁻¹)								
300	19.0	4.3	8.4	7.3	3.2	4.9	4.3	7.3a
400	21.9	4.2	10.2	8.1	3.7	5.4	4.4	8.3a
600	22.9	4.7	9.3	10.5	3.7	5.5	4.5	8.7a
%Fark (300-600)	20.8	10.7	11.4	43.7	15.3	11.0	5.1	19.1
ANOVA (P değeri)	0.92ÖD							
Potasyum (g kg⁻¹)								
300	9.8	35.0	39.2	3.7	15.6	17.7	9.8	23.3a
400	10.9	44.6	52.0	6.4	23.1	19.7	10.9	29.4a
600	12.7	45.5	65.2	7.9	27.3	25.8	12.7	34.2a
%Fark (300-600)	29.3	29.9	66.3	111.7	75.0	45.6	29.3	46.8
ANOVA (P değeri)	0.56ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında $P<0.05$ düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Biyoçarların Kalsiyum ve Magnezyum İçerikleri

Elde edilen veriler mısır koçanı ve buğday samanı biyoçarlarında Ca ve Mg konsantrasyonlarının artan piroliz sıcaklığı ile azaldığını; büyükbaş hayvan gübresi, domates atıkları ve kavak talaşından üretilen biyoçarda ise arttığını göstermiştir (Çizelge 9). Çeltik biyoçarında ise sıcaklık artışı ile Ca miktarı azalırken, Mg miktarının artışı söz konusu olmuştur. Mantar atıklarından hazırlanan biyoçarın Ca, Mg, Fe ve Zn gibi çok sayıda yararlı makro ve mikro besin elementi içeriğinin piroliz sıcaklığındaki artışla pozitif olarak korele olduğu rapor edilmiştir (Sarfraz ve ark., 2019). Bu durum, alkali elementlerin sıcaklık artışı ile biyoçardan uzaklaşmaması ve hammaddeki konsantrasyonları ile ilişkilendirilmiştir (Novak ve ark., 2009). Bu nedenle, alkalik elementlerin doygunluğu, yüksek sıcaklıklarda pirolize edilmiş biyoçarın kireçleme potansiyelinden sorumlu olduğu düşünülmektedir (Novak ve ark., 2009). Chandra ve Bhattacharya (2019)'da çeltik sapının piroliz sıcaklığının 400 °C'den 700 °C'ye çıkarılması ile değişebilir Ca ve Mg konsantrasyonlarının sırası ile %5.04 ve %23.29 oranında arttığını bildirmişlerdir (Çizelge 9). Piroliz sıcaklığının değişimi biyoçarların alkali elementleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etki yapmamıştır. Ortalama Ca içeriği 300 °C'de 32.4 g kg⁻¹ iken 400 ve 600 °C'lik piroliz sıcaklıklarında sırası ile 36.6 ve 38.3 g kg⁻¹'a yükselmiştir. Ortalama Mg içeriği ise sırası ile 9.7, 11.2 ve 11.2 g kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların kalsiyum ve magnezyum içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Kalsiyum (g kg ⁻¹)								
300	57.6	28.7	70.6	42.2	10.1	4.6	12.8	32.4a
400	65.0	18.1	88.5	49.6	16.3	3.8	14.7	36.6a
600	69.6	24.9	78.5	62.5	16.4	4.4	11.9	38.3a
%Fark (300-600)	20.8	-13.2	11.3	48.3	61.9	-4.2	-7.1	
ANOVA (P değeri)	0.93ÖD							
Magnezyum (g kg ⁻¹)								
300	15.7	2.1	25.1	16.4	1.9	3.2	3.6	9.7a
400	18.0	2.0	30.7	19.5	2.3	2.0	4.1	11.2a
600	19.2	2.4	24.8	24.0	2.5	2.1	3.3	11.2a
%Fark (300-600)	22.2	12.8	-1.3	46.5	35.0	-34.2	-8.6	
ANOVA (P değeri)	0.96ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Biyoçarların Kükürt ve Sodyum İçerikleri

Büyük baş hayvan gübresi, çeltik kavuzu ve kavak talaşından üretilen biyoçarların kükürt (S) içeriği piroliz sıcaklığının 300 C'den 600 °C'ye artması ile sırası ile %13.0, %42.1 ve %70.2 oranında azalmıştır. Bunun aksine domates atıkları, fasulye atıkları, mısır koçanı ve buğday samanından üretilen biyoçarların S içerikleri sıcaklık artışı ile sırası ile %7.4, %44.3, %79.6 ve %44.7 oranında artmıştır (Çizelge 10). Biyoçarların sodyum (Na) konsantrasyonları ise çeltik ve buğday samanında önemli düzeyde değişmez iken, diğer beş biyoçarda büyük oranda artmıştır. Özellikle mısır koçanından elde edilen biyoçarın Na içeriği 5184.9 oranında artmıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların kükürt ve sodyum içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Kükürt (mg kg ⁻¹)								
300	3714.0	510.6	6755.1	2199.4	980.5	516.5	1195.1	2267.3a
400	3587.4	443.6	8629.8	2426.8	564.2	1673.3	1328.7	2664.8a
600	3232.3	295.8	7256.3	3174.7	292.3	927.4	1729.2	2415.4a
%Fark (300-600)	-13.0	-42.1	7.4	44.3	-70.2	79.6	44.7	
ANOVA (P değeri)	0.96ÖD							
Sodyum (mg kg ⁻¹)								
300	6521.9	2083.2	3051.7	2285.6	1630.1	2082.3	1976.4	2804.5a
400	7234.1	2124.0	3240.2	2294.7	2045.6	3096.1	1894.0	3132.7a
600	7986.0	2577.7	3181.7	2861.0	2041.4	5932.0	1892.8	3781.8a
%Fark (300-600)	22.4	23.7	4.3	25.2	25.2	184.9	-4.2	
ANOVA (P değeri)	0.65ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Biyoçarların sodyum ve kükürt içerikleri piroliz sıcaklığının değişiminden önemli düzeyde etkilenmemiştir. Ortalama kükürt içeriği sıcaklığın 400 C'ye çıkarılması ile 2267.3 mg kg⁻¹'den 2664.8 mg kg⁻¹'a yükselmiş, ancak sıcaklığın 600 C'ye çıkarılması ile 2415.4 mg kg⁻¹'a düşmüştür (Çizelge 9). Kükürt içeriğinin aksine ortalama sodyum içeriği istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte sırası ile 2804.5, 3132.7 ve 3781.8 mg kg⁻¹ olarak ölçülmüştür.

Biyoçarların Demir, Mangan, Bakır ve Çinko İçerikleri

Piroliz sıcaklığının artışı üretilen biyoçarların mikro besin elementi konsantrasyonlarının çoğunlukla artışına neden olmuştur. Bununla birlikte, özellikle Fe konsantrasyonu çeltik (%8.9 azalma), mısır koçanı (%23.7 azalma) ve buğday samanı (%51.7 azalma) biyoçarları piroliz sıcaklığının 300 °C'den 600 °C'ye artışı ile azalmıştır (Çizelge 11). Sıcaklık artışı ile mikro besin elementlerinin konsantrasyonlarında önemli düzeyde farklılaşma olduğunu belirten [Chandra ve Bhattacharya \(2019\)](#), sıcaklığın 400 °C'den 500 °C'ye çıkartılması ile Ni, Cu, Co ve Cr konsantrasyonlarının sırası ile %21.7, 74.9, 67.0 ve 78.7 oranında arttığını belirtmişlerdir. Ancak, sıcaklığında 500'den 700 °C'ye çıkarılması ile belirtilen elementlerin konsantrasyonlarının sırası ile %69.8, 93.4, 80.1 ve 88.0 oranında azaldığını rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Fe ve Zn konsantrasyonlarının da 400 °C'den 700 °C'ye çıkarılması ile konsantrasyonlarının %12.1

ve %83 oranında azaldığı tespit edilmiştir. Piroliz sıcaklığının artışı ile konsantrasyonu artan tek mikro besin elementinin ise Mn olduğu bildirilmiştir. Piroliz sıcaklığındaki değişim mikro besin elementlerinin hiçbirinde istatistiksel olarak önemli bir farklılaşmaya neden olmamıştır (Çizelge 11). Sıcaklık artışı ile mikro besin elementlerinin içerikleri istatistiksel olarak önemli olmamakla birlikte artmıştır.

Çizelge 11. Farklı sıcaklıklarda üretilen biyoçarların demir, mangan, bakır ve çinko içerikleri

Sıcaklık °C	Büyükbaş	Çeltik	Domates	Fasulye	Kavak Talaşı	Mısır Koçanı	Buğday Samanı	Genel Ort.±
Demir (mg kg ⁻¹)								
300	14800.8	1664.9	2369.4	4268.3	1363.5	978.0	1332.3	3825.3a
400	17081.2	1075.0	4464.8	5785.99	1039.7	1120.3	1369.1	4562.3a
600	18405.7	1516.7	4645.8	9247.37	658.9	990.0	1016.7	5211.6a
%Fark (300-600)	24.4	-8.9	96.1	116.7	1.2	-23.7	-51.7	
ANOVA (P değeri)	0.91ÖD							
Mangan (mg kg ⁻¹)								
300	563.4	290.4	159.1	201.7	34.4	51.8	128.4	204.2a
400	649.9	309.0	231.8	263.1	34.2	47.9	141.1	239.6a
600	683.2	361.7	227.7	350.2	31.3	46.5	129.8	261.5a
%Fark (300-600)	21.3	24.6	43.2	73.6	-10.2	1.1	-9.2	
ANOVA (P değeri)	0.87ÖD							
Bakır (mg kg ⁻¹)								
300	58.4	9.4	1150.5	76.2	35.8	12.9	9.6	193.3a
400	59.5	5.8	1505.1	88.2	41.3	32.7	41.0	253.4a
600	70.4	8.7	1435.0	105.3	60.4	15.0	31.5	246.6a
%Fark (300-600)	20.4	-7.6	24.7	38.2	68.7	16.0	229.5	
ANOVA (P değeri)	0.97ÖD							
Çinko (mg kg ⁻¹)								
300	182.3	34.0	173.6	51.8	51.8	70.8	32.8	91.0a
400	217.5	33.1	202.1	66.3	91.4	91.8	68.9	114.2a
600	216.5	41.3	195.4	92.0	119.8	100.3	38.9	115.0a
%Fark (300-600)	18.8	21.3	12.6	77.7	120.2	41.6	18.6	
ANOVA (P değeri)	0.76ÖD							

±Duncan gruplamasında farklı harfler ile gösterilen ortalamalar arasında P<0.05 düzeyinde önemli farklıdır. ÖD Uygulamalar arasındaki fark önemli değildir.

Sonuç

Bu çalışma, pirolizin sıcaklığının yedi farklı hammaddeden üretilen biyoçarların verimi ve bir kısım fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacı ile yürütülmüştür. Sonuçlar, biyoçarların çalışılan tüm özellikleri üzerine piroliz sıcaklığının önemli etkisi olduğunu, ancak etkinin boyutunun biyoçar üretiminde kullanılan hammaddenin özelliklerine bağlı olarak değiştiğini göstermiştir. Bu çalışmada üretilen biyoçarın pH değerlerinin yüksek olması, toprakta Fe, Zn, Mn ve Cu gibi mikro besin elementlerinin yayırlılığını azaltabilecek bir özellik olarak öne çıkmaktadır. Ancak bu durum toprağın KDK'sini artırabilecek alkali kimyasal türlerin varlığını da göstermektedir. Alkali kimyasal türlerin varlığı, toprakta P'un çökmesini ve adsorpsiyonunu azaltabilecek ve ayrıca Ca ve K gibi besin elementlerinin bitkilere yayırlılığını arttıracaktır. Hayvan gübresinden üretilen biyoçar ilave edilen toprakta P yayırlılığını, hayvan gübresinin ilave edildiği toprağa kıyasla başlangıçta daha düşük olacaktır. Ancak hayvan gübresi ilave edilmiş toprakta yayırlılık kademeli olarak azalacağından, uzun süreli denemelerde hayvan gübresi biyoçarı ilave edilmiş toprakta P'un yayırlılığının zamanla arttığı bildirilmiştir. Bu nedenle, uygulama sonrası hemen fosfora ihtiyaç duyan ürünler için nispeten daha düşük piroliz sıcaklıklarında üretilen ve daha yüksek konsantrasyonda fosfor içeren biyoçarlar kullanılmalıdır.

Tüm biyoçar çeşitlerinde artan sıcaklıkla birlikte TC içeriğinin önemli düzeyde artışı söz konusudur. Bu durum, üretilen biyoçarın ayrışmaya karşı daha dayanıklı bir hal almasına neden olurken, C/N oranının artması nedeni ile azotun yayırlılığının azalmasına da yol açacaktır. Yüksek C/N oranına sahip materyallerin toprağa uygulanması, belirli bir dönem bitkilerin N noksanlığı yaşamalarına neden olabilir. Bu nedenle, ilave N kullanımı gerekebilir. Sıcaklık artışı ile SYA'ları azalsa da üretilen biyoçarların SYA değerleri şişme büzülme potansiyeli yüksek olan smektit grubu kil minerallerine yakındır. SYA değerlerinin yüksek olması, bu yüzeylerde daha fazla su ve besin elementi tutumunun olabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, o yüzeylerde daha fazla mikroorganizmanın barınabileceğini ve beslenebileceğini de anlatmaktadır. Özellikle

kum içeriği yüksek olan toprakların yüzey alanlarında bir artışa neden olması, biyoçarın topraktaki biyoçeşitliliğe de olumlu katkı yapması anlamına gelecektir.

Biyoçar içerisinde besin elementlerinin bir kısmı sıcaklık artarken azalırken, diğer bir kısmı (K gibi) sıcaklık artışı ile birlikte daha yoğun hale gelmiştir. Daha düşük sıcaklıklarda buharlaşarak uzaklaştığı bilenen N ve S gibi besin elementlerinin uzaklaşması, yüksek sıcaklıklarda üretilen biyoçarların gübre görevi görmesini engelleyecek bir durumdur. Bu durumda, yüksek sıcaklıkta üretilen biyoçarlar, gübre olmaktan çok toprağın fiziksel özelliklerini düzeltecek birer katkı maddesi olarak düşünölmeleri gerekir. Toprağın fiziksel özelliklerinin düzelmesi de gübre etkisi gibi bitki gelişimini olumlu etkileyecek, dahası toprağın kalitesinin ve bitkisel üretimin sürdürülebilirliğinin gelişmesini de sağlayacaktır.

Kaynaklar

- Ahmad M, Lee SS, Dou X, Mohan D, Sung J-K, Yang JE, 2012. Effects of pyrolysis temperature on soybean stover- and peanut shell-derived biochar properties and TCE adsorption in water. *Biores. Techn.*, 118:536-44.
- Al-Wabel MI, Al-Omran A, El-Naggar AH, Nadeem M, Usman AR, 2013. Pyrolysis temperature induced changes in characteristics and chemical composition of biochar produced from conocarpus wastes. *Biores. Technology*, 131:374-379.
- Angin, D, 2013. Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake. *Biores. Tech.*, 128: 593-597.
- Banik C, Lawrinenko M, Bakshi S, Laird DA, 2018. Impact of pyrolysis temperature and feedstock on surface charge and functional group chemistry of biochars. *J. Envir. Qual.*, 47:452-461.
- Bayram Ö, 2016. Farklı tarımsal atıklardan üretilen biyoçarların çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. YÖK Tez No: 420461.
- Brady NC, Weil RR, 1999. The nature and properties of soil 12th ed. Mac. Pub. Com. New York.
- Bruun TB, Elberling B, Neergaard AD, Magid J, 2015. Organic carbon dynamics in different soil types after conversion of forest to agriculture. *Land Degrad. Dev.* 26:272-283.
- Chandra S, Bhattacharya J, 2019. Influence of temperature and duration of pyrolysis on the property heterogeneity of rice straw biochar and optimization of pyrolysis conditions for its application in soils. *J. Cleaner Prod.*, 215:1123-1139.
- Chen FS, Yavitt J, Hu XF, 2014. Phosphorus enrichment helps increase soil carbon mineralization in vegetation along an urban-to-rural gradient, Nanchang, China. *Appl. Soil Ecol.*, 75:181-188.
- Cerato A, Lutenecker A, 2002. Determination of surface area of fine-grained soils by the ethylene glycol monoethyl ether (EGME) method. *Geotech. Test. J.* 25(3):1-7.
- Das O, Sarmah AK, 2015. The love-hate relationship of pyrolysis biochar and water: a perspective. *Sci Total Environ.*, 682(5):512-513.
- Gray M, Johnson MG, Dragila MI, Kleber M, 2014. Water uptake in biochars: the roles of porosity and hydrophobicity. *Biomass Bioenergy*, 61:196-205.
- Günel E, 2018. Sıvı Hayvan Gübresi ile Zenginleştirilmiş Biyoçarların Ekmeklik Buğdayın Gelişimi, Besin Elementi Alımı ve Toprak Kalitesine Etkileri. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi. s. 345. YÖK Tez No: 516795.
- Joseph SD, Camps-Arbestain M, Lin Y, Munroe P, Chia CH, Hook J, Van Zwieten L, Kimber S, Cowie A, Singh BP, ve ark. 2010. An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Research.* 48:501-515.
- Inyang M, Dickenson E, 2015. The potential role of biochar in the removal of organic and microbial contaminants from potable and reuse water: A review. *Chemosphere*, 34: 232-240.
- Ippolito J, Spokas K, Novak J, Lentz R, Cantrell K, 2015. Biochar elemental composition and factors influencing nutrient retention. In: Lehman J, Joseph S, editors. *Biochar Environ Management*, New York.
- Kacar B, İnal A, 2008. Bitki Analizleri. Nobel Yayın No:1241, 892 s.
- Kammann CI, Linsel S, Gößling JW, Koyro HW, 2011. Influence of biochar on drought tolerance of *Chenopodium quinoa* Willd and on soil-plant relations. *Plant Soil* 345:195-210.
- Khanmohammadi Z, Afyuni M, Mosaddeghi M.R, 2015. Effect of pyrolysis temperature on chemical and physical properties of sewage sludge biochar. *Waste Manag. Res.* 33(3):275-283.
- Kloss S, Zehetner F, Dellantonio A, Hamid R, Ottner F, Liedtke V, Schwanninger M, Gerzabek MH, Soja G, 2012. Characterization of Slow Pyrolysis Biochars: Effects of Feedstocks and Pyrolysis Temperature on Biochar Properties. *J. Environ. Qual.*, 41:90-1000.
- Klute A, 1986. Water Retention: Laboratory Methods. *Methods of Soil Analysis. Part1. 2nd Ed. Agronomy 9. Am. Soc. Agron.*, 635-660, Madison.
- Lee Y, Park J, Ryu C, Gang KS, Yang W, Park YK, Hyun S, 2013. Comparison of biyoçar properties from biomass residues produced by slow pyrolysis at 500 C. *Bioresour. Tech.*, 148:196-201.
- Lehmann J, Joseph S, 2009. Biyoçar for Environmental Management: An Introduction. Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.). *Biyoçar for environmental management: science and technology.* Earthscan. pp. 1-12.
- Li HB, Dong XL, Evandro BS, Letuzia MO, Chen YS, Lena QM, 2017. Mechanisms of metal sorption by biochars: biochar characteristics and modifications. *Chemosphere* 178:466-478.

- Mahawar N, Goyal P, Lakhiwal S, Jain S, 2015. Agro Waste: A New Eco- Friendly Energy Resource. *Int. Res. J. Environ. Sci.* 4:47-49.
- McLean EO, 1982. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties*, pp. 199-224.
- Mukherjee A, Zimmerman AR, Harris W, 2011. Surface chemistry variations among a series of laboratory-produced biochars. *Geoderma*, 163(3-4):247-255.
- Novak J, Lima I, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrah D, Watts DW, Busscher WJ, 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Ann. Environ. Sci.*, 3:195-206.
- Pereira RC, Kaal J, Arbestain MC, Lorenz RP, Aitkenhead W, Hedley M, Macías F, Hindmarshd Maciá-Agullóe JA, 2011. Contribution to characterization of biochar to estimate the labile fraction of carbon. *Org. Geochem.* 42(11):1331-1342
- Sarfraz R, Shakoor A, Abdullah M, Arooj A, Hussain A, Xing S, 2017. Impact of integrated application of biochar and nitrogen fertilizers on maize growth and nitrogen recovery in alkaline calcareous Soil. *J. Soil Sci. Plant Nutr.*, 63:488-498.
- Sarfraz R, Li S, Yang W, Zhou B, Xing S, 2019. Assessment of physicochemical and nutritional characteristics of waste mushroom substrate biochar under various pyrolysis temperatures and times. *Sustainability*, 11(1), 277.
- Singh BP, Joseph S, 2011. The mean residence time of biochar-mineral complexes in soil. In *Proceedings of the Asia Pacific Biochar Conference 2011, Kyoto, Japan, 15-18 September 2011; Volume 2119*.
- Sizmur T, Quilliam R, Puga AP, Moreno-Jiménez E, Beesley L, Gomez-Eyles JL, 2015. Application of Biyoçar for Soil Remediation. *Agricultural and Environmental Applications of Biyoçar: Advances and Barriers*, (sssaspepub63)
- Sohi SP, 2012. Carbon storage with benefits. *Science* 338:1034-1035.
- Sumner ME, Miller WP, 1996. Cation exchange capacity, and exchange coefficients. In: D.L. Sparks (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2: Chemical properties (3rd ed.)*. ASA, SSSA, CSSA, Madison, WI.
- Sun J, He F, Pan Y, Zhang Z, 2017. Effects of pyrolysis temperature and residence time on physicochemical properties of different biochar types. *Acta Agric. Scand. Sect. B Soil Plant Sci.* 67:12-22.
- Tabatabai MA, 1994. Soil enzymes. Pages 775-833 in R.W. Weaver, S. Angle, P. Bottomley, D. Bezdicek, S. Smith, A. Tabatabai, and A. Wollum, editors. *Methods of soil analysis. Part 2. Microbiological and biochemical properties*. Soil Sci. Society of America, Segoe, Wisconsin, USA.
- Tarpeh WA, Udert KM, Nelson KL, 2017. Comparing ion exchange adsorbents for nitrogen recovery from Source-Separated urine. *Env. Sci. Technol.* 51:2373-2381.
- Uchimiya M, Hiradate S, 2014. Pyrolysis temperature-dependent changes in dissolved phosphorus speciation of plant and manure biochars. *J. Agric. Food Chem.*, 62:1802-1809.
- Xu D, Cao J, Li Y, Howard A, Yu K, 2019. Effect of pyrolysis temperature on characteristics of biochars derived from different feedstocks: A case study on ammonium adsorption capacity. *Waste Manage.*, 87:652-660.
- Yin QQ, Wang RK, Zhao ZH, 2018. Application of Mg-Al-modified biochar for simultaneous removal of ammonium, nitrate, and phosphate from eutrophic water. *J. Clean Prod.* 176:230-240.
- Yuan JH, Xu RK, Zhang H, 2011. The forms of alkalis in the biochar produced from crop residues at different temperatures. *Bioresour. Technol.* 102:3488-3497.
- Weber K, Quicker P, 2018. Properties of biochar. *Fuel* 217:240-261.
- Woolf D, Amonette JE, Street-Perrott FA, Lehmann J, Joseph S, 2010. Sustainable biyoçar to mitigate global climate change. *Nat. Commun.* 1. Article Number 56.
- Wu W, Yang M, Feng Q, McGrouther K, Wang H, Lu H, Chen Y, 2012. Chemical characterization of rice straw-derived biochar for soil amendment. *Biomass Bioenergy* 47:268-276.
- Zhang H, Chen C, Gray EM, Boyd SE, Yang H, Zhang D, 2016. Roles of biochar in improving phosphorus availability in soils: A phosphate adsorbent and a source of available phosphorus. *Geoderma*, 276:1-6.
- Zhang H, Chen C, Gray EM, Boyd SE, 2017. Effect of feedstock and pyrolysis temperature on properties of biochar governing end use efficacy. *Biomass and Bioenergy*, 105, 136-146.



Çarşamba Ovası'nda soya yetiştirilen tarım alanlarının verimlilik durumlarının belirlenmesi

ib Nalan Kars¹, ib İmanverdi Ekberli^{2,*}

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Bu araştırma, Çarşamba Ovası'nda geleneksel toprak işleme yöntemleriyle soya bitkisi yetiştirilen tarım topraklarının verimlilik durumunu belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, ovada yer alan 20 köyde soya tarımı yapılan arazilerden toprak örnekleri alınmış ve bu örneklerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenmiştir. Ayrıca, aynı arazilerden bitki örnekleri alınarak bazı agronomik unsurları belirlenmiştir. Araştırma iki yıl süre ile aynı arazilerde yürütülmüştür. Araştırma sonuçlarına göre, topraklar genellikle kil ve killi tın bünyeye sahip, hacim ağırlığı değerleri 1.0-1.3 g cm⁻³ (%62.5'i), tarla kapasitesi değerleri %30-%40 (%55'i) arasında, nötr ve hafif alkalin reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz ve orta kireçli olup, organik madde miktarı orta ve iyi (%62.5'i) seviyede saptanmıştır. Toprakların azot miktarı orta ve fazla (%44.5'i), fosfor miktarı az ve orta (%57.5'i), potasyum miktarı orta (%67.5'i), kanyon değişim kapasitesi ise çok yüksek (%65'i) olarak belirlenmiştir. Toprakların demir içeriği (%65'i) yüksek, mangan içeriği düşük (%85'i), bakır içeriği (%92.5'i) çok yüksek, çinko içeriği ise çok düşük (%90'i) düzeyde bulunmuştur. Soya bitkisinin ortalama bitki boyu, bin tane ağırlığı ve tane verim değerleri sırasıyla; 103.31 cm, 200.54 g ve 455.87 kg da⁻¹ olduğu saptanmıştır. Araştırma topraklarının organik madde, azot ve fosfor içerikleri genel olarak düşük olduğundan, topraklara organik, azotlu ve fosforlu gübrelerin uygulanması ile verimde artış sağlanabilir.

Anahtar Kelimeler: Çarşamba ovası, fiziksel ve kimyasal özellikler, frekans dağılımı, *glycine max* l. merill.

Determination of productivity status of soybean cultivated fields in Çarşamba Plain

Abstract

This research was carried out in order to determine the productivity status of agricultural lands where soybean plants were grown by traditional soil cultivation methods in Çarşamba Plain. For this purpose, soil samples were taken from the lands where soybean cultivation was carried out in 20 villages on the plain and their some physical and chemical properties were determined. In addition, some agronomic components were determined by taking plant samples from the same land. The research was executed on the same lands for two years. According to the research results, the soils usually were determined to have clay and clay loam, bulk density values 1.0-1.3 g cm⁻³ (62.5%), field capacity values of 55% were found as 30-40%, neutral and slightly alkaline reaction, salt-free, limeless and medium-lime, organic matter was determined at a moderate and good level (62.5%). The nitrogen content of the soils was medium and high (44.5%), the amount of phosphorus was low and medium (57.5%), the amount of potassium was medium (67.5%), and the cation exchange capacity was very high (65%). Content of iron in the soils was high (65%), content of manganese was low (85%), content of copper was very high (92.5%), and content of zinc was very low (90%). The average plant height, thousand seed weight and seed yield values of soybean were determined as 103.31 cm, 200.54 g and 455.87 kg da⁻¹, respectively. Since the organic matter, nitrogen and phosphorus contents of the research soils are generally low, the yield will be increased by applying organic, nitrogenous and phosphorous fertilizers to the soils.

Keywords: Çarşamba plain, frequency distribution, physical and chemical properties, *glycine max* l. merill.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Dünyanın en değerli sanayi bitkileri arasında yer alan soya fasulyesi (*glycine max* l. merill.) 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 besiciliğinin önemli bir ham maddesidir (Arioğlu, 2000; Temperly ve Borges, 2006). Soya fasulyesi tıbbi amaçla da kullanılmakta, yaklaşık 4500 yıldan beri birçok Uzakdoğu ülkelerinin (Çin, Kore, Japonya) gıda

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 3121919
E-posta : iman@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 13 Şubat 2020
Kabul Tarihi : 05 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141
DOI : 10.33409/tbbbd.756822

beslenmesinde faydalandığı bilinmektedir. 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 fasüyesinin tarımı ilk olarak Karadeniz Bölgesinde 1940 yılında yapılmış ve 1957 yılında Ordu ilinde soya yağı fabrikası (Sümerbank) açılmıştır. Bugün ise soya tarımının en çok yapıldığı iller Adana, Mersin, Osmaniye ve Samsun'dur. (Öner, 2006; Coşkan ve ark., 2009). Ülkemizde soya bitkisinin toplam ekim alanı 38 180 ha, üretimi 165 000 ton, verimi ise 432 kg da⁻¹ olmaktadır. Karadeniz bölgesinde en önemli tarımsal potansiyele sahip olan Çarşamba Ovası'nda soya fasüyesinin ekim alanı 659 ha, üretimi 2 796 ton, verimi ise 424 kg da⁻¹'dir (Anonim, 2016).

Soya bitkisi yetiştirilen toprakların verimlilik durumunun (fiziksel ve kimyasal özelliklerinin) saptanması, bu yöntemlerin belirlenmesi için gerekli aşamalardan biridir. Aynı zamanda, toprakların uzun yıllar verimli ve üretken bir şekilde kullanımını hedefleyen sürdürülebilir tarım yaklaşımları önemini giderek artırmıştır. Virk ve ark. (2017) tarafından yapılan bir çalışmada, %79.5 kum, %8.2 silt, %13.1 kil, 7.4 pH, %0.28 organik karbon, 130.3 kg ha⁻¹ alınabilir azot, 18.3 kg ha⁻¹ alınabilir fosfor ve 159.4 kg ha⁻¹ alınabilir potasyum içeren topraklarda soya bitkisinden iyi verim elde edilmesi için, yüzeysel toprak işleme, gübreleme gibi tarımsal işlemlerin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Glifosat ve çinko uygulamasının toprak verimliliği, soya verimi ve diğer verim unsurları, besin elementleri durumu üzerine etkisinin belirlenmesine ait yapılan bir çalışmada, uygulama yapılmamış araştırma toprağında P, K, Ca, Mg, Cu, Mn miktarları sırasıyla 20.6 mg kg⁻¹; 0.12 cmol kg⁻¹; 1.55 cmol kg⁻¹; 0.78 cmol kg⁻¹; 0.68 mg kg⁻¹; 23.75 mg kg⁻¹ olarak bulunmuş ve bu özelliklerin bölgesel olarak değişim gösterdiği saptanmıştır (Moreira ve ark., 2016). Besin maddelerinin olası eksikliği, diğer toprak özelliklerinin optimum düzeyde olmasına rağmen soya verimini olumsuz yönde etkilemektedir (Aulakh ve ark., 2003; Moreira ve ark., 2017). Soya bitkisinde demir noksanlığının toprak özellikleri ile ilişkisinin belirlenmesine ait 60 lokasyonda yürütülen bir çalışmada, yaprakların klorotik olması durumunda topraklarda pH, P, K, EC, Fe, Mn, Cu, Zn'nun ortalama değerlerinin sırasıyla 8.0; 23 mg kg⁻¹; 218 mg kg⁻¹; 0.92 dS m⁻¹; 8.46 mg kg⁻¹; 8.61 mg kg⁻¹; 1.26 mg kg⁻¹; 1.94 mg kg⁻¹, yaprakların orta derecede klorotik olması durumunda 8.0; 21 mg kg⁻¹; 220 mg kg⁻¹; 0.68 dS m⁻¹; 8.65 mg kg⁻¹; 9.06 mg kg⁻¹; 1.24 mg kg⁻¹; 1.94 mg kg⁻¹, yaprakların sağlıklı olması durumunda ise 8.0; 24 mg kg⁻¹; 228 mg kg⁻¹; 0.52 dS m⁻¹; 11.8 mg kg⁻¹; 9.66 mg kg⁻¹; 1.29 mg kg⁻¹; 2.1 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir (Hansen ve ark., 2004). Kitou ve Yoshida (1994) tarafından bitki kalıntıları ile yapılan malçlamanın, soya bitkisinin gelişimi ve toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisinin incelenmesine ait bir çalışmada ise, EC, C, N, K, Ca, Mg içerikleri sırasıyla 0.13 dS m⁻¹, 13.4 g kg⁻¹, 1.0 g kg⁻¹, 0.42 cmol kg⁻¹, 1.06 cmol kg⁻¹, 0.20 cmol kg⁻¹ olan killi tınlı bir toprak kullanılmıştır. Soya fasüyesinin (*glisin max* l. merril) kritik büyüme aşamalarına (çiçeklenme/bakla sayısı) etki yapan faktörlerin belirlenmesine ait bir çalışmada (Harasim ve ark., 2016), deneyin başlangıcında topraktaki humus, P, K, Mg miktarlarının sırasıyla 16.9 g kg⁻¹; 14.4 mg 100 g⁻¹; 33.7 mg 100 g⁻¹; 5.9 mg 100 g⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Bir çok araştırmacılar tarafından (Sato ve ark., 2003; Brye ve ark., 2007; Ngakou ve ark., 2008; Verkler ve ark., 2009; Fageria ve ark., 2014; Moreira ve ark., 2018; Gavili ve ark., 2019) soya bitkisinin veriminin ve verim kalitesinin yükseltilmesinde çeşitli tarımsal yöntemlerin uygulanmasının toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine önemli düzeyde bağlı olduğu gösterilmiştir. Adams ve ark. (2017)'e göre de, yüksek verimli soya fasüyesi üretimi ile ilişkili toprak özelliklerinin belirlenmesi toprak ortamının iyi anlaşılması için gereklidir.

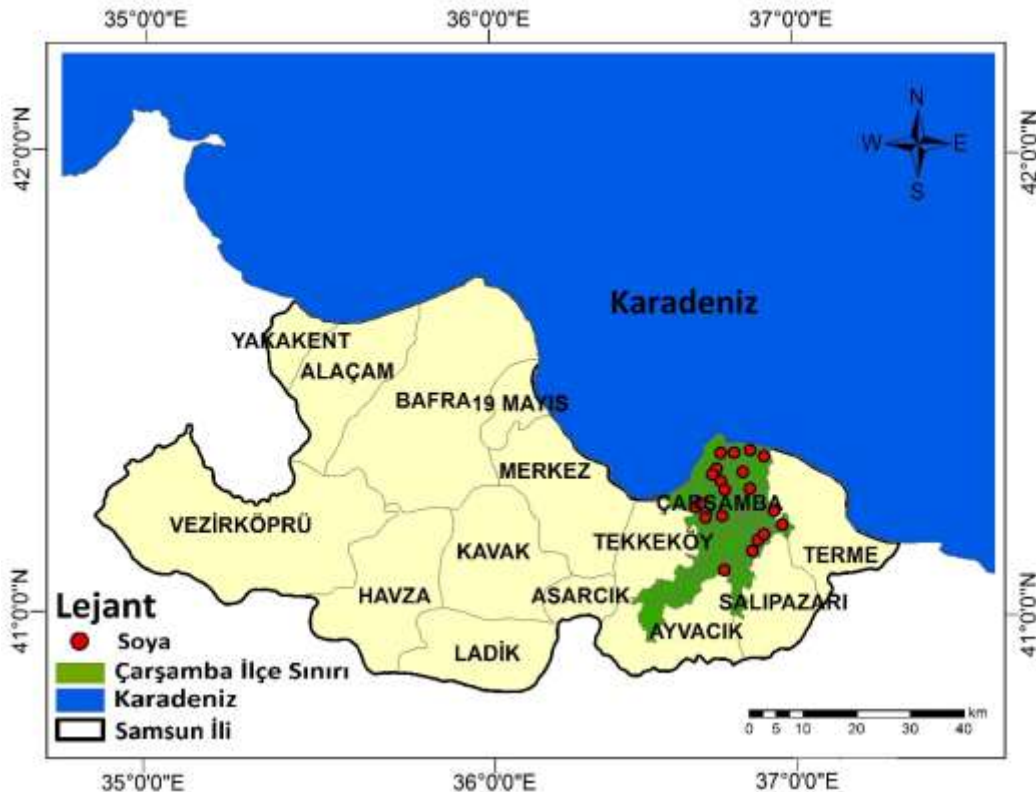
Yoğun tarımsal faaliyetler ve artan mekanizasyon toprakların fiziksel ve mekanik özelliklerinde bozulmalara sebep olmakta ve ayrıca organik gübre kullanımının yeterli olmaması ve kimyasal gübrelerin aşırı kullanılması da bozulmayı hızlandırmaktadır. Amaç dışı kullanımı sonucunda azalan tarım alanlarımızda 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 mümkün olmaktadır. Tarım topraklarının temel özelliklerinin belirlenerek, bu özellikler doğrultusunda 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; Hossain ve ark., 2015; Gülser, 2016; Gülser ve ark., 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017; Lipiec ve Usowicz, 2018; Kars ve Ekberli, 2019a; 2019b). Bölgelerin iklimsel, bitkisel ve toprak özellikleri açısından farklılık göstermesi ve toprak özelliklerinin bölgeye özgü özelliklerle etkileşimi, verimlilik çalışmalarının yöresel yapılmasını gerektirmektedir (Kırmızı ve Tüfekçi, 1993). Van ili Bayramlı köyü bağ alanlarının bazı toprak özelliklerinin belirlendiği bir çalışmada, toprakların nötr ve alkali reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz, orta ve yeterli düzeyde

organik madde içeriğine sahip olduğu; toprakların %47.5'inin tınlı kum, %45'inin kumlu tın ve %7.5'inin kumlu olduğu bildirilmiştir (Sancan ve Karaca, 2017). Taban ve ark. (2004) tarım yapılan alanlardan verimlilik durumunu belirlemek amacıyla 40 adet toprak örneği alarak toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemişlerdir. Genel olarak, killitın, tın ve kumlu killitın tekstüre sahip, hafif alkali reaksiyonlu ve orta kireçli olduğu; toprakların % 67.5'inin azot, % 40'ının fosfor, % 82.5'inin kükürt, % 5'inin potasyum, % 97.5'inin çinko ve mangan, % 7.5'inin demir ve % 67.5'inin bor bakımından yetersiz olduğu saptanmıştır. Bursa İlinde çeşitli ürünlerin yetiştirildiği alanlarda, toprak verimlilik durumlarını belirlemek amacı ile yapılan bir araştırmada (Başar, 2001), toplam 1018 adet toprak örneği incelemiştir. Araştırma sonuçlarına göre, toprakların % 56.49'unun organik madde, % 21.81'inin P ve % 21.82'sinin K içeriklerinin düşük ve çok düşük düzeylerde olduğu bildirilmiştir. Doğu Karadeniz Bölgesindeki kırmızı-sarı podzolik toprakların temel bazı karakteristik özellikleri ve verimlilik durumunu belirlemek amacıyla 370 adet toprak örneği alınmıştır. Örneklerde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal toprak analizleri sonucunda, topraklar genellikle killi tın, kumlu killi tın, kumlu tın ve tın tekstürlü olup, düşük pH değerlerine sahip olduğu, tuzluluk sorununun bulunmadığı, alınabilir P, ekstrakte edilebilir K ve Ca yönünden toprak örneklerinin çoğunluğunun yetersiz düzeyde olduğu, organik madde açısından toprakların % 70'inin yüksek durumda olduğu belirlenmiştir (Özyazıcı ve ark., 2013). Gürbüz ve ark. (2019) Trakya topraklarının veri tabanının oluşturulması ve bazı toprak özelliklerinin inceledikleri çalışmalarında, toprakların yaklaşık, 1/3'ünün hafif, 1/5'inin orta ve 2/5'inin ağır bünyeli olduğunu; yaklaşık 2/5'inin asit, 1/5'inin nötr ve 2/5'inin alkalin reaksiyonlu; 3/4'ünün tuzsuz; 1/2'sinin kireçsiz ve çok az kireçli, 1/5'inin orta kireçli ve kireçli olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, organik madde bakımından 1/5'inin çok az, 3/5'inin az, 1/5'inin ise orta ve zengin; fosfor bakımından 1/5'inin yetersiz ve çok yetersiz, 1/5'inin çok yüksek, ekstrakte edilebilir potasyum bakımından, 1/7'sinin az, 3/5'inin yüksek ve çok yüksek sınıfında yer aldığı belirlenmiştir

Bu araştırmanın amacı, Samsun'un Çarşamba Ovası'nda geleneksel yöntemlerle soya yetiştirilen tarım topraklarının verimlilik durumunun ortaya konulmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma; iki yıl süre ile Samsun ili Çarşamba Ovası'nı temsil eden 20 köyde, çiftçiler tarafından soya tarımının yapıldığı arazilerden 0-20 cm derinlikten 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 bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Toprak ve bitki örneklerinin alındığı lokasyonlar

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, 58.921 hektar tarım arazisine sahiptir. Ovada buğday bitkisi 1.700 hektar alanda yetiştirilmektedir. Ova toprakları alüviyal ve kısmen de kolüviyal (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; toprak reaksiyonu (pH), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda cam elektrotlu pH metre ile (Bayraklı, 1987); elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); kireç (CaCO₃), Scheibler kalsimetresiyle volümetrik olarak (Kacar, 1994); organik madde (OM), Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994); toplam azot (N) Kjeldahl yaş yakma yöntemine göre (Kacar, 1994) belirlenmiştir. Toprakların yarıyıllık fosfor (P) içeriği, mavi renk yöntemine göre (Olsen ve ark., 1954); değişebilir potasyum (K) ve sodyum (Na), toprak örneğinin 1 N amonyum asetat (pH= 7.0) çözeltisi ile ekstrakte edilmesiyle, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) 0.01M EDTA titrasyonu ile (Sağlam, 1997); kation değişim kapasitesi (KDK), Bower yöntemine göre (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954) alınabilir demir (Fe), bakır (Cu), mangan (Mn) ve çinko (Zn) içerikleri ise Lindsay ve Norvell (1978) tarafından bildirildiği şekli ile (0.005 M DTPA + 0.01 M CaCl₂ +0.1 M TEA, pH= 7.3) tespit edilmiştir. 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 yarıyıllık su miktarı (BYS), TK ve SN arasındaki farktan hareketle hesap yolu ile belirlenmiştir. Soya bitkisinde bitki boyu (BB), bin tane ağırlığı (BTA) ve tane verimi (TV) ölçümleri, Anonim (2013) tarafından bildirilen esaslar çerçevesinde yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Soya bitkisinin agronomik unsurları

Araştırma alanında yetiştirilen soyanın bazı agronomik parametrelerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Çizelge 1'de verilmiştir. 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⁻¹ arasında değişmekte, ortalama değerleri ise sırasıyla 103.31 cm, 200.54 g ve 455.87 kg da⁻¹ olmaktadır. Elde edilen sonuçlardan görüldüğü gibi, istatistiksel göstergeler geçerli sınırlar (Willmott ve Matsuura, 2005) dahilinde değişmektedir.

Çizelge 1. Soyanın bazı agronomik 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 ⁻¹	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

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 ağırlığın 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⁻¹ ile Erensoy çeşidinde; en düşük tane veriminin ise 335.50 kg da⁻¹ ile Üstün 1 çeşidinden elde edildiği bildirilmiştir.

Soya tarımı yapılan toprakların fiziksel özelliklerinin değişimi

Ovada soya fasülyesi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Soya bitkisi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler

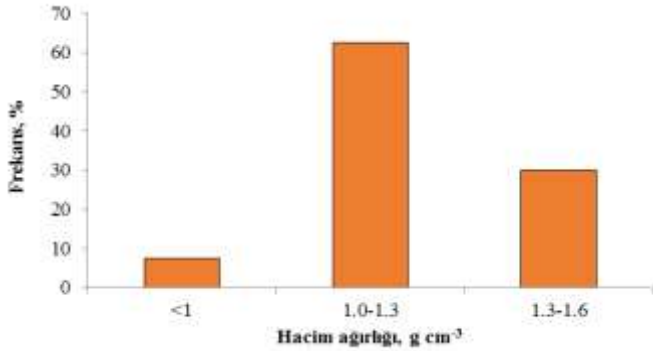
Özellikler	En düşük	En yüksek	Ortalama	St. Sapma	VK, %	Çarpıklık
Kil, %	15.34	57.23	37.67	12.74	33.82	-0.218
Silt, %	12.19	54.02	37.04	11.14	30.07	-0.752
Kum, %	11.67	42.15	25.27	9.19	36.36	0.429
Db, g cm ⁻³	0.96	1.50	1.21	0.15	12.39	0.143
TK, %	25.59	49.19	37.54	6.18	16.46	0.045
SN, %	12.78	32.11	20.82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

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

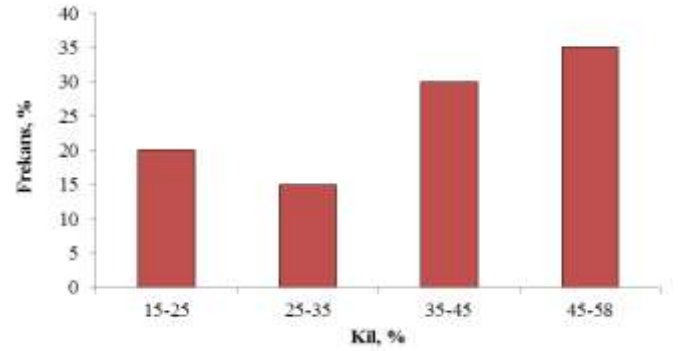
Çizelge 2'den görüldüğü gibi; soya yetiştirilen toprakların kil miktarı %15.34-57.23 arasında değişmekte, ortalama değeri ise %37.67'dir. Standart sapması 12.74; varyasyon katsayısı %33.82; çarpıklık ise -0.218 olarak saptanmıştır. Toprakların silt miktarı %12.19-54.02 arasında değişmekte, ortalama silt miktarı %37.04'tür. İstatistiksel parametreler sırasıyla 11.14; %30.07; -0.752 olarak bulunmuştur. Toprakların kum miktarı %11.67-42.15 arasında değişmekte olup, ortalama kum miktarı %25.27 olarak belirlenmiştir. Standart sapma 9.19; varyasyon katsayısı %36.36; çarpıklık 0.429 olarak saptanmıştır. Soya yetiştirilen toprakların bünyesi killi tın, kil, tın, siltli kil, siltli tın, siltli killi tın ve kumlu kil olarak belirlenmiştir. Toprakların minimum hacim ağırlığı 0.96 g cm⁻³, maksimum hacim ağırlığı ise 1.50 g cm⁻³ olup, ortalama değer 1.21 g cm⁻³ olarak bulunmuştur. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık katsayısı sırasıyla 0.15; %12.39; 0.143 olarak belirlenmiştir. Toprakların TK %25.59-49.19 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %37.54'tür. İstatistiksel göstergeler sırasıyla 6.18; %16.46; 0.045 olarak saptanmıştır. Soya bitki topraklarının SN %12.78-32.11 arasında değişmekte olup, ortalama değeri %20.82'dir. Standart sapması 4.97; varyasyon katsayısı %23.87; çarpıklık katsayısı ise 0.664 olarak belirlenmiştir. Soya bitki topraklarının BYS miktarı %12.55-23.01 arasında değişmekte, ortalama miktarı %16.71'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ölçütü sırasıyla 2.56; %15.32; 0.203 olarak bulunmuştur.

Toprakların fiziksel özelliklerine ait tanımlayıcı istatistiklerden anlaşılan, elde edilen değerler geçerlilik sınırları dahilinde olmaktadır. Toprakların hacim ağırlığı, kil ve tarla kapasitesi değerlerine ait frekans dağılımları Şekil 2-4'de verilmiştir.

Soya yetiştirilen toprakların hacim ağırlığı değerlerinin %7.5'i <1 g cm⁻³, % 62.5'i 1.0-1.3 g cm⁻³ ve %30'u 1.3-1.6 g cm⁻³ olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Elde edilen veriler hacim ağırlığının soya bitkisinin gelişiminde sınırlayıcı faktör olmadığını göstermektedir. Farklı toprak işleme uygulamalarının ve mısır kalıntılarının, 11 yıllık bir periyot boyunca toprağın hacim ağırlığına, soya bitkisinin gelişim sürecine ve verimine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, hacim ağırlık değerlerinin genellikle 0-10 cm derinlikte değişime uğradığı ve bu değişimin 0.9 g cm⁻³ ve 1.46 g cm⁻³ arasında olduğu belirlenmiştir (Dam ve ark., 2005). Hacim ağırlığı dinamik bir özelliktir. Hacim ağırlığı; toprağın yapısı, bitki örtüsü ve mekanik uygulamalar, iklim koşulları, çeşitli tarım makinalarının kullanımı vb. faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Arshad ve ark., 1996; Hu ve ark., 2012).

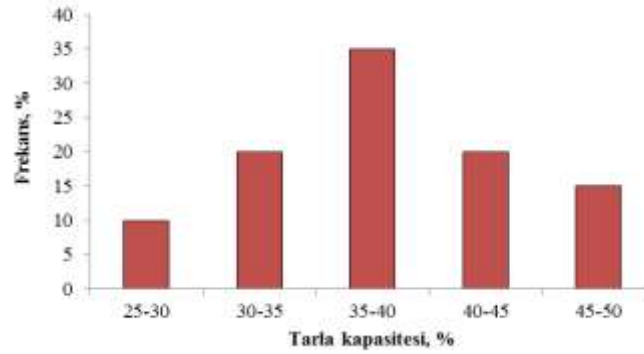


Şekil 2. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda hacim ağırlığı dağılımı (n=40)



Şekil 3. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda kil miktarının dağılımı (n=40)

Soya bitkisi yetiştirilen topraklar genellikle kil ve killi tın bünyeye sahiptir. Soya bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarında, en düşük kil miktarı %15 ile %25 arasında olup araştırma topraklarının %20'sini; en yüksek kil miktarı ise %45 ile %57 arasında değişmekte, araştırma topraklarının %35'ni oluşturmaktadır (Şekil 3). Soya bitkisi aşırı kumlu topraklar dışında kalan değişik toprak tiplerinde sorunsuz olarak yetiştirilebilmektedir. Üzerinde uzun süre suyun durgun kaldığı sıkışık ve havalanmayan topraklarda ise gelişmesi olumsuz etkilenmektedir (Ay, 2012). İşler ve Coşkan (2009), farklı bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) aşılama yöntemlerinin soyada azot fiksasyonu ve tane verimine etkisini araştırdıkları bir çalışmada, araştırma toprağının %41 düzeyinde kil içerdiğini ve siltli kil bünyeye sahip olduğunu bildirmişlerdir.



Şekil 4. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda tarla kapasitesi dağılımı (n=40)

Şekil 4'ten görüldüğü gibi, soya yetiştirilen toprakların %10'unda tarla kapasitesi %25 ile %30; %55'inde %30 ile %40; %35'inde ise %40 ile %50 arasında değişmektedir. Soyanın mevsimlik su ihtiyacı; yörenin iklimine, toprak ve çeşit özelliklerine bağlı olarak çok farklılıklar göstermekle beraber, 450-700 mm arasında değişmektedir (Korukçu ve Evsahipoğlu, 1981). Akgül ve Başayığit (2005) tarafından, Süleyman Demirel Üniversitesi çiftlik topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlendiği, toprakların sınıflandırıldığı, detaylı toprak haritası ve raporunun hazırlandığı bir çalışmada; alınan toprak örneklerinde tarla kapasitesinin %16.41 ile %33.9 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Soya tarımı yapılan toprakların kimyasal özelliklerinin değişimi

Ovada soya fasülyesi yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Soya bitki yetiştirilen toprakların bazı kimyasal özelliklerine ait bazı tanımlayıcı istatistikler (n=40)

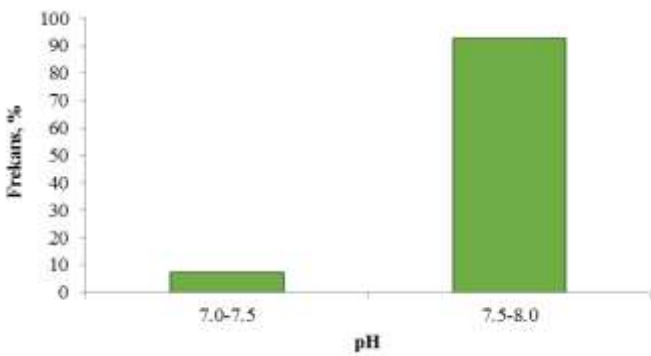
Özellikler	En düşük	En büyük	Ortalama	St. Sapma	VK, %	Çarpıklık
pH, (1:1)	7.00	8.02	7.72	0.21	2.72	-1.566
EC, dS m ⁻¹ (1:1)	0.40	0.98	0.60	0.14	23.33	0.881
CaCO ₃ , %	0.55	13.45	5.84	4.08	69.86	0.154
OM, %	1.61	5.05	2.89	1.03	35.64	0.724
N, %	0.11	0.30	0.15	0.04	26.66	1.571
P, ppm	1.74	38.26	13.68	10.08	73.68	0.890
K, cmol kg ⁻¹	0.17	1.17	0.56	0.20	35.71	0.783
Ca+Mg, cmol kg ⁻¹	29.03	94.39	50.52	17.02	308.33	0.692
Na, cmol kg ⁻¹	0.35	2.46	1.37	0.70	51.09	-0.346
KDK, cmol kg ⁻¹	30.05	96.96	52.47	17.30	32.97	0.693
Fe, ppm	21.99	60.74	33.85	9.65	28.50	0.858
Mn, ppm	4.95	31.49	11.68	5.27	45.11	2.679
Cu, ppm	2.27	9.37	5.81	1.61	27.71	0.031
Zn, ppm	0.29	1.26	0.58	0.19	32.75	1.503

pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik; CaCO₃: Kireç; OM: Organik madde; N: Azot; P: Fosfor; K: Potasyum; Ca+Mg: Kalsiyum+Magnezyum; Na: Sodyum; KDK: Katyon değişim kapasitesi; Fe: Demir; Mn: Mangan; Cu: Bakır; Zn: Çinko; VK: Varyasyon katsayısı.

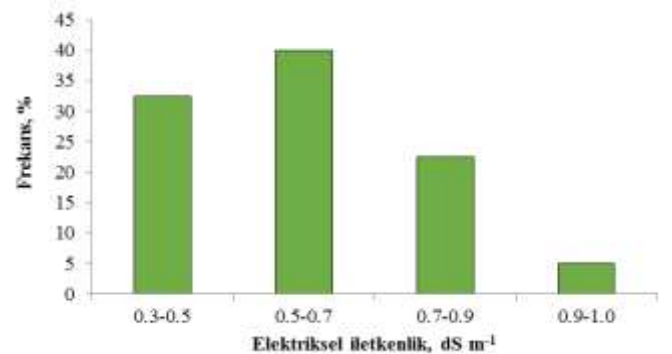
Çizelge 3' den görüldüğü gibi, soya yetiştirilen topraklar genellikle nötr ile hafif alkalin reaksiyona sahip olup, ortalama pH değeri 7.72'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ölçütü sırasıyla 0.21; %2.72; -1.566 olarak belirlenmiştir. Topraklar çoğunlukla tuzsuz olup, ortalama EC miktarı 0.60'dır. Standart sapma 0.14; varyasyon katsayısı %23.33; çarpıklık katsayısı ise 0.881 olarak belirlenmiştir. Soya bitkisi toprakları, kireç içeriği bakımından kireçsiz ile orta kireçli düzey arasında değişmekte olup, ortalama kireç miktarı %5.84 olarak bulunmuştur. İstatistiksel göstergeler sırasıyla 4.08; %69.86; 0.154 olarak saptanmıştır. Toprakların organik madde kapsamı çoğunlukla orta seviyede olup, ortalama miktarı %2.89'dur. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık sırasıyla 1.03; %35.64; 0.724 olarak belirlenmiştir. Toprakların azot miktarı genellikle orta düzeyde olup, ortalama azot miktarı %0.15'tir. Standart sapma 0.04; varyasyon katsayısı %26.66; çarpıklık katsayısı ise 1.571 olarak bulunmuştur. Toprakların fosfor miktarı en düşük 1.74 ppm, en yüksek 38.26 ppm'dir. Ortalama fosfor miktarı 13.68 ppm olup, toprakların fosfor kapsamı çoğunlukla az ve iyi düzeydedir. İstatistiksel göstergeler sırasıyla 10.08; %73.68; 0.890 olarak belirlenmiştir. Toprakların potasyum kapsamı çoğunlukla orta seviyede olup, ortalama potasyum miktarı 0.56 cmol kg⁻¹'dir. Standart sapma 0.20; varyasyon katsayısı %35.71; çarpıklık katsayısı se 0.783 olarak bulunmuştur. Topraklarda Ca+Mg miktarı 29.03-94.39 cmol kg⁻¹ arasında değişmekte olup, ortalama miktarı 50.52 cmol kg⁻¹'dir. İstatistiksel parametreler ise sırasıyla 17.02; %308.33; 0.692 olarak saptanmıştır. Topraklar sodyum bakımından orta ile yüksek arasında değişmekte ve ortalama sodyum miktarı 1.37 cmol kg⁻¹'dir. Standart sapma 0.70; varyasyon katsayısı %51.09; çarpıklık katsayısı ise -0.346 olarak bulunmuştur. Topraklardaki KDK miktarı genellikle yüksek ve çok yüksek düzeyde değişmekte olup, ortalama KDK miktarı 52.47 cmol kg⁻¹'dir. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık ölçütü sırasıyla 17.30; %32.97; 0.693 olarak belirlenmiştir. Soya bitkisi topraklarının demir kapsamı çoğunlukla orta ile yüksek arasında değişmekte, ortalama demir miktarı 33.85 ppm'dir. İstatistiksel parametreler sırasıyla 9.65; %28.50; 0.858 olarak bulunmuştur. Toprakların mangan kapsamı genellikle düşük düzeyde olup, ortalama mangan miktarı 11.68 ppm olmaktadır. Standart sapma 5.27; varyasyon katsayısı %45.11; çarpıklık katsayısı ise 2.679 olarak belirlenmiştir. Toprakların bakır kapsamı çok yüksek olup, ortalama bakır miktarı 5.81 ppm'dir. İstatistiksel göstericiler sırasıyla 1.61; %27.71; 0.031 olarak saptanmıştır. Toprakların çinko kapsamı çoğunlukla çok düşük düzeyde ve ortalama çinko miktarı 0.58 ppm olarak bulunmuştur. Standart sapma, varyasyon katsayısı, çarpıklık sırasıyla 0.19; %32.75; 1.503 olarak belirlenmiştir. Kültivasyon işlemleri ve organik madde, kireç, gübreler ve sentetik toprak düzenleyicilerin toprağa ilavesi gibi insanlar tarafından oluşturulan uygulamalar bazı toprak özelliklerinin (P, CaCO₃, Ca+Mg) geniş aralıkta değişimine, dolayısıyla değerlerin heterojen dağılımına ve varyasyon katsayılarının yüksek olmasına sebep olabilir.

Soya bitkisi yetiştirilen toprakların pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, azot, fosfor, potasyum ve katyon değişim kapasitesi miktarına ait frekans dağılımları Şekil 5-11'de gösterilmiştir.

Şekil 5'ten görüldüğü gibi, soya bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarının %7.5'i nötr ve çok hafif alkalin, %92.5'i ise hafif alkalin reaksiyonludur. Toprak reaksiyonu soya için oldukça önemlidir ve genellikle pH'nın 6.0-7.5 arasında olması istenmektedir (Ay, 2012). Yetkin ve Arioğlu (2009) tarafından, Çukurova Bölgesi'nde ana ürün koşullarında bazı soya çeşitlerinin verim ve tarımsal özelliklerinin belirlenmesine ait bir çalışmada; toprak pH'sının 7.28 ile 7.29 arasında değiştiği, toprakların genellikle nötr bir reaksiyona sahip olduğu bildirilmiştir.



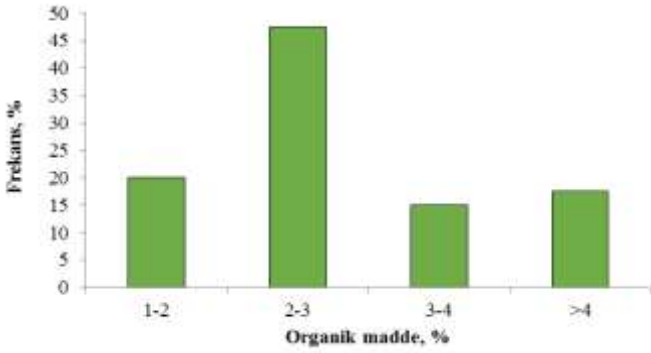
Şekil 5. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda pH değerlerinin dağılımı (n=40)



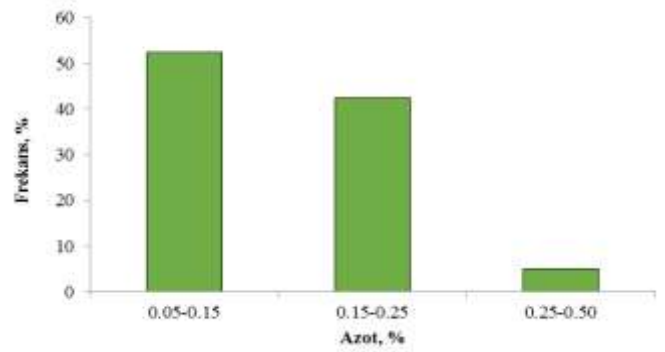
Şekil 6. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda elektriksel iletkenlik değerlerinin dağılımı (n=40)

Soya bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarının elektriksel iletkenlik değerlerinin %32.5'si 0.3-0.5 dS m⁻¹; %40'ı 0.5-0.7 dS m⁻¹; %22.5'i 0.7-0.9 dS m⁻¹; %5'i ise 0.9-1.0 dS m⁻¹ arasında olup, toprakların tuzluluk probleminin bulunmadığı ifade edilebilir (Şekil 6). Genel olarak, tuzlu ve çorak topraklarda soya bitkisinin verimi azalmaktadır (İşler, 1992).

Organik madde miktarı, soya fasülyesi yetiştirilen toprakların %20'inde az (%1-2), %47.5'inde orta (%2-3), %15'inde iyi (%3-4) ve %17.5'inde yüksek (>%4) olarak belirlenmiştir (Şekil 7). Adiloğlu ve Adiloğlu (2004), Trabzon yöresinde yapmış olduğu bir çalışmada; alınan 30 adet toprak örneğinde organik madde miktarlarının %1.62-7.16 arasında değiştiğini, örneklerin %56.7'sinin yüksek seviyede organik madde içerdiğini bildirmişlerdir.



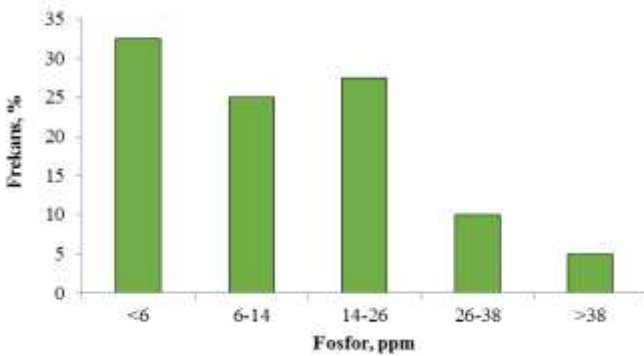
Şekil 7. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda organik madde miktarının dağılımı (n=40)



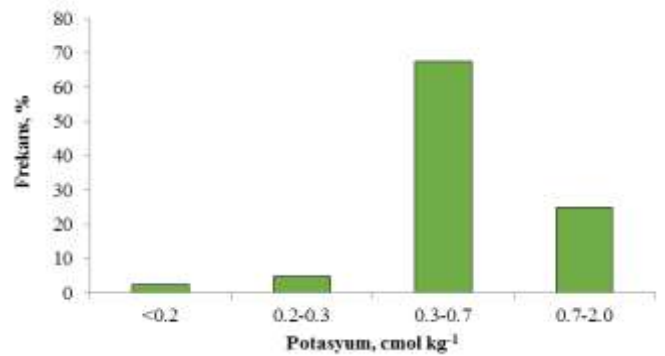
Şekil 8. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda azot miktarının dağılımı (n=40)

Soya bitkisi yetiştirilen araştırma topraklarının %52.5'inde azot miktarı düşük (%0.05-0.15), %42.5'inde orta (%0.15-0.25), %2'sinde ise fazla (%0.25-0.50) seviyede tespit edilmiştir (Şekil 8). Soya fasülyesi, uygun koşullar altında ihtiyaç duyduğu azotun % 40-60'ını fiksasyon yoluyla karşılamakta (Ham ve Caldwell, 1978) ve soya tarla bitkileri arasında azota en çok gereksinim duyan bitkidir (Sindir ve Dewit, 1975). Soya 100 kg tane üretimi için yaklaşık olarak 10 kg azot kullanmaktadır (Hardy ve ark., 1980).

Soya bitkisi yetiştirilen araştırma alanında az (<6 ppm), orta (6-14 ppm), iyi (14-26 ppm), yüksek (26-38 ppm) ve çok yüksek (>38 ppm) fosfor miktarları, araştırma alanının sırasıyla %32.5; %25; %27.5; %10 ve %5 kısmını oluşturmaktadır (Şekil 9). Özyazıcı ve ark. (2016) tarafından, Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeylerinin belirlendiği bir çalışmada, araştırma topraklarının P içerikleri incelendiğinde, Rize ili tarım toprakları hariç diğer illerde ve bölge genelinde oransal olarak yarıdan fazlasında (bölge geneli olarak %58.83'ünde) fosforun çok az ve az; Giresun ili sınırları içerisinde alınan toprak örneklerinin %67.39'unun çok az ve az; Rize ili tarım alanlarında ise toprak örneklerinin %59.75'inin yüksek ve çok yüksek düzeyde olduğu bildirilmiştir.



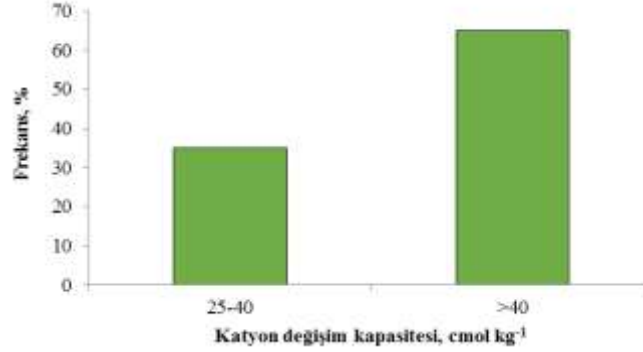
Şekil 9. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda fosfor miktarının dağılımı (n=40)



Şekil 10. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda potasyum miktarı dağılımı (n=40)

Şekil 10'dan görüldüğü gibi; soya fasülyesi yetiştirilen araştırma topraklarının %2.5'inde potasyum miktarı çok düşük (<0.2 cmol kg⁻¹), %5'inde düşük (0.2-0.3 cmol kg⁻¹), %67.5'inde orta (0.3-0.7 cmol kg⁻¹), %25'inde

ise yüksek (0.7-2.0 cmol kg⁻¹) olarak saptanmıştır. Genel olarak araştırma topraklarında potasyum kapsamı orta düzeydedir. Bursa yöresi rendzina büyük toprak grubu topraklarının bazı özellikleri ve besin maddesi içeriklerinin belirlendiği bir çalışmada, toprakların değişebilir potasyum içeriklerinin 0.30 cmol kg⁻¹ ile 1.20 cmol kg⁻¹ arasında olduğu, toprakların %80.8'inin iyi, yüksek ve çok yüksek düzeylerde değişebilir potasyum kapsadığı saptanmıştır (Tümsavaş ve Aksoy, 2008).



Şekil 11. Soya bitkisi yetiştirilen topraklarda kasyon değişim kapasitesi değerleri dağılımı (n=40)

Soya fasülyesi yetiştirilen çalışma alanı topraklarında ortalama KDK değeri 52.47 cmol kg⁻¹'dir (Çizelge 3). Yüksek (25-40 cmol kg⁻¹), çok yüksek (>40 cmol kg⁻¹) düzeyde KDK miktarları, alanın sırasıyla %35 ve %65'ini oluşturmaktadır (Şekil 11). Genel olarak, araştırma topraklarında KDK miktarı çok yüksektir. Taban ve ark. (2004), Taşköprü Yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerini belirledikleri bir çalışmada; toprakların kasyon değişim kapasitesinin 15.61-31.51 cmol kg⁻¹ arasında değiştiğini, toprakların %85'inde kasyon değişim kapasitesinin 25 cmol kg⁻¹'den büyük, %15'inde ise 15-25 cmol kg⁻¹ arasında olduğunu bildirmişlerdir.

Sonuç

Çarşamba Ovası'nda çiftçiler tarafından soya bitkisi yetiştirilen tarım topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri belirlenerek, toprakların verimlilik durumları incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; soya bitkisi yetiştirilen tarım arazileri çoğunluğu killi ve killi tınlı bünyeye sahiptir. Toprakların hacim ağırlığı değerleri 0.96-1.50 gr cm⁻³ aralığında değişmektedir. Soya yetiştirilen toprakların %55'inde tarla kapasitesi %30 ile %40 arasında belirlenmiştir. Toprakların solma noktası ve bitkiye yararlı su miktarının ortalama değerleri sırasıyla %20.82; %16.71 olarak saptanmıştır. Dolayısıyla, toprakların bünyesi, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi gibi fiziksel özellikleri, genel olarak araştırma topraklarından yüksek soya verim elde edilmesini sınırlandıran faktörler olarak görülmektedir. Toprakların %92.5'inin hafif alkali reaksiyonlu, tuzluluk probleminin olmadığı, büyük bir kısmının az kireçli olduğu; organik madde miktarının %67.5'inin az ve orta, %32.5'inin ise iyi ve yüksek düzeyde olduğu belirlenmiştir. Azot miktarı araştırma topraklarının %52.5'inde düşük, %42.5'inde ise orta seviyededir. Toprakların organik madde ve azot içeriklerinin genel olarak düşük olmasından dolayı, topraklara organik ve azotlu gübrelerin verilmesi faydalı olacaktır. Toprakların büyük kısmı fosfor bakımından zengin olmadığından fosforlu gübrelemeye ihtiyaç duyulmaktadır. Araştırma topraklarının %67.5'inde potasyum kapsamı orta, %25'inde yüksek; kasyon değişim kapasitesi ise %35'inde yüksek, %65'inde çok yüksek olmaktadır. Topraklarının %65'inde demir yüksek, %92.5'inde bakır çok yüksek, %85'inde mangan düşük, %90'ında ise çinko çok düşük düzeyde saptanmıştır. Ayrıca araştırma topraklarının çoğunluğunda görülen mangan noksanlığı, ovada tarımsal üretimi sınırlayıcı bir faktör olarak ortaya çıkabilir. Toprakların büyük çoğunluğunun (% 90'ı) düşük düzeyde çinko içermesi soya bitkisinde çinko noksanlığı belirtilerinin ortaya çıkması olasılığını yükseltmekte, dolayısıyla çinko gübrelemesinin yapılması gereklidir. Bu araştırma sonuçları ova topraklarında yetiştirilen soya bitkisinin besin elementi durumunu tam olarak ortaya koyamayacağından, bitkilerin en yüksek verim düzeyine uygun besin elementi isteklerinin detaylı olarak araştırılması, hem toprakta hem de bitkide besin elementleri içeriklerinin belirlenmesi ve besin elementleri noksanlığının giderilmesi için uygun tarımsal işlemlerin ve gübreleme programlarının yapılması gerekmektedir.

Kaynaklar

Adams TC, Brye KR, Purcell LC, Ross J, Gbur EE, Savin MC, 2017. Soil property predictors of soybean yield using yield contest sites. *Journal of Crop Improvement*, 31(6): 816-829.

- Adiloğlu A, Adiloğlu S, 2004. An investigation on nutritional problems of hazelnut (*Corylus avellana*) grown in acid soils of Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(8): 1433-1437.
- Akgül M, Başayığıt L, 2005. Süleyman Demirel Üniversitesi çiftlik arazisinin detaylı toprak etüdü ve haritalanması. *Süleyman Demirel University Journal of Natural and Applied Sciences*, 9: 54-63.
- 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).
- Arıoğlu H, 2000. Yağ Bitkileri Yetiştirme Ve Islahı. Ders Kitapları Yayın No:A-70C. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Adana, Genel yayın No:220.
- Arshad MA, Lowery B, Grossman B, 1996. Physical Tests for Monitoring Soil Quality. In: Doran JW, Jones AJ (Editors). *Methods for Assessing Soil Quality*, Soil Science Society of America Special Publication. Soil Science Society of America, Madison Wisconsin USA, 49: 123-142.
- 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, Samsun.51s.
- Aulakh MS, Pasricha NS, Bahl GS, 2003. Phosphorus fertilizer response in an irrigated soybean-wheat production system on a subtropical, semiarid soil. *Field Crops Research*, 80: 99-109.
- Başar H, 2001. Bursa ili topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2): 69-83.
- Bayraklı F, 1987. Toprak ve Bitki Analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, No:17, Samsun.
- Black CA, 1965. *Methods of Soil Analysis Part I-Physical and Mineralogical Methods*. Soil Science Society of America, USA, No: 9.
- Brye KR, Cordell ML, Longe DE, Gbur EE, 2007. Residue management practice effects on soil surface properties in a young wheat-soybean double-crop system. *Journal of Sustainable Agriculture*, 29(2): 121-150.
- 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.
- Dam RF, Mehdi BB, Burgess MSE, Madramootoo CA, Mehuys GR, Callum IR, 2005. Soil bulk density and crop yield under eleven consecutive years of corn with different tillage and residue practices in a sandy loam soil in central Canada. *Soil & Tillage Research*, 84: 41-53.
- 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.
- 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.
- Fageria NK, Moreira A, Moraes LAC, Moraes MF, 2014. Influence of lime and gypsum on yield and yield components of soybean and changes in soil chemical properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 45(3): 271-283.
- Gavili E, Moosavi AA, Zahedifar M, 2019. Integrated effects of cattle manure-derived biochar and soil moisture conditions on soil chemical characteristics and soybean yield. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65(12): 1758-1774.
- 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, 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.
- Gürbüz MG, Kayalı E, Bahar E, Öz TA, Kurşun İ, 2019. Trakya topraklarının veri tabanının oluşturulması ve bazı toprak özellikleri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(1) 28-36.
- Ham GE, Caldwell AC, 1978. Fertilizer placement effects on soybean seed yield n fixation and uptake. *Agronomy Journal*, 70: 779-783.
- Hansen NC, Jolley VD, Naeve SL, Goos RJ, 2004. Iron deficiency of soybean in the North Central U.S. and associated soil Properties. *Soil Science and Plant Nutrition*, 50(7): 983-987.
- Harasim E, Gawęda D, Wesolowski M, Kwiatkowski C, Goco M, 2016. Cover cropping influences physico-chemical soil properties under direct drilling soybean. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Soil and Plant Science*, 66(1): 85-97.
- Hardy RWF, Havelka UD, Heytler PG, 1980. Nitrogen input with emphasis on n₂ fixation in soybeans (Corbin FT, Editör). World Soybean Research Conference II: Proceedings, Westview Press, Colorado, USA, pp.57-72.

- Homer, A. D., Özçelik, H., Üstün, A., 2000. Karadeniz bölgesi soya ıslahı çalışmaları. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. 1999 yılı teklif, gelişme ve sonuç raporları, Samsun, s. 22-30.
- Hossain MF, Chen W, Zhang Yu, 2015. Bulk density of mineral and organic soils in the Canada's arctic and sub-arctic. *Information Processing in Agriculture*, 2: 183-190.
- Hu W, Shao MA, Si BC, 2012. Seasonal changes in surface bulk density and saturated hydraulic conductivity of natural landscapes. *European Journal Of Soil Science*, 63: 820-830.
- İşler N, 1992. GAP Bölgesinde soya yetiştiriciliğinde olabilecek sorunlar ve çözüm yolları. Güney Doğu Anadolu Bölgesinde İkinci Ürün Tarımı ve Sorunları Sempozyumu. 26-28 Ekim, 1992.
- İşler E, Coşkan A, 2009. Farklı bakteri (bradyrhizobium japonicum) aşılama yöntemlerinin soyada azot fiksasyonu ve tane verimine etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(4): 324-331.
- Jackson ML, 1962. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall. Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 219-221.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III, Toprak Analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No: 3, Ankara.
- 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. *Journal of Anadolu*, 21(2): 59-66.
- Kars N, Ekberli İ, 2019a. Çarşamba Ovası'nda işlenen tarım alanlarının bazı fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 34: 210-219.
- Kars N, Ekberli İ, 2019b. Çarşamba Ovasının buğday bitkisi altındaki topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 18-28.
- Kırmızı S, Tüfekçi S, 1993. Bitlis Bölgesi tarım topraklarının potasyum durumu ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1-2): 187-203.
- Kitou M, Yoshida S, 1994. Mulching effect of plant residues on soybean growth and soil chemical properties. *Soil Science and Plant Nutrition*, 40(2): 211-220.
- Korukçu A, Evsahipoğlu AM, 1981. Soya ve sulanması. Tarım ve Mühendislik Dergisi. Türkiye Ziraat Odaları Birliği, Zirrat Mühendisliği Odası Yayınları, Ankara, 6: 23-26.
- Lindsay L, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal*, 42(3): 421-428.
- 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.
- Moreira A, Moraes LA, Furlan T, Heinrichs R, 2016. Effect of glyphosate and zinc application on yield, soil fertility, yield components, and nutritional status of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(8): 1033-1047.
- Moreira A, Moraes LAC, Moretti LG, 2017. Yield, yield components, soil chemical properties, plant physiology, and phosphorus use efficiency in soybean genotypes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(20): 2464-2476.
- Moreira A, Moraes LAC, Aquino GS, 2018. Iron and manganese effect on soil chemical properties, yield components, and nutritional status of soybean. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 49(15): 1844-1854.
- Ngakou A, Megueni C, Makalao, MM, Nwaga D, Taine J, Ndjouenkeu R, 2008. Changes in the physico-chemical properties of soil and harvested soybean seeds in response to soil solarization and bradyrhizobial inoculation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 54(2): 189-202.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture, Circular No: 939.
- 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)
- Özyazıcı MA, Aydoğan M, Bayraklı B, Dengiz O, 2013. Doğu Karadeniz bölgesi kırmızı-sarı podzolik toprakların temel karakteristik özellikleri ve verimlilik durumu. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 28(1): 24-32.
- Özyazıcı MA, Dengiz O, Aydoğan M, Bayraklı B, Kesim E, Urla Ö, Yıldız H, Ünal E, 2016. Orta ve Doğu Karadeniz bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1): 136-148.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, pp. 105-106.
- Sağlam MT, 1997. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 189.
- Sancan M, Karaca S, 2017. Van- Erciş ilçesi Bayramlı köyü bağ alanlarının bazı toprak özelliklerinin belirlenmesi ve coğrafi bilgi sistemleri ile haritalanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (2): 55-62.
- Sato T, Kaneta Y, Furuta N, Kobayashi H, Shindo H, Ota T, Sato A, 2003. Effect of soil physical properties on soybean nodulation and N₂ fixation at the early growth stage in heavy soil field in Hachirougata Polder, Japan. *Soil Science and Plant Nutrition*, 49(5): 695-702.
- Sindir TR, Dewit D, 1975. Phostosynthate and n requirements for seed production by various. *Crops Science*, 189: 565-567.
- Taban S, Çıkılı Y, Kebeci F, Taban N, Sezer SM, 2004. Taşköprü yöresinde sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(3): 297-304.

- Temperly RJ, Borges R, 2006. Tillage and crop rotation impact on soybean grain yield and composition. *Agronomy Journal*, 98: 999-1004.
- Turan M, Dengiz O, 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, 2008. Bursa yöresi rendzina büyük toprak grubu topraklarının bazı özellikleri ve besin maddesi içerikleri. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2(1): 95-106.
- Tümsavaş Z, Aksoy E, 2009. Kahverengi orman büyük toprak grubu topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23(1): 93-104.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture. Handbook No:60, United States Department of Agriculture, Washington DC, USA. 160p.
- Verkler TL, Brye KR, Popp JH, Gbur EE, Chen P, Amuri N, 2009. Soil properties, soybean response, and economic return as affected by residue and water management practices. *Journal of Sustainable Agriculture*, 33(7): 716-744.
- Virk HK, Singh G, Sharma P, 2017. Effect of tillage, crop residues of preceding wheat crop and nitrogen levels on biological and chemical properties of soil in the soybean-wheat cropping system. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(15): 1764-1771,
- 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.
- 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.



Çorlu deresi ve yakın çevresi (Çerkezköy-Çorlu hattı) topraklarının ağır metal kirliliğinin değerlendirilmesi

Zafer Varol¹, Duygu Boyraz Erdem^{2,*}

¹ Lotus Analiz Gıda Laboratuvar Hiz. A. Ş. Avcılar, İstanbul

² Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Tekirdağ

Özet

Bu çalışmada, Ergene Havzası drenaj ağ sisteminin önemli bir kolu olan Çorlu Deresi hattı boyunca su örnekleri için 15 örnek noktası ve toprak örnekleri için 20 örnek noktası belirlenmiş ve her örnek noktasından 3 örnek alınarak bazı fizikokimyasal ve ağır metal analizleri yapılmıştır. Su örnekleri analiz sonuçlarından Na⁺ (mg/l) değerine göre sulama suyu kalitesi IV. sınıf olarak belirlenmiştir. Ayrıca, 6 örnek noktasının sulama suyu sınıfı C3-S1 olarak sınıflandırılmıştır. Ağır metal analiz sonuçları açısından değerlendirildiğinde ise; Zn, Cu, Cr, As, Cd, Pb, Ni sonuçları sırası ile 65.7-198.8; 0.6-203.8; 6.5-69.4; 1.2-22.3; 0.1-0.3; 0.3-8.4; 9.3-57 µg/l aralıklarında ölçülmüş olup herhangi bir sorun gözlenmemiştir. Fe ve Mn elementlerinin analiz sonuçlarına ilişkin değerler sırayla; 587-8969.7 ve 120.5-329.7 µg/l aralıklarında belirlenmiş olup, Fe elementinde 2 örnekleme noktalarında sınır değerlerini aştığı gözlenmiştir. Ayrıca, toprak örneklerinin ağır metal analiz sonuçları incelendiğinde Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, Sn, Co ve As değerleri sırasıyla 3-20; 7-53; 14.8- 24.4; 0-0.1; 4.1-28.8; 9-200.9; 0.1-0.3; 0.3-2.5; 1.8-8.1; 0.7-3 mg/kg arasında değişmiştir. Bu sonuçların, Çevre ve Orman Bakanlığı Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre yapılan değerlendirmede izin verilen sınır değerlerinin altında olduğu tespit edilmiştir. Ba elementi analiz sonuçları ise 135.5- 389.7 mg/kg olarak ölçülmüş ve izin verilen sınır değerlerinin üstünde sonuç verdiği görülmeye karşın, fizikokimyasal analiz sonuçlarına göre ise yapılan değerlendirmede ciddi bir sorun belirlenmemiştir. Araştırma sonuçlarına göre; Ergene havzasının iyi nitelikli ve verimli topraklarının ve bu havzayı besleyen su kaynaklarının çevre kirliliğine maruz kalmaması için Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği' ne uygun hareket edilmesi gerekmektedir. Ayrıca ıslah çalışmalarının aksamadan devam edilmesi ve gerekli kontrollerin yapılması için özen gösterilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Çorlu Deresi, ağır metal, su kirliliği, toprak kirliliği.

Evaluation of heavy metal pollution of Çorlu stream and the near surrounding soils (Çerkezköy-Çorlu line)

Abstract

In this study, 15 points for water samples and 20 points for soil samples were determined along the Çorlu Stream, which is an important branch of the Ergene Basin drainage network system, and some physicochemical and heavy metal analyses were performed by taking 3 samples from each point. According to Na⁺ (mg/l) value from water samples analysis, irrigation water quality class was determined as IV. class. In addition, irrigation water class of 6 sample points is classified as C3-S1 class. When evaluated in terms of heavy metal analysis results; Zn, Cu, Cr, As, Cd, Pb, Ni results as range of 65.7-198.8; 0.6-203.8; 6.5-69.4; 1.2-22.3; 0.1-0.3; 0.3-8.4; 9.3-57 µg/l was measured and no problems were observed in the evaluation. The analysis results of Fe and Mn elements was determined in the ranges of 587-8969.7 and 120.5-329.7 µg / l and it was observed that the Fe element exceeded the limit values at 2 points. According to heavy metal analysis results, Cu, Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Hg, Sn, Co and As values ranged from 3-20; 7-53; 14.8- 24.4; 0 to 0.1; 4.1 to 28.8; 9 to 200.9; 0.1-0.3; 0.3-2.5; 1.8-8.10.7-3 mg/kg, respectively. It has been determined that these results are below the permitted limit values according to the Regulation on Soil Pollution Control of the Ministry of Environment and Forestry. Ba element analysis results were measured as 135.5- 389.7 mg/kg and although it was seen to give results above the permitted limit values, no serious problem was determined according to the results of physicochemical analysis. According to the research results; It is necessary to act in accordance with the Water Pollution Control Regulation and the Soil Pollution Control Regulation of Ministry of Environment and Forestry in order to prevent the well-qualified and fertile soils of the Ergene basin and the water resources feeding this basin from being exposed to environmental pollution. In addition, breeding activities should be taken to continue the improvement works without delay and to make the necessary controls.

Keywords: Çorlu stream, heavy metal, water pollution, soil pollution.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 530 9314547

E-posta : dboyraz@nku.edu.tr

Geliş Tarihi : 04 Nisan 2020

Kabul Tarihi : 16 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.756996](https://doi.org/10.33409/tbbbd.756996)

Giriş

Son yıllarda hızla artan ve büyük problemler oluşturan su kaynaklarının ve toprakların ağır metal açısından kirlenmesi istenilen boyutta incelenmemiştir. Çağımızda doğayı, ekosistemi, insan ve hayvan sağlığını tehdit eden en önemli tehlikelerin başında çevre kirliliği gelmektedir. Dünya nüfusunun hızla artması, hızla gelişen endüstrilerin ve daha medeni yaşama düzeyi sağlama amacı ile gösterilen çabaların istenmeyen sonucu olarak çevre kirliliği ortaya çıkmakta ve günümüzde de giderek artan boyutlarda önemini korumaktadır (Baş ve ark., 1992).

Ülkemizin en büyük sanayi merkezleri olan İstanbul ve Kocaeli illerinde yer kalmaması ve bu bölgelerin yükü kaldıramaması sebebiyle 1973 yılında alınan karar ile Çorlu-Çerkezköy'de yeni Organize Sanayi Bölgesi'nin (OSB) kurulmasına başlanmıştır. Fakat bu OSB'deki sanayi kuruluşları işletme sularını yakın zamana kadar Ergene Nehri'nin bir kolu olan Çorlu Deresi'ne bırakmışlardır.

Çorlu Deresinin, Çerkezköy ve Marmaracık arasında bulunan kısım kirlenmenin en çok görüldüğü bölgelerdir. Bu nedenle özellikle bu bölgede sulama suyu ve toprakta oluşan ağır metal kirlenmesinin incelenmesine gerek duyulmaktadır. Ergene Havzasında yapılmış olan birçok araştırma da ağır metal kirliliğin boyutları ortaya konulmuştur.

Güneş ve ark (2001) tarafından Ergene Nehri'ni oluşturan en önemli kollardan biri olan Çorlu Deresi üzerinde seçilen 8 örnekleme noktasından su örnekleri alınmış ve Zn, Pb, Fe ve Cu analizleri yapılmıştır. Araştırmacılar söz konusu bu elementlere ilişkin değerleri sırayla; 0.169-0.349; 0.096- 0.352; 0.896-3.68 ve 0.244-1.63 mg/l arasında belirlemişlerdir. Bu araştırma sonucunda Çorlu Deresi suyunda önemli ölçüde Pb ve Fe kirliliğinin olduğunu ortaya çıkarmıştır.

Kocaman ve ark (2011) Ergene Nehri'nden yaptıkları başka bir çalışmaya göre sulama suyu açısından uygun olmayan sular ile yapılan sulamadan dolayı kaliteli toprakların kirlendiği, bu şekilde devam edilirse çok kısa sürede Ergene Nehri kenarındaki tarım arazilerinin çölleşeceğini belirlemiştir. Bu durum hem ekolojik hem de bölge halkında ekonomik ve sosyolojik sorunları ortaya çıkarmıştır.

Ergene havzasında belirlenen 17 kuyudan alınan yeraltı sularında aylık periyotlar ile Fe, Zn, Mn, Cr, Cd, Pb analizleri yapılmış ve kirlilik durumu ortaya çıkarılmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda inceleme alanının Çorlu- Vakıflar (GB) kesiminde yeraltı sularındaki Cr, Cd ve Pb konsantrasyonlarının yıllık ortalamalarının sırasıyla 0.65 mg/l- 0.04 mg/l ve 0.23 mg/l olduğu ve bu değerlerin WHO, EPA ve TSE nin sınır değerlerini aştığı görülmüştür. Bu ağır metallerin değerlerdeki artışın muhtemel nedeni olarak çalışma alanında yer alan deri, tekstil ve diğer sanayi kuruluşlarının ağır metal içerikli işletme sularının akifere karışması olarak gösterilmektedir (Arkoç, 2012).

Ergene Nehri Uzunköprü istasyonunda alınan su örneklerinde ağır metal kirliliği incelenmiş, Cd konsantrasyonu bakımından ise III. sınıf, Pb ve Cu konsantrasyonu bakımından ise IV. sınıf bir sulama suyu olduğu belirlenmiştir. Ergene nehrindeki bu denli yüksek ağır metal kirliliğinin sebebi olarak Çorlu ve Çerkezköy bölgesinde yoğunlaşan organize sanayi bölgelerinin artması, evsel ve endüstriyel atık suların hiçbir ön arıtmaya tabi tutulmadan Ergene Nehri'ne boşaltılması gösterilmiştir (Anonim, 2003).

Meriç Nehri'nde yapılan bir araştırmaya göre, nehirde önemli miktarlarda ağır metaller tespit edilmiştir. Meriç Nehrinin Kapıkule istasyonundan alınan su numunelerinde Pb ve Cu'nun değerlerinin izin verilebilir sınır değerlerin çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bu araştırma sonucunda Meriç Nehri'nin su kalite sınıfı Pb ve Cu açısından IV. sınıf olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2003).

Eyüpoğlu ve ark. (1996), tarafından Türkiye'nin değişik bölgelerinden toplam 1511 toprak örneği alınmış ve araştırmalar yapılmıştır. Bu araştırma sonuçlarına göre Türkiye topraklarının yaklaşık % 27'sinde yarıyıllık Fe miktarı orta düzeyde ve % 73'ünde ise yüksek düzeylerde olduğu tespit edilmiştir.

Cvetkovic ve ark. (2006) yapmış oldukları araştırmada kadmiyumun az kirlenmiş topraklarda 0.2–0.6 mg/kg arasında olduğunu, aşırı kirlenmiş topraklarda ise 800 mg/kg'a kadar ulaşılabildiğini tespit etmişlerdir.

İnsanlar için günlük krom alım miktarı 30–200 µg'dır. Bu oranda alınan krom miktarı toksik etki göstermez. Cr vücutta insülin hareketini sağlayarak karbonhidrat, su ve protein metabolizmasını etkilemektedir. Kirlenmemiş suda ortalama Cr değeri 1 µg/l olarak bulunur. Bir çok toprakta az miktarda krom (2–60 mg/kg) bulunurken, bazı topraklarda bu değer 4 g/kg kadar çıkmaktadır (Mertz, 1987).

Gerendas ve ark. (1999) yapmış oldukları bir araştırmada toprakta bulunan nikelin ekstrakte edilebilir değerini 10 mg/kg olarak tespit etmişlerdir.

Bu çalışma ile OSB'nin, küçük sanayi kuruluşlarının bıraktığı atıkların ve diğer ağır metal kaynaklarının Çorlu Deresi'nde ve bölge toprağında meydana getirdiği ağır metal kirlenmesinin boyutunu ve yapılan ıslah

çalışmalarının ne kadar başarılı olduğunun ortaya konması amaçlanmıştır. Elde edilen veriler değerlendirilerek ağır metal kirliliğinin insan ve çevre üzerine olan olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla yapılacak çalışmalara kaynak oluşturması sağlanmış olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Örneklerin Alındığı Bölgenin Coğrafi Konumu

Çorlu Deresi Çerkezköy'ün doğusunda bulunan Istanra Dağlarından doğmaktadır. Paşa Deresini de içine alarak kuzeydoğu-güneybatı yönünde akmaktadır. Çorlu Deresi Çorlu İlçe merkezinin 5 km kuzeyinden geçtikten sonra, Marmaracık ve Kütüklü Derelerini içine almaktadır. Muratlı İlçesinin kuzeyinde Ergene Nehri'ne karışmaktadır. Sanayinin yoğun olduğu Çerkezköy'de 200'den fazla fabrikanın %65'ini oluşturan tekstil fabrikalarının boya atıkları Kayak Dereye, oradan da Çorlu Deresi ile birleşerek Ergene Nehrine ulaşmaktadır. Ergene Nehri ise İpsala yakınlarında Meriç Nehri ile birleşerek Saroz körfezinden Ege Denizine akmaktadır (Tan 2006).

Çorlu Deresi, Çerkezköy'ün doğusundan doğarak Boyacıtağı, Lefka ve Paşa Deresi ile birleşip Çerkezköy'e ulaşmaktadır. Çorlu'nun kuzeyinden geçtikten sonra Marmaracık ve Kütüklü Derelerini içerisine almakta ve Muratlı'nın kuzeyinden Ergene'ye karışmaktadır. Su toplama havzası 1.319 km², uzunluğu 62 km'dir (www.cerkezkoy.bel.tr (erişim tarihi, 10.07.2014)).

Materyal

Çorlu Deresinin Çerkezköy-Çorlu istikametinden geçmekte olan yaklaşık 34.5 km'lik hat üzerinden su örnekleri için 15 örnek noktası, toprak örnekleri için 20 örnek noktası belirlenmiştir. Her bir örnek noktasından su ve toprak örneklerinden 3 adet örnek olmak üzere toplam 45 adet su örneği ve 60 adet toprak örneği alınarak analiz edilmiştir.

Örneklerin alınmasına Çerkezköy-Çorlu istikametine göre başlanmıştır. Alınan örneklerin ilk 6 örnek noktası Çerkezköy, geriye kalan 9 örnek noktası ise Çorlu sınırları içinde yer almaktadır. Bu örnek noktalarının belirlenmesinde özellikle sanayi kuruluşlarının yoğun bulunduğu yerlerin seçilmesine özen gösterilmeye çalışılmıştır. Böylece analiz sonuçlarındaki değişim gözlemlenerek sanayi kuruluşlarının etkisi net bir şekilde ortaya konmuştur. Su ve toprak örneklerinin alındığı noktaların koordinatları GPS yardımıyla belirlenmiş ve Google Earth görüntüsüne işaretlenerek Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Su ve toprak örneklerinin toplandığı noktaların Google Earth görüntüsü

Metot

Alınan toprak örneklerinde; toprak reaksiyonu, 1:2.5 toprak-su süspansiyonunda pH metre ile ölçülmüştür (Sağlam 2008). Kireç analizi, Scheibler Kalsimetresi ile Anonim (1996a) yöntemine göre, tuz Anonim (1996b), ağır metal analizleri, Anonim (2004a) (ICP MS) standardına göre belirlenmiştir. Tekstür tayini, Bouyoucos (1951) hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

Su örneklerinde pH analizi, [Anonim \(2013\)](#) standardına göre, EC analizi, [Anonim \(1996c\)](#) standardına göre, $\text{CO}_3\text{-HCO}_3$ analizi, H_2SO_4 ile titrasyon yöntemiyle ([Sağlam, 2008](#)), SAR analizi, [Anonim \(2009\)](#) standardına göre, ESP, SAR değerinden yararlanılarak hesaplanmıştır ([Richards,1954](#)). Sulama suyu sınıflandırması, [Anonim \(2009\)](#) standardına göre yapılmıştır. Su örneklerinde RSC, ($\text{CO}_3^{2-}+\text{HCO}_3^{-1}$) den ($\text{Ca}^{+2}+\text{Mg}^{+2}$) iyonları farkından hesaplanmıştır ([Eaton, 1950](#)).

Su ve toprak örnekleri arasındaki korelasyon ise [Yurtsever \(1984\)](#) 'de verilen esaslara göre IBM SPSS Statistics 23 paket programı ile yapılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Su Örneklerinin Sulama Suyu Kriterleri Açısından Değerlendirilmesi

Çorlu Deresinden alınan su örneklerinin değerlendirilmesinde Çizelge 1'de verilen sulama suyu sınır değerleri kullanılmıştır ([Anonim, 2004b](#)). Çorlu Deresinin 15 farklı noktasından alınan su örneklerinin sonuçları ise Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Sulama suyu sınıflandırılmasında esas alınan sulama suyu kriterleri ([Anonim, 2004b](#)).

Kalite kriterleri	SULAMA SUYU SINIFI				
	I. Sınıf	II. Sınıf	III. Sınıf	IV. Sınıf	V. Sınıf
$\text{EC}_{25}\times 10^6$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	> 3000
pH	6.5-8.5	6.5-8.5	6.5-8.5	6-9	<6, >9
Değişebilir Sodyum Yüzdesi (% Na)	< 20	20-40	40-60	60-80	> 80
Sodyum (mg Na^+ /l)	125	125	250	> 250	> 250
Sodyum Adsorbsiyon oranı (SAR)	< 10	10-18	18-26	> 26	
Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) me/l	<1.25	1.25-2.5	>2.5		
Sulama suyu sınıfı	C_1S_1	$\text{C}_1\text{S}_2,$ $\text{C}_2\text{S}_2,$ C_2S_1	$\text{C}_1\text{S}_3,\text{C}_2\text{S}_3,$ $\text{C}_3\text{S}_3,\text{C}_3\text{S}_2,$ C_3S_1	$\text{C}_1\text{S}_4,\text{C}_3\text{S}_4,$ $\text{C}_4\text{S}_3, \text{C}_4\text{S}_1$	$\text{C}_2\text{S}_4,$ $\text{C}_4\text{S}_4,$ $\text{C}_4\text{S}_2,$

Çizelge 2. Sulama suyu sınıflandırılmasında esas alınan bazı sulama suyu analiz sonuçları

*1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1.	7.7	161	55	2.4	4.0	0.2	36	0.0	3.0	< 0.0	1.2	1.7	C1-S1
2.	7.3	147	52	2.2	3.9	0.2	35	0.0	4.1	0.2	1.1	1.6	C1-S1
3.	7.1	736	384	16.7	19.6	0.2	46	0.0	4.5	< 0.0	6.1	5.3	C2-S1
4.	7.1	320	133	5.8	8.9	0.2	39	0.0	5.5	< 0.0	2.6	2.7	C2-S1
5.	7.3	787	532	23.7	26.4	0.4	47	0.8	9.4	< 0.0	7.6	6.5	C3-S1
6.	7.7	800	530	22.8	25.6	0.4	47	0.8	10.1	< 0.0	7.4	6.4	C3-S1
7.	7.5	944	499	21.1	23.7	0.4	47	0.8	9.2	< 0.0	7.1	6.1	C3-S1
8.	7.8	802	481	21.2	24.0	0.4	46	1.6	8.4	< 0.0	7.1	6.1	C3-S1
9.	7.6	801	499	21.5	24.8	0.5	46	1.6	8.2	< 0.0	7.0	6.1	C3-S1
10.	7.8	772	487	19.2	22.4	0.5	46	1.9	7.9	< 0.0	6.6	5.7	C3-S1
11.	7.9	701	366	16.7	18.9	0.3	47	1.6	8.4	< 0.0	6.2	5.4	C2-S1
12.	7.9	686	400	17.1	20.0	0.3	46	1.6	8.9	< 0.0	6.2	5.4	C2-S1
13.	7.8	648	369	15.8	18.2	0.3	46	1.6	8.6	< 0.0	6.0	5.2	C2-S1
14.	7.8	715	370	15.8	18.4	0.3	46	1.6	9.1	< 0.0	5.9	5.2	C2-S1
15.	7.9	658	359	15.5	17.9	0.3	46	1.6	8.6	< 0.0	5.9	5.2	C2-S1
Mak.	7.9	944	532	23.7	26.4	0.5	47	1.9	10.1	0.2	7.6	6.5	
Min.	7.1	147	52	2.2	3.9	0.2	35	0	3	< 0.0	1.1	1.6	
Ort.	7.6	645.2	367.7	15.8	18.4	0.3	44.4	1.0	7.6	0.2	5.6	5.0	

*1) İstasyonlar; 2) pH; 3) EC ($\mu\text{mhos.cm}^{-1}$); 4) Na (mg/l); 5) Na^+ (me/l); 6) $\text{Ca}^{2+}+\text{Mg}^{2+}$ (me/l); 7) K^+ (me/l); 8) Na^+ (%); 9) CO_3^{2-} (me/l); 10) HCO_3^- (me/l); 11) RSC (me/l); 12) ESP; 13) SAR; 14) Sulama suyu sınıfı

Çizelge 2'de verilen su örnekleri analiz sonuçları değerlendirildiğinde: Çizelge 1'de verilen Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliğine göre pH, EC, % Na^+ , $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$, K^+ , CO_3^{2-} , HCO_3^- , RSC, ESP ve SAR değerlerinde sulama suyu kullanımı açısından herhangi bir sorun olmadığı belirlenmiştir. Fakat Na^+ (mg/l) açısından örneklerin 52 mg/l ile 532 mg/l arasında değiştiği, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 nolu örneklerin IV. sınıf su olduğu belirlenmiştir. Na^+ açısından en düşük değer (52 mg/l) olan 2 nolu örnek ile en yüksek değer olan (532 mg/l) 5 nolu örnek arasında yaklaşık olarak 10 katı kadar arttığı ve bu durumun çok sıkıntılı sonuçlar oluşturacağı görülmektedir. DSİ XI. Bölge Müdürlüğü'nün 1965-1990 yılları arasında Lüleburgaz İstasyonunda ölçülen aylık toplam akımlar ve ortalama değerler verilerine göre de artış gösterdiği belirlenmiştir ([Anonim, 2010b](#)).

Sulama suyu sınıfı olarak sanayi bölgesinin nispeten az olduğu 1 ve 2 nolu örnek noktasında C1-S1, 3 ve 4 nolu örnek noktasında C2-S1 olduğu, daha sonra sanayileşmenin artması ile sulama sınıfının 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu örnek noktalarının C3-S1, daha sonra 11 nolu örnek noktasından sonra sanayi bölgelerinden uzaklaştıkça tekrar C2-S1 sınıfında olduğu belirlenmiştir. Sulama suyu sınıfı olarak yapılan değerlendirmede genel olarak Çorlu Deresinde C3-S1 sınıfında III. sınıf su kategorisinde olduğu ve sulama suyu olarak kullanılırken dikkatli olunması gerektiği ortaya çıkmaktadır.

Su örneklerinin ağır metal içeriklerinin değerlendirilmesi

Su örneklerinde yapılan ağır metal analiz sonuçları Çizelge 3’de verilen “Sulama Sularında İzin Verilebilen Maksimum Ağır Metal ve Toksik Elementlerin Konsantrasyonlarının her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığı durumda sınır değerler” (Anonim, 2004b) ve Çizelge 4’de verilen “Kıta İçi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriteri” (Anonim, 2015)’ne göre değerlendirilmiştir. Çorlu Deresinden alınan su örneklerinin ağır metal (Fe, Mn, Zn, Ba, Cu, Cr, Ni, Co, As, Pb, Cd ve Hg) analiz sonuçları Çizelge 5’de verilmiştir.

Çizelge 3. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Anonim, 2004b).

Elementler	İzin Verilen Maksimum Konsantrasyonlar	
	Her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığı durumda sınır değerler (mg/kg)	pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında (mg/l)
Arsenik (As)	0,1	2
Kadmiyum (Cd)	0,01	0,05
Krom (Cr)	0,1	1
Kobalt (Co)	0,05	5
Bakır (Cu)	0,2	5
Demir (Fe)	5	20
Kurşun (Pb)	5	10
Manganez (Mn)	0,2	10
Nikel (Ni)	0,2	2
Çinko (Zn)	2	10

Çizelge 4. Kıta içi su kaynaklarının sınıflarına göre kalite kriteri (Anonim, 2015)

Su Kalite Parametreleri	Kıta içi Su Kaynaklarının Sınıflarına Göre Kalite Kriterleri			
	Su Kalite Sınıfları			
	I	II	III	IV
İnorganik kirlenme parametreleri ^a				
Arsenik (As) (µg/l)	≤ 20	50	100	> 100
Bakır (Cu) (µg/l)	≤ 20	50	200	> 200
Baryum (Ba) (µg/l)	≤ 1000	2000	2000	> 2000
Civa (Hg) (µg/l)	≤ 0,1	0,5	2	> 2
Çinko (Zn) (µg/l)	≤ 200	500	2000	> 2000
Demir (Fe) (µg/l)	≤ 300	1000	5000	> 5000
Kadmiyum (Cd) (µg/l)	≤ 2	5	7	> 7
Kobalt (Co) (µg/l)	≤ 10	20	200	> 200
Krom (toplam Cr) (µg/l)	≤ 20	50	200	> 200
Kurşun (Pb) (µg/l)	≤ 10	20	50	> 50
Mangan (Mn) (µg/l)	≤ 100	500	3000	> 3000
Nikel (Ni) (µg/l)	≤ 20	50	200	> 200

(a) Bu gruptaki kriterler parametreleri oluşturan kimyasal türlerin toplam konsantrasyonlarını vermektedir.

Su örneklerinin ağır metal içerikleri Çizelge 3’e göre değerlendirildiğinde Zn, Cu, Cr, As, Cd, Pb, Ni açısından herhangi bir sorun gözlenmemiştir. Su örneklerinin Fe analiz değerleri 587.0 µg/l ile 8969.7 µg/l arasında değiştiği ve ortalama sonucun 2769.0 µg/l olduğu belirlenmiştir. Çizelge 3’e göre yapılan değerlendirmede 9 ve 10 nolu örnek noktaları ortalama değerlerin her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığı durumda sınır değeri olan 5000 µg/l’nin üzerinde sonuç verdiği diğer istasyonlarda ise sorun olmadığı gözlenmiştir. Çizelge 4’de göre yapılan değerlendirme ise Fe içeriği açısından 1, 3, 4 nolu örneklerin II. sınıf su, 2, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 14 ve 15 nolu örneklerin III. sınıf su, 9 ve 10 örneklerin IV. sınıf su olduğu belirlenmiştir.

Çorlu Deresinden alınan su örneklerinin Mn analiz değerleri 120.5 µg/l ile 329.7 µg/l arasında değiştiği ortalama sonucun 195.9 µg/l olduğu görülmüştür. Çizelge 3’e göre değerlendirildiğinde 2, 5, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu örneklerde ortalama değerlerin her türlü zeminde sürekli sulama yapıldığı durumda sınır değeri olan

200 µg/l'nin üzerinde sonuç verdiği gözlenmiştir. Çizelge 4'e göre değerlendirildiğinde ise bütün örnek noktalarının Mn içeriği açısından II. sınıf su olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Su örneklerinin ağır metal içeriklerinin analiz sonuçları, (µg/l)

*1	Fe	Mn	Zn	Ba	Cu	Cr	Ni	Co	As	Pb	Cd	Hg
1.	587	124	83.8	43.2	17.7	6.5	9.3	0.6	1.2	0.5	0.1	0.2
2.	1062.1	217.7	65.7	37.1	18.4	12.8	10.7	1.2	2.1	1.1	0.2	0.1
3.	703.6	147.1	80.6	87.3	21.5	37.4	12.7	7.1	2	0.3	0.1	0.1
4.	972	199.9	121.9	53.4	30.2	29.1	24.4	2.5	2.2	1.5	0.1	0.1
5.	1854.2	231.5	122.3	95.7	46.5	15.1	13.1	3.3	5	2.1	0.1	< 0.0
6.	2941	255.5	188.7	120.6	125.7	32.6	18	4	5.4	3.8	0.2	< 0.0
7.	1938.4	219.2	171	83	121.6	16.7	24.1	3.4	5.5	2.8	0.3	< 0.0
8.	4615.6	245.5	194.4	117.5	64.8	28.6	36.5	5.9	13.4	3.4	0.1	< 0.0
9.	8969.7	329.7	198.8	203.8	78.2	49.9	57	11.2	22.3	8.4	0.2	< 0.0
10.	5795.4	260.1	157	171.7	66.9	43.1	41.4	7	18.9	7.1	0.1	< 0.0
11.	2220.6	139.8	75.1	56.4	34.2	26.7	23	3.1	10.6	2.2	0.2	< 0.0
12.	1585.3	144	106.8	58.5	17.5	27.9	28	3.1	15.7	1.8	0.1	< 0.0
13.	1733	132.9	80.5	58	0.6	36.1	32.2	3.1	13.3	2.1	0.3	< 0.0
14.	2786.1	120.5	96.6	133.8	14	55.2	36.4	3.1	9.8	1.9	0.1	< 0.0
15.	3770.8	171.8	71	101	2.7	69.4	46.6	4	11	2.5	0.1	< 0.0
Ort.	2769	195.9	120.9	94.7	44	32.5	27.6	4.2	9.2	2.8	0.2	< 0.0
Max.	8969.7	329.7	198.8	203.8	125.7	69.4	57	11.2	22.3	8.4	0.3	0.2
Min.	587	120.5	65.7	37.1	0.6	6.5	9.3	0.6	1.2	0.3	0.1	< 0.0

*1) Örnek numaraları

Su örnekleri Çizelge 4'e göre değerlendirildiğinde; Zn, Cd, Pb, Hg, Ba değerlerine göre tüm örnekler I. sınıf su niteliğindedir. Cu içeriği açısından 1, 2, 12, 13, 14, ve 15 nolu örnek noktalarında I. sınıf su, 3, 4, 5 ve 11 nolu örnekler II. sınıf su, 6, 7, 8, 9 ve 10 nolu örnekler III. sınıf su olduğu belirlenmiştir. Cr içeriği açısından 1, 2, 5 ve 7 nolu örnekler I. sınıf su, 3, 4, 6, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 nolu örnek noktaları II. sınıf su, 14 ve 15 nolu örnek noktaları III. sınıf su olduğu gözlenmiştir. Cr analiz sonucuna göre en fazla değer artışı diğer ağır metallerin aksine 15 nolu örnek noktasında gözlenmiştir. Ni değerlerine göre 1, 2, 3, 5 ve 6 nolu örnekler I. sınıf su, 4, 7, 8, 10, 11, 12, 13, 14 ve 15 nolu örnekler II. sınıf su, 9 nolu örnek ise III. sınıf su olduğu gözlenmiştir. En büyük değer belirlendiği 9.nolu örnek ile en düşük değer belirlendiği 1 nolu örnek arasında yaklaşık olarak 6 katı kadar artış belirlenmiştir. As içeriği 9 nolu örnek noktasında II. sınıf su, diğer noktalarda ise I. sınıf su olduğu gözlenmiştir. As açısından da en yüksek değer (22.3 µg/l) 9 nolu örnek noktasında olduğu ve en düşük değer belirlendiği 1 nolu örnek noktasının (1.2 µg/l) yaklaşık olarak 18.5 katı kadar yükseldiği belirlenmiştir. Co içeriği açısından 9 nolu örnek noktasının II. sınıf su, diğer noktaların ise I. sınıf su olduğu saptanmıştır.

Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Çorlu Deresi'nden alınan su örneklerinin dere yatağına yakın arazilerden toprak örnekleri de alınmıştır. Toprak örneklerinin özellikle dereye meydana gelen kirliliğin toprak üzerindeki etkisini belirlemek açısından su örneklerinin alındığı örnek noktalarına yakın noktalardan alınmasına dikkat edilmiştir. Toprak örnekleri alınırken, kirlilik parametresinin değişkenlik gösterebileceği, fabrikaların artış gösterdiği bölge özelliklerini yansıtacak 20 örnek noktası seçilmiş ve toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır. Bu analiz sonuçları Çizelge 6'da verilmiştir.

20 örnek noktasında alınan toprak örneklerinde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları incelendiğinde; pH 6.6-8.4 arasında olduğu ve 7 nolu örnek nötr, diğer örnekler ise hafif alkali pH sınıfındadır. 5, 9, 10, 12, 15 nolu toprak örnekleri orta tuzlu- tuzlu, 11, 13, 14 nolu örnekler ise çok tuzlu sınıfındadır. Toprak örneklerinin kireç içerikleri açısından yapılan değerlendirmesinde ise sonuçların %1.2-11.3 değeri arasında değiştiği tespit edilmiş olup örneklerin genelinde orta kireçli olduğu saptanmıştır. Toprakların tekstür dağılımları ise 1 nolu örnek kumlu kil tın, 2 nolu örnek kumlu kil tın, 3, 4, 5, 9, 10, 11, 12, 14, 16 ve 17 nolu topraklar kil tın, 6,13, 18, 19 ve 20 nolu topraklar kil tekstür sınıfındadır.

Çizelge 6. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

İstasyonlar	pH (1/2.5)	EC (mmhos.cm ⁻¹)	Kireç (%)	Tekstür (%)			Tekstür Sınıfı
				Kum	Silt	Kil	
1.	8.4	1.62	2.3	62.0	22.5	15.5	Kumlu Tın
2.	8.3	1.92	3.5	48.0	26.5	25.5	Kumlu Kil Tın
3.	8.0	0.02	11.3	35.5	33.5	31.0	Kil Tın
4.	8.1	4.60	4.9	29.0	34.5	36.5	Kil Tın
5.	7.9	8.99	2.3	44.5	26.0	29.5	Kil Tın
6.	8.2	1.52	2.0	26.5	32.5	41.0	Kil
7.	6.6	1.64	2.3	44.0	32.5	23.5	Tın
8.	7.7	2.62	2.0	45.0	31.0	24.0	Tın
9.	7.8	5.37	2.5	27.0	38.5	34.5	Kil Tın
10.	7.8	6.33	3.1	31.5	31.0	37.5	Kil Tın
11.	7.8	11.94	3.0	48.0	21.5	30.5	Kil Tın
12.	7.8	9.00	2.8	43.0	24.5	32.5	Kil Tın
13.	7.7	10.76	3.0	38.5	20.5	41.0	Kil
14.	7.7	9.57	2.0	38.5	31.0	30.5	Kil Tın
15.	7.7	7.10	1.8	51.0	25.5	23.5	Tın
16.	8.1	2.35	1.3	47.0	20.5	32.5	Kil Tın
17.	7.8	2.01	3.2	37.0	28.5	34.5	Kil Tın
18.	8.4	0.02	1.3	33.0	20.5	46.5	Kil
19.	8.3	0.01	1.2	26.5	31.0	42.5	Kil
20.	8.1	1.87	3.0	19.5	39.5	41.0	Kil
Ortalama	7.9	4.46	2.9				
Maksimum	8.4	11.94	11.3				
Minimum	6.6	0.01	1.2				

Toprakta ekstrakte edilebilir bazı metallerin içeriklerinin değerlendirilmesi

Toprakların ağır metal analiz sonuçları Çizelge 7’de verilen topraktaki ağır metal sınır değerlerine (Anonim 2005) ve Çizelge 8’de verilen Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerlerine (Anonim 2005) göre değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinde analizi yapılan ağır metal ve kirlenici metallerin analiz sonuçları Çizelge 9’da verilmiştir.

Çizelge 7. Topraktaki Ağır Metal Sınır Değerleri (Anonim 2005)

Ağır Metal (Toplam)	pH 5- 6		pH > 6	
	Fırın Kuru Toprak (mg/kg)		Fırın Kuru Toprak (mg/kg)	
Kurşun	50 **		300 **	
Kadmiyum	1 **		3 **	
Krom	100 **		100 **	
Bakır*	50 **		140 **	
Nikel*	30 **		75 **	
Çinko *	150 **		300 **	
Cıva	1 **		1,5 **	

*pH değeri 7’den büyük ise çevre ve insan sağlığına özellikle yeraltı suyuna zararlı olmadığı durumlarda Bakanlık sınır değerleri % 50’ye kadar artırılabilir.

**Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda çevre ve insan sağlığına zararlı olmadığı bilimsel çalışmalarla kanıtlandığı durumlarda, bu sınır değerlerin aşılmasına izin verilebilir.

Toprakların Zn, Cu, Cr, Ni, Pb, Cd, Hg ağır metal analiz sonuçları Çizelge 7’nin pH’nın 6’dan büyük olduğu sınır değerlere göre değerlendirilmiş ve tüm örnekler izin verilen sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Ba, Co, Sn, As ağır metalleri ise Çizelge 8’e göre değerlendirilmiştir. Co, Sn ve As izin verilen sınır değerlerin altında iken Ba 15 nolu örnek hariç hepsinde sınır değer üstündedir.

Çizelge 8. Kirlenmiş Toprakta Arıtma Sonucu Uyulması Gereken Sınır Değerleri (Anonim 2005)

Kirlilik Parametreleri	Sınır Değerleri (mg/kg Fırın Kuru Toprak)
Kobalt	20
Arsenik	20
Molibden	10
Kalay	20
Baryum	200

Çizelge 9. Ekstrakte edilebilir bazı ağır metal ve kirletici metallerin analiz sonuçları (mg/kg)

İstasyonlar	Zn	Cu	Cr	Ni	Pb	Cd	Hg	Ba	Co	Sn	As
1.	8	3	9	4.5	16.3	0	0.1	241.3	2.4	0.3	0.7
2.	24	8	24	9.3	18.8	0.1	0.2	270.4	3.7	0.7	2.1
3.	42	20	40.1	28.8	14.8	0.1	0.2	201	8.1	1.2	2
4.	31	9	25.1	10.8	17.8	0.1	0.2	232.3	4.6	1	1.7
5.	26	7	16.1	5.7	19.6	0.1	0.2	289.1	2.7	1	1.1
6.	21	6	21.8	7.5	20	0.1	0.2	281.9	3.1	0.7	1.1
7.	14	5	15.6	4.8	22.4	0.1	0.2	289.1	3.4	0.7	1.4
8.	34	10	14.6	5.4	21.2	0.1	0.2	306.4	2.2	1	1.1
9.	28	9	19.4	7.7	18	0.1	0.2	247.5	2.5	0.9	1.2
10.	46	14	37.9	14.3	24.4	0.1	0.2	355	5.4	2.5	3
11.	44	11	28.1	10.3	21.6	0.1	0.2	310.7	4.1	1.6	2.3
12.	53	15	37.3	15.1	20.9	0.1	0.3	283.3	5.7	2	2.7
13.	44	12	38.4	10.5	21.6	0.1	0.3	273	4.3	1.8	2.3
14.	26	8	47.9	7.9	17.8	0.1	0.1	294	2.7	1.1	1.1
15.	17	4	200.9	4.1	18.3	0	0.1	332.6	1.8	0.7	0.7
16.	9	3	16.7	4.9	20.7	0	0.1	318.9	2.6	0.4	1.1
17.	8	3	15.3	4.1	20.2	0	0.1	272.6	2.5	0.4	0.9
18.	7	3	14.7	4.1	16.5	0	0.1	250.7	2.4	0.3	0.8
19.	8	3	13.9	4.1	23.2	0	0.1	389.7	2.3	0.5	1
20.	18	7	45.6	19	15.1	0.1	0.1	135.5	5.8	0.5	1.9
Ortalama	25	8	34.1	9.1	19.5	0.1	0.2	278.75	3.615	0.965	1.51
Maksimum	53	20	200.9	28.8	24.4	0.1	0.3	389.7	8.1	2.5	3
Minimum	7	3	9	4.1	14.8	0	0.1	135.5	1.8	0.3	0.7

Su ve Toprak Örneklerinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Su örneklerine ait korelasyon değerlendirilmesi Çizelge 10'da, toprak örneklerine ait korelasyon değerlendirilmesi Çizelge 11'de verilmiştir.

Çizelge 10'da verilen su örneklerinin ağır metal içeriklerine ilişkin korelasyon değerleri incelendiğinde; Fe ile Mn, Zn, Ba, Ni, Co, As ve Pb arasında 0.01 düzeyinde, Cr ise 0.05 düzeyinde önemlilik belirlenmiştir. Mn ile Zn, Ba, Cu ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Co ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Zn ile Ba, Cu ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Co ise 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ba ile Ni, Co, As ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Cr ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Ayrıca, Cu ile Pb arasındaki ilişki 0.05 düzeyinde önemlidir. Cr ile Ni arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, As ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Ni ile Co, As ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Hg ise 0.05 düzeyinde önemli olmuştur. Co ile As ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde önemlilik göstermiştir. As ile Pb ve Hg arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde önemli olarak bulunmuştur.

Çizelge 10. Su Örneklerinin Ağır Metal Korelasyon Değerleri

	Fe	Mn	Zn	Ba	Cu	Cr	Ni	Co	Sn	As	Pb	Cd	Hg
Fe	1	.722**	.643**	.900**	.381	.541*	.845**	.823**	.251	.818**	.943**	.016	-.509
Mn		1	.805**	.664**	.698**	.051	.374	.630*	.134	.367	.789**	.123	-.311
Zn			1	.670**	.855**	.025	.383	.577*	.153	.397	.714**	.126	-.403
Ba				1	.455	.589*	.721**	.837**	.276	.667**	.869**	-.115	-.502
Cu					1	-.165	.063	.348	.351	.094	.530*	.359	-.334
Cr						1	.782**	.507	.001	.536*	.399	-.182	-.478
Ni							1	.651**	.118	.858**	.739**	.006	-.586*
Co								1	.188	.652**	.772**	-.032	-.385
Sn									1	.232	.373	.097	-.249
As										1	.786**	.061	-.657**
Pb											1	.136	-.512
Cd												1	-.260
Hg													1

** Korelasyon 0.01 düzeyinde önemli.

* Korelasyon 0.05 düzeyinde önemli.

Toprak örneklerinin ekstrakte edilebilir bazı ağır metal ve kirletici metalleri arasındaki korelasyon değerleri incelendiğinde; Fe ile Zn, Ba, Sn, Pb ve Hg arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, As ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Mn ile Ni, Co ve As arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde önemli olarak elde edilmiştir. Zn ile Cu, Ni, Co, Sn, As, Cd

ve Hg arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde ve Ba ile Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Ni ve Co ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Cu ile Ni, Co, Sn, As Cd ve Hg arasındaki ilişki 0.05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Ni ile Co ve As arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde ve Sn ve Cd ise 0.05 düzeyinde önemlidir. Co ile As arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde, Sn, Cd ve Hg ise 0.05 düzeyinde önemlilik göstermiştir. Sn ile As, Cd ve Hg arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde ve Pb arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde önemli olmuştur. Ayrıca, As ile Cd ve Hg 0.01 düzeyinde ve Cd ile Hg arasındaki ilişki 0.01 düzeyinde önemlidir.

Çizelge 11. Toprak Örneklerinin Ekstrakte Edilebilir Bazı Ağır Metal ve Kirlenici Metallerin Korelasyon Değerleri

	Fe	Mn	Zn	Ba	Cu	Cr	Ni	Co	Sn	As	Pb	Cd	Hg
Fe	1	-.065	.610**	.592**	.414	-.090	-.012	.116	.682**	.500*	.702**	.310	.712**
Mn		1	.267	-.266	.364	-.120	.640**	.729**	.339	.665**	.100	.216	.096
Zn			1	-.001	.916**	.046	.609**	.637**	.918**	.818**	.222	.731**	.813**
Ba				1	-.187	.137	-.521*	-.465*	.235	-.063	.804**	-.273	-.010
Cu					1	-.006	.827**	.817**	.787**	.772**	.000	.694**	.702**
Cr						1	.028	-.055	.069	-.080	-.147	-.180	-.163
Ni							1	.963**	.457*	.664**	-.340	.520*	.356
Co								1	.532*	.771**	-.192	.533*	.456*
Sn									1	.835**	.458*	.595**	.719**
As										1	.298	.626**	.680**
Pb											1	.066	.338
Cd												1	.716**
Hg													1

** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlı.

* Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı

Sonuç

Bu çalışmada Çorlu Deresi sularının ve yakın çevresindeki toprakların kirlilik düzeyini belirlemek amacıyla su ve toprak örnekleri alınmış ve çeşitli analizler yapılmıştır. Özellikle sanayi kuruluşların çevresine olan etkisini daha net ortaya koyabilmek için sanayinin yoğun olduğu bölge seçilmiştir.

Çorlu Deresinden alınan su örnekleri analiz sonuçlarına göre; dere suyunda yapılan kirlilik oluşturabilecek elementlerden Fe ve Mn dışında diğer elementlerin izin verilen değerlerin altında sonuç verdiği tespit edilmiştir. Ancak özellikle sanayi bölgelerinin yoğun olduğu 9 ve 10 nolu örnek noktalarında Fe, Mn, Zn, Ba, Ni, Co, Sn ve Pb değerlerinin en yüksek olduğu görülürken, nispeten sanayi kuruluşları açısından daha az olan 1 ve 2 nolu örnek noktalarında en düşük değerlerde olduğu tespit edilmiştir. Bu nedenle yasal mevzuatlarda belirtilen limitlere yakın olan değerlerinde uygun atık yönetimi prosedürü uygulanarak değerlerin daha da düşürülmesi gerekmektedir.

Toprak örneklerinde ise Baryum elementi analiz sonuçları 135.5-389.7 mg/kg olarak ölçülmüş ve izin verilen sınır değerlerinin üstünde sonuç verdiği görülmüştür. Toprakta analizi yapılan diğer elementlerin sonuçları izin verilen sınırların altında sonuç vermiştir. Fakat Cr, Ni ve Co gibi bazı elementler yasal mevzuatta izin verilen limitlerin altında sonuç vermesine rağmen bazı örnek noktalarında nispeten yüksek değerlere ulaştığı görülmektedir. Bu nedenle bu elementler açısından kirlilik düzeyi sürekli kontrol altında tutulması gerekmektedir.

Su örneklerinin ağır metal analiz sonuçlarının artış gösterdiği 9,10, 13, 14 nolu örneklerin yakın çevrelerindeki topraklarda da artış olduğu belirlenmiştir. Toprak özelliklerine baktığımızda bu durumu çevredeki çeşitli üretim yapan fabrikaların artmasının yanında, bu noktaların tekstür sınıflarıyla ve artan kil oranlarıyla ilişkili olduğu ile açıklanabilir. Yine 19 ve 20 nolu toprak örneklerinde analizi yapılan tüm ağır metal sonuçlarında artış olduğunu ve bu durumda artan kil miktarıyla ortamda tutulduğu şeklinde açıklanabilir.

Ergene havzasının iyi nitelikli ve verimli topraklarının ve bu havzayı besleyen su kaynaklarının çevre kirliliğine maruz kalmaması için Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ne uygun hareket edilmesi gerekmektedir. Ayrıca ıslah çalışmalarının aksamadan devam edilmesi ve gerekli kontrollerin yapılması için özen gösterilmelidir.

Kaynaklar

Anonim, 2004b. Çevre ve Orman Bakanlığı Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY), 31.12.2004 Tarih Ve 25867 Sayılı Resmi Gazete (Değişik: RG-13.02.2008-26786).

Anonim, 1996a. TS 8335 ISO 10693 Toprak Kalitesi-Karbonat Muhtevası Tayini-Volümetrik Metot. Çevre İhtisas Grubu.

Anonim, 1996b. TS 8334:1990/ TS ISO 11265. Topraklar-Toplam Tuz Miktarı Tayini. Ziraat İhtisas Grubu.

Anonim, 1996c. TS 9748 EN 27888 Su Kalitesi-Elektriksel İletkenlik Tayini. Alıcı Ortam Özel Daimi Komitesi.

- Anonim, 2003. Meriç Deltası Sulak Alanının İyileştirilmesi (Rehabilitasyonu) Üzerinde Araştırmalar. DSİ, Edirne.
- Anonim, 2004a. TS ISO 14869. Soil Quality – Dissolution For The Determination Of Total Element Content - Part 1: Dissolution With Hydrofluoric And Perchloric Acids.
- Anonim, 2005. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği, Resmi Gazete Tarihi: 08.06.2010 Resmi Gazete Sayısı: 27605. T.C Çevre Ve Orman Bakanlığından.
- Anonim, 2009. TS-7739 Sulama Suyu. Ziraat İhtisas Grubu.
- Anonim, 2010b. DSİ XI. Bölge Müdürlüğü.1965-1990 Arasında Lüleburgaz İstasyonunda Ölçülen Aylık Toplam Akımlar Ve Ortalama Değerler. DSİ XI. Bölge Müdürlüğü.
- Anonim, 2013.TS EN ISO 10523 Su Kalitesi-pH Tayini. Çevre Teknik Komitesi.
- Anonim, 2015. Yüzeysel Su Kalitesi Yönetimi Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik. RG:29327sayı 15 Nisan 2015 tarih
- Arkoç O, 2012. Ergene Havzası Çorlu-Çerkezköy Kesiminde Yeraltısularındaki Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. 65.Türkiye Jeoloji Kurultayı, 151s, Kırklareli Üniversitesi Teknik Bilimler MYO, Kırkkale.
- Baş L, Demet Ö, 1992. Çevresel Toksikoloji Yönünden Bazı Ağır Metaller. S.Ü. Vet. Fak. Formakoloji-Taksikoloji, 5. Sayı, ABD.
- Bouyoucos GS, 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis of Soils. Argon. J. 43:434-438.
- Cvetkovic J, Arpadjan S, Karadjova I, Stafilov T, 2006. Determination Of Cadmium in Wine by Electrothermal Atomic Absorption Spectrometry. Acta Pharm 56:69-77.
- Eaton FM, 1950. Significance of Carbonates in Irrigation Maters. Soil Sci.69: 123-133.
- Eyupoğlu F, Kurucu N, Talaz S, 1996. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yararlı Bazı Mikroelement (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. Toprak Ve Gubre Arast.Enst. Gen Mud. Yayın No. 217, Ankara.
- Gerendas JJ, Polacco C, Freyermuth SK, Sattelmacher B, 1999. Significance Of Nickel For Plant Growth And Metabolism. Journal Of Plant Nutrition And Soil Science, Germany, 162: 241-256.
- Güneş Y, Ekmekyapar F, Yasavul E, Ordu Ş ve Karakaya N, 2001. Çorlu Deresi'ne Deşarj Olan Endüstriyel Atıkların Meydana Getirdiği Kirliliğin Belirlenmesi. Ulusal Sanayi Çevre Sempozyumu ve Sergisi, 844- 847, Çevre Müh. Bölümü Mersin.
- <http://www.cerkezkoy.bel.tr> (erişim tarihi, 10.04.2014).
- Kocaman H, Akın Y, Oğuzhan A, 2011.Trakya'da Ergene Nehri Kirliliğinin Tarım Üretimine Olan Etkisi Edirne Örneği. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 2:104-105.
- Metz W, 1987. Chromium. Trace Elements in Human and Animal. Academic Pres, Richard Anderson, Maryland, Volume 1:258-260s.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USD A Handbook No: 60.
- Sağlam MT, 2008. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi, Yayın No: 2, Tekirdağ.
- Tan A, 2006. Atık Sularda Bazı Kirlilik Parametrelerinin İncelenmesi. Yüksek Lisans, T.C. Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Anorganik Kimya Anabilim Dalı, Edirne.
- Yurtseven N, 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları No:56, Ankara.



Biyokömür ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin gelişimi ve kimyasal gübreden yararlanma oranına etkileri

Moustapha Maman Mounirou *, Emre Can Kaya,
 Abdoul-Rasmane Ouedraogo, Köksal Demir, Aydın Güneş, Ali İnal

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

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı inorganik gübre (%100, %50 ve %0 İG) düzeylerinde keçi gübresi (KG, 5 t ha⁻¹) ve bundan elde edilen biyokömür (BK, 10 t ha⁻¹) uygulamalarının ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının soğan bitkisinin gelişimi ile inorganik gübreden (İG) yararlanma düzeylerine etkisini belirlemiştir. Bu amaçla; 2018 ilkbaharında taze soğan (Metan 88) bitkisi yetiştirilmiş ve deneme sonunda ortalama bitki yaş ve kuru ağırlığı, toplam verim, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonları belirlenmiştir. Deneme alanında, %100 İG, BK ve BK+KG uygulamalarıyla N içeriği, İG uygulanmayan bitkilerde tüm organik gübre uygulamalarıyla P içeriği, BK ve BK+KG uygulamalarıyla K, Ca ve Mg içeriği artış göstermiştir. BK uygulaması tek başına bitki Fe ve Cu içeriklerini önemli düzeyde azaltmış, İG uygulamaları Zn içeriğini artırmıştır. BK ve BK+KG uygulamaları bitki Mn içeriğini önemli düzeyde artırmıştır. Sonuç olarak BK ve KG'nin birlikte uygulamasının verim ve verim öğeleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biyokömür, organik gübre, inorganik gübre, soğan.

Effects of biochar and organic fertilizer applications on the growth and chemical fertilizer use efficiency of onion plant

Abstract

The aim of this study is to determine the combined effects of goat manure (GM, 5 t ha⁻¹) and its biochar (BC, 10 t ha⁻¹) on fertilizer use efficiency under different ratios of inorganic fertilizer (IF, 100%, 50% and 0%) of onion plant and also on their growth and development. For this purpose, trials have been carried out with green onions (cv. Metan 88) in the spring of 2018 and after the experiment, the average fresh and dry weight, total yield, N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu and Mn concentrations of plants measured. Results showed that the yield components of the plant weight and total yield were significantly increased only in BC+GM treatment. N concentrations of onion plants were increased by 100% IF, BC and BC+GM treatments, while K, Ca and Mg concentrations were increased BC and BC+GM treatment in which IF not applied. Conclusively, BC+GM combination was found to be the best practice among the treatments studied regarding the onion plant.

Keywords: Biochar, organic manure, inorganic fertilizer, onion.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Günümüzde küresel iklim değişikliği etkisi ve artan enerji giderlerine karşı, organik atıklardan gübre ve enerji elde edilmesi güncel ve öncelikli çalışma konuları arasında yer almaktadır. Öte yandan, dünya nüfusu hızla artmakta ve beslenme şekillerinin neden olduğu gıda gereksinimindeki artış ve ekilebilir tarım arazilerinin azalması sebebiyle, birim alandan daha fazla ürün alınması gerekmektedir, bu nedenle gübrelerin gelecekte sürdürülebilir tarımın en önemli girdilerinden biri olduğu görülmektedir (Eraslan ve ark., 2010). Hayvan gübrelerinin işlenmesi ve tarım alanlarına kazandırılması açısından yeni teknolojilerin geliştirmesi zorunluluk haline gelmiştir. Geliştirilmesi beklenen bu teknolojiler ile hayvan gübrelerinde kokunun ve atmosfere salınan gazların azaltılması, hastalık ve zararlı etmenlerden arındırılması ve bileşiminde bulunan besin maddelerinden en üst düzeyde yararlanmaya olanak sağlanması gerekmektedir (Gunes, 2012). Çiftlik hayvanlarına ait gübreler herhangi bir işlem görmeden veya aerobik ve anaerobik ortamlarda kompostlanarak işlenmek suretiyle tarım alanlarına uygulanmaktadır. Ancak bu organik madde kaynakları

* Sorumlu yazar:

Tel. : +227 98 17 17 36

E-posta : mounirhalifa@yahoo.fr

Geliş Tarihi : 18 Mayıs 2020

Kabul Tarihi : 10 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757008](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757008)

yarı-kurak ve kurak iklim koşullarında kısa sürede ayrışmakta ve atmosfere yüksek düzeyde CO₂ salınımı yapmaktadır (Fearnside, 2000). Bu sebeple kurak ve yarı-kurak iklim koşullarının görüldüğü alanlarda atmosfere daha az CO₂ salınımına neden olan, ayrışmaya dayanıklı, organik karbon içeriği yüksek, piroliz edilmiş organik kütlelerin kullanımı önem kazanmaktadır. Hayvan gübrelerinin piroliz ile biyokömüre dönüştürülmesinin doğrudan uygulamaya göre pek çok olumlu yönü bulunmaktadır. Tarımsal atıkların piroliz ile hacimleri azalmakta, patojen riskleri azalmakta, topraklarda karbon stabilizasyonu sağlanmakta ve atmosfere gaz emisyonları azalmaktadır (Wang ve ark., 2012).

Biyokömür, organik biyokütlenin havasız ya da az hava içeren ortamda yakılması sonucu elde edilen karbonca zengin ve ayrışmaya dayanıklı bir materyaldir. Diğer bir deyişle, organik maddenin düşük oksijen koşullarında, nispeten düşük sıcaklıkta (250-900°C) termal dekompozisyonu olarak tanımlanmaktadır. Biyokömür elde edilirken yapılan bu işleme piroliz denilmektedir. Diğer bir ifadeyle, her türlü organik atığın oksijensiz ortamda yüksek sıcaklıkta ısıtılarak termal parçalanma ile katı, sıvı veya gaz ürünlere dönüşmesine piroliz denilmektedir. Biyokömürün fizikokimyasal özellikleri kullanılan ham maddelere ve piroliz koşullarına bağlı olarak önemli boyutlarda değişiklik göstermektedir.

Biyokömürün topraklara uygulanması insanlar tarafından binlerce yıldır bilinen bir uygulamadır. Amazonlarda bulunan ve bu yöntemle C ile zenginleştirilmiş "Terra Preta (siyah topraklar)" ların verimliliğinin yüksek oluşu birçok araştırmacının dikkatini çekmiştir (Glaser ve ark., 2001). Diğer ülkelerde olduğu gibi Türkiye'de de, atmosferdeki CO₂'yi toprağa bağlayan, gaz salınımını azaltan ve toprak özelliklerini iyileştiren bir materyal olarak biyokömüre verilen önem ve farkındalığın artması gerekmektedir.

Biyokömür toprak verimliliğini artıran bir toprak düzenleyicidir (Lehmann ve ark., 2011). Dünyada, bilim insanları tarafından biyokömüre olan ilginin düzeyi, özellikle son yıllarda yürütülen çalışmaların yoğunluğundan anlaşılmaktadır. Biyokömürün bitkilere besin maddesi sağlama kapasitesi (Gaskin ve ark., 2010), topraklarda besin maddesi yarayışlılığı üzerine etkisi (Chan ve ark., 2008; Laird ve ark., 2010), biyokömürün elde edildiği materyal ve piroliz sıcaklığı gibi faktörler ile yakından ilişkilidir (Gunes ve ark., 2015; Novak ve ark., 2009). Yapılan çalışmalarda, biyokömürün toprağa karıştırıldıktan sonra zaman içerisinde bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkiler yaptığı ifade edilmiştir (Cheng ve ark., 2006; Major ve ark., 2010). Bitki besin maddelerini inorganik formda içeren kimyasal gübreler, toprak özelliklerine, uygulama dozu ile yöntemine ve yağışa bağlı olarak topraklarda tutulmakta veya bitkilerin kök bölgesinden uzaklaşarak çevre kirliliğine neden olabilmektedir. Organik materyallerin toprak verimliliği üzerine olan olumlu etkilerinden yararlanılarak inorganik gübre ile organik madde bileşiminde üretilen organo-mineral gübreler, bir yandan besin maddelerinin fiksasyonunu azaltırken (Wang ve ark., 2012; Gunes ve ark., 2014) diğer yandan da inorganik gübrelerin etkinliklerini artırarak kullanım miktarlarını azaltabilmektedir.

Son yıllarda tarımsal kullanım potansiyeli önem kazanan ve daha durağan bir yapıya sahip olan biyokömürün uygulanmasıyla, organik gübrelere benzer faydalı etkilerle bitkisel üretimde artış sağlandığı bilinmektedir. Biyokömürün tek başına kullanılması yerine organik gübre ile birlikte verilmesinin daha yararlı olduğuna yönelik çalışmalara rastlanmaktadır (Schulz ve Glasser, 2012; Doan ve ark., 2015; Kurt, 2016; Mayola ve ark., 2017; Qayyum ve ark., 2017; Dodor ve ark., 2018; Antonious, 2018; Oldfield ve ark., 2018; Adekiya ve ark., 2019; Manolikaki ve Diamadopoulos, 2019).

Bu çalışmada arazi koşullarında keçi gübresi ve bundan elde edilen biyokömürün ayrı ayrı ve birlikte uygulanmasının soğan bitkisinin gelişimi ile kimyasal gübreden yararlanma düzeylerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Biyokömürün hazırlanması

Biyokömür geleneksel yöntemlerle elde edilmiş olup bu amaçla ağzı kapatılabilen çelik sacdan yapılmış silindirik yakma kovası kullanılmıştır. Bu kovaya her seferinde 5 kg keçi gübresi konulmuş, kova yatay konumdayken altında odun ateşi yakılmış ve 30 dakikada bir döndürülerek toplam 3 saat yakma işlemine tabii tutulmuştur. Üç saat sonunda kova ateşten indirilerek oda sıcaklığına geldiğinde ağzı açılmıştır. Yakma işlemi öncesinde ve sonrasında materyaller tartılmış ve biyokömür verimi hesaplanmıştır.

$$\text{Biyokömür verimi (\%)} = \frac{2686 \text{ (g)}}{4820 \text{ (g)}} * 100 = 55.72 \sim \%56$$

Toprak, keçi gübre ve biyokömürde yapılan bazı fiziksel ve kimyasal analizler

Deneme alanında alına toprak örneği hava kuru duruma getirildikten sonra 2 mm'lik elekten elenmiş ve analizlere hazır hale getirilmiştir. Toprakta pH (Jackson, 1958), EC (Richards, 1954), kireç (Bouyoucos, 1951), organik madde (Jackson, 1958), bünye (Anonymous, 1951), toplam azot (Bremner, 1965), yarıyıllı fosfor (Olsen ve ark., 1954) ve değişebilir K (Pratt, 1965) analizleri yöntemlerde belirtildiği şekilde yapılmıştır. Ayrıca atomik absorpsiyon spektrofotometresinde değişebilir Ca, Mg ile yarıyıllı Fe, Zn, Cu ve Mn belirlemeleri yapılmıştır (Isaac ve Kerber, 1971). Denemede kullanılan toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri çizelge 1'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Deneme toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Miktar	Özellik	Miktar
pH, (1:2.5 toprak : su)	7.96	Değişebilir K (mg kg ⁻¹)	791
EC μ S cm ⁻¹ (1:2.5 toprak : su)	449.0	Değişebilir Ca (mg kg ⁻¹)	5100
Kireç CaCO ₃ , (g kg ⁻¹)	66.3	Değişebilir Mg (mg kg ⁻¹)	1853
Organik madde (g kg ⁻¹)	30.46	Yarıyıllı Fe (mg kg ⁻¹)	8.73
Tekstür	Kumlu killi tin	Yarıyıllı Zn (mg kg ⁻¹)	4.02
Toplam N (g kg ⁻¹)	1.63	Yarıyıllı Cu (mg kg ⁻¹)	2.06
Yarıyıllı P (mg kg ⁻¹)	92.6	Yarıyıllı Mn (mg kg ⁻¹)	22.6

Keçi gübresi ve biyokömürde pH, EC (1:10), toplam N (Bremner, 1965) analizleri yapılmıştır. Ayrıca yaş yakma işlemi (4 HNO₃:1 HClO₄) ile ekstrakte edilen keçi gübresi ve biyokömürde toplam P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu ve Mn belirlemeleri yapılmıştır (Isaac ve Kerber, 1971). Tarla denemesinde kullanılan keçi gübresi ve keçi gübresinden elde edilen biyokömüre ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Keçi gübresi ve biyokömürün bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellik	Keçi gübresi	Biyokömür
pH, (1:10 w/v)	9.22	12.2
EC, mS cm ⁻¹ (1:10 w/v)	16.3	26.0
Organik Madde (OM), %	65.9	41.3
Kül, %	34.1	58.7
Toplam Karbon (C), g kg ⁻¹	273	281
Toplam Azot (N), g kg ⁻¹	26.8	17.8
C/N	10.2	15.8
Toplam Fosfor (P), g kg ⁻¹	8.46	15.9
Toplam Potasyum (K), g kg ⁻¹	34.5	69.4
Toplam Kalsiyum (Ca), g kg ⁻¹	41.7	64.7
Toplam Magnezyum (Mg), g kg ⁻¹	9.25	12.59
Toplam Demir (Fe) mg kg ⁻¹	5103	7860
Toplam Çinko (Zn) mg kg ⁻¹	220	410
Toplam Bakır (Cu) mg kg ⁻¹	50.0	92.0
Toplam Mangan (Mn) mg kg ⁻¹	341	609

Tarla denemesinin kurulması ve yürütülmesi

Deneme 2018 yılı Mart-Haziran aylarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitki Bölümü deneme alanı tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü ve 2 faktörlü (biyokömür-keçi gübre ve inorganik gübre NPK) olacak şekilde yürütülmüştür. Bitki materyali olarak soğan (*Allium Cepha* L.) bitkisinin Metan 88 çeşidi kullanılmıştır. Deneme, 3 farklı inorganik gübre dozunda keçi gübresi ve keçi gübresinden elde edilen biyokömür ile bunların her ikisinin birlikte uygulandığı uygulamalardan oluşmuştur. Tam inorganik gübre uygulamasında (%100 İG) dekara 10 kg N, 10 kg P₂O₅ ve 10 kg K₂O, 15-15-15 gübresi ile soğan bitkisi ekiminden hemen önce uygulanmıştır. Diğer inorganik gübre uygulama dozları ise tam inorganik gübre dozunun yarısının verileceği (%50 İG) ve hiç gübre verilmeyen uygulamalardan oluşmuştur (%0 İG). Tohum ekiminden hemen önce keçi gübresi 5 t ha⁻¹ ve keçi gübresinden elde edilen biyokömür (BK) 10 t ha⁻¹ düzeyinde, KG+BK ise 5 t ha⁻¹ KG + 10 t ha⁻¹ BK düzeylerinde parsellere uygulanmış, toprağa çapa ile karıştırılmıştır. Denemede, sıra arası 10 cm ve dekara 0.5 kg tohum olacak şekilde çiziye ekilmiş, her bir soğan parseli 1 m² olacak şekilde ayarlanmıştır. Soğan tohumlarının ekimi 28 Mart, hasat ise 14 Haziran 2018 tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Deneme süzgeçli kova kullanılarak elle sulanmış, uygulamaların birbirinden etkilenmemesi için parseller arasında 0.5 m boşluk bırakılmıştır. İlkbahar döneminde, yağmurların az yağmasından dolayı bitkiler her parselde yaklaşık 5 L olacak şekilde ve haftada 3 kere sulanmıştır.

Bitkide yapılan gözlem, ölçümler ve analizler

Her bir parselden el ile sökülen soğanlar (tüm bitki) terazide tartılmış, toplam verim g m^{-2} olarak belirlenmiş ve kg da^{-1} olarak ifade edilmiştir. Bitkilerin yaş ve kuru ağırlığını belirlemek için parsellerden hasat edilen bitkilerden tesadüfi seçilen 20 bitkinin yaş ağırlığı belirlendikten sonra etüvde 65°C sıcaklıkta sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve kuru ağırlığı belirlenmiştir.

Yıkayıp kurutulmuş soğan bitkisi örnekleri öğütülmüş makro (N, P, K, Ca, Mg) ve mikro (Fe, Zn, Cu, Mn) besin elementi analizleri yapılmıştır (Bremner, 1965; Isaac ve Kerber, 1971).

İstatistik Analizler

Denemeden elde edilen verilerin varyans analizi faktöriyel deneme deseninde tesadüf parsellerine göre Minitab 17 paket programı kullanılarak yapılmış ve uygulamalar arasındaki farklılıklar Mstat-C paket programı kullanılarak Duncan testi ile belirlenmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Soğan bitkisinin gelişim parametreleri

Deneme alanında uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı ile toplam verimine etkileri çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin yaş ve kuru ağırlığı ile toplam verimine etkileri

Organik Gübre	Yaş ağırlık (g bitki^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	11.2±1.23	12.1 ±1.44	7.85±1.59	10.4±0.93 c
Biyokömür (BK)	12.2±0.86	13.8±1.26	13.4±1.10	13.1±0.60 b
Keçi Gübresi (KG)	12.7±0.94	13.5±1.48	14.1±0.86	13.4±0.61 b
BK+KG	19.3±2.85	20.3±1.39	16.5±2.03	18.7±1.24 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.68 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)	İG x	15.62 ^{**}	
	OG		0.88 ^{öd}	
Organik Gübre	Kuru ağırlık (g bitki^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	1.01±0.08	1.11±0.11	0.71±0.12	0.94±0.08 c
Biyokömür (BK)	1.15±0.07	1.23±0.09	1.23±0.09	1.20±0.05 b
Keçi Gübresi (KG)	1.23±0.10	1.30±0.09	1.28±0.07	1.27±0.05 b
BK+KG	1.54±0.23	1.78±0.11	1.34±0.12	1.55±0.10 a
Ortalama	1.23±0.08 ab	1.36±0.08 a	1.14±0.08 b	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		3.60 [*]	
	Organik Gübre (OG)	İG x OG	14.56 ^{**}	
	OG		1.27 ^{öd}	
Organik Gübre	Toplam verim (kg da^{-1})			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	2448±255	2530±249	1649±284	2209±182 b
Biyokömür (BK)	2645±495	2251±415	2247±508	2381±257 b
Keçi Gübresi (KG)	2939±219	2595±77.3	2633±103	2722±89.5 ab
BK+KG	2963±224	3321±203	3265±330	3183±143 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.02 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)	İG x OG	5.78 ^{**}	
	OG		0.92 ^{öd}	

öd: önemli değil, * $p<0.05$, ** $p<0.01$

Çizelge 3'de görüldüğü üzere deneme alanında bitki yaş ağırlığına organik gübre uygulamalarının etkisi istatistik olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Yapılan tüm organik gübre uygulamaları, soğanın bitki yaş ağırlığını kontrole göre artırmıştır. En yüksek yaş ağırlığın biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulandığı bitkilerden elde edildiği görülmüştür. Sahin ve ark. (2016), tavuk gübresinden elde edilmiş biyokömür (BK) ve fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün (BK+fosfor) marul bitkisinin birinci ve ikinci ürün verim ve mineral element konsantrasyonlarına etkisini incelemiş ve en yüksek bitki yaş ağırlığının her üründe BK+fosfor uygulamasından elde edildiğini belirtmiştir.

Soğan bitkisinin kuru ağırlığı üzerine inorganik gübre uygulamaları ile organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuş ancak İGxOG interaksiyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Uygulanan her iki organik gübre de bitki kuru ağırlığını kontrole göre önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek bitki kuru ağırlığına keçi gübresi ile biyokömürün birlikte uygulanmasıyla ulaşılmıştır. [Park ve ark. \(2011\)](#), Biyokömürün Hint hardalı bitkisinde toprak üstü bitki kuru ağırlığını %353 oranında artırdığını belirtmişlerdir. Tavuk gübresi biyokömürü uygulamasıyla [Gunes ve ark. \(2014\)](#), marulda, [Inal ve ark. \(2015\)](#), mısır ve fasulyede, tavuk gübresi ile zeytin pirinası biyokömürleri uygulamalarıyla [Kaya ve ark. \(2019\)](#), mısır ve çeltik bitkisinde kuru ağırlığın önemli düzeyde arttığını tespit etmişlerdir. İnorganik gübre uygulamalarına bakıldığında ise inorganik gübreyi %50 azaltmanın bitki kuru ağırlığını etkilemediği ancak hiç inorganik gübre uygulanmamasının bitki kuru ağırlığını azalttığı görülmüştür (Çizelge 3). İnorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun toplam verime etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuştur. Yapılan bir sera denemesinde 3.0 t ha⁻¹ biyokömürün sorgum verimini etkilemediği belirtilmiştir ([Schnell ve ark., 2012](#)).

Organik gübre uygulamalarının etkisi ise istatistiki olarak önemli olmuştur. Biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulanmasıyla toplam verim önemli düzeyde artış göstermiştir. Tek başına biyokömür ve keçi gübresi uygulamalarında ise toplam verim kontrole aynı olmuştur (Çizelge 3). Organik gübre veya biyokömür uygulamasıyla bitki gelişiminin artması genellikle bitki besinlerinin yarıyışlılığının uygun hale gelmesi ([Glaser ve ark., 2002](#); [Lehman ve ark., 2003](#); [Gaskin ve ark., 2010](#)), toprak mikrobiyolojisinin iyileşmesi ([Biederman ve Harpole, 2013](#); [Thies ve Rillig, 2009](#)) ve kimi toksik elementlerin azalması ([Glaser ve ark., 2002](#); [Steiner ve ark., 2007](#)) gibi nedenlere bağlanmaktadır. [Mukherjee ve Lal \(2014\)](#), biyokömürün verim üzerine etkisinin olumlu veya olumsuz olabileceği gibi hiç etkisinin olmayabileceğini belirtmişlerdir. [Jones ve ark. \(2012\)](#), biyokömürün mısır verimini etkilemediğini ancak mısırdan sonra ekilen yem bitkisinin ot verimini artırdığını belirtmiştir. Bu durum biyokömür uygulamalarının etkisinin bitkiden bitkiye farklı olacağını göstermektedir. [Demir ve ark. \(2010\)](#) ve [Sahin ve ark. \(2014\)](#) yaptıkları çalışmada tavuk gübresi uygulanmasıyla domates ve biber bitkilerinin veriminin arttığını belirtmişlerdir. Biyokömür uygulamalarının bitkisel üretimde verimi artırdığı ([Chan ve ark., 2008](#); [Yamato ve ark., 2006](#)) ancak bazı çalışmalarda da azalttığına ilişkin bilgiler bulunmaktadır ([Deenik ve ark., 2010](#); [Schulz ve Glaser, 2012](#)). [Zemanova ve ark. \(2017\)](#), tarafından sera koşullarında yapılan bir çalışmada ıspanak (ilkbahar)-hardal-ıspanak (güz) ekim nöbetinde bitkilerin büyüme ve metabolizmaları üzerine biyokömürün etkisi incelenmiştir. Biyokömürün toprağa uygulanması sonucu ıspanak bitkisinde gelişimin önemli ölçüde arttığı ve artışın kontrole göre ilkbaharda %102 ve sonbaharda ise %353 oranlarında olduğu belirlenmiştir. Kumlu ve düşük verimli topraklarda çeltik kavuzundan elde edilen biyokömür soya fasulyesi bitkisine 10 t ha⁻¹ olarak uygulandığında bitkinin gelişimi ve verimi artmıştır ([Oka ve ark., 1993](#)). [Uzoma ve ark. \(2011\)](#)'e göre, sığır gübresinden elde edilen biyokömürün kumlu bir toprağa 15 ve 20 t ha⁻¹ düzeyinde uygulanması mısır tane verimini sırasıyla %150 ve %98 oranında artırmıştır. [Smith \(1999\)](#)'e göre, biyokömür uygulaması düşük verimli topraklarda papaya ve mangonun verimini 3 kat artırmıştır.

Soğan bitkisinin makro element içerikleri

İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam N, P ve K içeriklerine etkisi çizelge 4'de verilmiştir. Soğan bitkisinin toplam N içeriğine inorganik gübre ve organik gübre uygulamalarının bireysel etkileri istatistiki olarak önemli olmuştur. İnorganik gübrenin azaltılması ya da hiç uygulanmamasının bitki toplam N içeriğini azalttığı görülmüştür. Organik gübre uygulamalarına bakıldığında ise BK ve BK+KG uygulamaları ile soğan bitkisi toplam N içeriğinin kontrole göre arttığı görülmüştür (Çizelge 4). Bu artışın hem organik gübrelerin mineralizasyonu sonucu açığa çıkan azottan hem de organik gübre uygulamasıyla toprakta yarıyışlılığı artan azottan kaynaklandığı düşünülmektedir. [Kamman ve ark. \(2011\)](#), tarafından yürütülen bir sera çalışmasında kumlu bir toprağa 0, 100 ve 200 t ha⁻¹ düzeyinde uygulanan biyokömürün bitki gelişimini ve yaprak N içeriğini artırdığı gösterilmiştir. Biyokömürün toprakta N tutucu olarak etki gösterdiği ve bitkilerin azottan yararlanma oranını artırdığı belirtilmiştir ([Spokas ve ark., 2012](#)). [Jones ve ark. \(2012\)](#), biyokömür uygulamasının çim bitkisinin N içeriğini önemli oranda artırdığını göstermiştir. Bitki toplam P içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemsiz olurken interaksiyon etkisi önemli olmuştur. İnorganik gübrenin azaltılması bitki P içeriğinde önemli bir değişiklik yaratmazken hiç uygulanmaması bitki P içeriğini azaltmıştır. Hiç inorganik gübre uygulanmayan bitkilere organik gübre uygulandığında bitki P içeriğinin arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4). Burada da azota benzer şekilde hem organik maddenin yapısından gelen hem de toprakta yarıyışlı fosforun artması nedeniyle bitki P içeriği artış göstermiştir. Çizelge 4'de görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam potasyum içeriğine inorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuş ancak organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuştur.

Çizelge 4. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam N, P ve K içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam N (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	27.0±1.57	23.2±1.57	21.5±0.72	23.9±0.99 c
Biyokömür (BK)	27.0±0.72	25.8±0.90	25.7±0.56	26.2±0.42 b
Keçi Gübresi (KG)	26.4±1.07	23.0±0.70	23.3±0.86	24.2±0.66 bc
BK+KG	35.3±1.35	34.4±3.03	30.9±0.26	33.5±1.15 a
Ortalama	28.9±1.10 a	26.6±1.44 b	25.4±0.95 b	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		7.67**	
	Organik Gübre (OG)		35.24**	
	İG x OG		0.83 ^{öd}	
Organik Gübre	Toplam P (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	3.27±0.24 ab	3.49±0.32 ab	2.01±0.09 c	
Biyokömür (BK)	3.33±0.56 ab	3.55±0.16 ab	3.42±0.21 ab	
Keçi Gübresi (KG)	2.93±0.30 b	3.08±0.16 ab	3.06±0.07 ab	
BK+KG	3.04±0.08 ab	2.89±0.12 b	3.78±0.13 a	
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.07 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		2.15 ^{öd}	
	İG x OG		3.10*	
Organik Gübre	Toplam K (g kg ⁻¹)			Ortalama
	İnorganik Gübre (İG)			
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	36.5±1.79	33.4±0.87	29.2±1.20	33.0±1.14 c
Biyokömür (BK)	36.9±0.95	38.5±2.52	39.3±0.89	38.2±0.91 b
Keçi Gübresi (KG)	34.8±2.85	31.2±1.11	31.0±1.04	32.3±1.11 c
BK+KG	45.3±3.05	45.7±3.33	42.9±3.06	44.6±1.69 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.72 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		21.7**	
	İG x OG		1.04 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Uygulanan BK ve BK+KG, soğan bitkisinin toplam K içeriğini kontrole göre istatistiki olarak önemli düzeyde artırmıştır. En yüksek toplam K içeriğinin biyokömür ve keçi gübresinin birlikte uygulandığı bitkilerde gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 4). Wang ve ark. (2018), toprak potasyum dinamikleri üzerine biyokömürün etkisini araştırdığı bir çalışmada, 450 °C sıcaklıkta hazırlanan bambu biyokömürünün farklı uygulama dozlarına (0, 5, 10 ve 25 g kg⁻¹) bağlı olarak kışlık buğday bitkisinin potasyum konsantrasyonunu artırdığını tespit etmiştir. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Ca ve Mg içeriklerine etkisi çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5'de görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam Ca içeriğine organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Biyokömürün yalnız ve keçi gübresiyle birlikte uygulandığı bitkilerde bitki toplam Ca içeriğinin kontrolden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Major ve ark. (2010), tarafından yapılan 4 yıllık tarla denemesinde 0, 8 ve 20 ton ha⁻¹ dozlarında uygulanan biyokömürün bitkinin kalsiyum alımını artırdığı tespit edilmiştir.

Toplam Mg içeriğine organik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak inorganik gübre uygulamaları ve İGxOG interaksyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Soğan bitkisi toplam Mg içeriğini keçi gübresi uygulaması kontrole göre azaltırken keçi gübresi ile birlikte biyokömür uygulaması artırmıştır (Çizelge 5). Farklı sıcaklıklarda elde edilen tavuk gübresi biyokömürünün uygulandığı marul ve mısır bitkilerinde, verim ile birlikte P ve K konsantrasyonunun da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı belirtilmiştir (Gunes ve ark., 2015). Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür P, K ve Ca'un bitkiler tarafından alımını artırmaktadır (Lehmann ve Rondon, 2006). Van ve ark. (2010), tarafından biyokömür uygulamasının yer fıstığının N alımını kontrole göre %250'ye ulaşan oranlarda artırdığı belirtilmiştir. Farklı sıcaklıklarda elde edilen tavuk gübresi biyokömürünün uygulandığı marul ve mısır bitkilerinde, verim ile birlikte P ve K konsantrasyonunun da arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı belirtilmiştir (Gunes ve ark., 2015). Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür P, K ve Ca'un bitkiler tarafından alımını artırmaktadır (Lehmann ve Rondon, 2006). Van ve ark. (2010), tarafından biyokömür uygulamasının yer fıstığının N alımını kontrole göre %250'ye ulaşan oranlarda artırdığı belirtilmiştir.

Çizelge 5. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Ca ve Mg içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Ca (g kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	7.94±0.45	8.21±0.89	5.25±0.47	7.13±0.52 c
Biyokömür (BK)	9.60±0.53	9.00±0.50	8.36±0.99	8.99±0.40 b
Keçi Gübresi (KG)	7.31±0.87	7.51±0.53	7.71±0.32	7.51±0.33 c
BK+KG	11.2±1.11	10.5±0.67	10.1±0.64	10.6±0.46 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		3.01 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		15.16 ^{**}	
	İG x OG		1.27 ^{öd}	

Organik Gübre	Toplam Mg (g kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	%50 İG	%0 İG	
Kontrol	3.96±0.25	3.63±0.12	3.24±0.26	3.61±0.15 b
Biyokömür (BK)	3.84±0.12	3.92±0.09	3.77±0.07	3.84±0.05 b
Keçi Gübresi (KG)	3.01±0.12	3.10±0.25	3.11±0.16	3.08±0.10 c
BK+KG	4.26±0.23	4.24±0.30	4.12±0.25	4.21±0.14 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)		1.12 ^{öd}	
	Organik Gübre (OG)		16.08 ^{**}	
	İG x OG		0.76 ^{öd}	

öd: önemli değil, **p<0.01

Soğan bitkisinin mikro element içerikleri

Çizelge 6'da uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin toplam demir ve çinko içeriklerine etkileri verilmiştir. Çizelge 6'da görüldüğü üzere soğan bitkisinin toplam Fe içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamaları interaksiyonunun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. %100 inorganik gübre uygulanan bitkilerde keçi gübresi ve hiç inorganik gübre uygulanmamış bitkilerde ise biyokömür uygulaması Fe içeriğini kontrole göre azaltmıştır. Mielki ve ark. (2016), uygulanan biyokömürün toprak pH'sını yükselterek yarayırlı Fe konsantrasyonunun azalmasına neden olduğunu ve bu nedenle bitkide demir konsantrasyonunun azaldığını rapor etmiştir. Toplam Zn içeriğine inorganik gübre uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemli olmuş ancak organik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksiyonunun etkisi önemsiz olmuştur. Yarı yarıya azaltılmış inorganik gübre uygulamasına göre hiç inorganik gübre uygulanmaması bitki Zn içeriğini azaltmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam demir ve çinko içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Fe (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	%50 İG	%0 İG
Kontrol	317.2±18.3 abc	269.2±14.1 bcd	353.4±24.1 a
Biyokömür (BK)	265.7±30.1 bcd	277.7±41.7 bcd	292.9±8.19 bcd
Keçi Gübresi (KG)	233.2±23.0 d	257.2±32.8 cd	323.9±19.6 ab
BK+KG	285.7±11.0 bcd	259.7±11.2 cd	350.7±25.1 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	9.71 ^{**}	
	Organik Gübre (OG)	7.49 ^{**}	
	İG x OG	2.66 [*]	

Organik Gübre	Toplam Zn (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	%50 İG	%0 İG
Kontrol	22.97±0.64	29.50±3.46	26.05±0.78
Biyokömür (BK)	21.60±1.72	27.75±1.65	23.85±1.64
Keçi Gübresi (KG)	21.60±0.89	24.85±3.22	23.63±1.04
BK+KG	26.50±1.34	23.38±0.64	27.08±1.08
Ortalama	25.15±0.65 ab	26.37±1.29 a	23.17±0.78 b
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	3.32 [*]	
	Organik Gübre (OG)	1.53 ^{öd}	
	İG x OG	1.76 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Çizelge 7’de uygulanan inorganik ve organik gübrelerin soğan bitkisinin toplam bakır ve mangan içeriklerine etkileri verilmiştir. Soğan bitkisi toplam Cu içeriğine inorganik ve organik gübre uygulamaları ile interaksyonun etkisi istatistiki olarak önemli olmuştur. Soğan bitkisi toplam Cu içeriğinin, bazı uygulamalar dışında çoğunlukla azalma eğiliminde olduğu görülmüştür. Tam inorganik gübre uygulaması (%100 İG) hiç inorganik gübre uygulanmamasına (%0 İG) göre bitki Cu içeriğinin daha az olmasına neden olmuştur. Hiç inorganik gübre uygulanmadığında keçi gübresi ve biyokömür uygulamaları da soğan bitkisinin toplam Cu içeriğinin azalmasına yol açmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. İnorganik ve organik gübre uygulamalarının soğan bitkisinin toplam Cu ve Mn içeriklerine etkileri

Organik Gübre	Toplam Cu (mg kg ⁻¹)		
	%100 İG	İnorganik Gübre (İG) %50 İG	%0 İG
Kontrol	10.74±1.28 bcde	13.50±0.88 ab	14.98±1.03 a
Biyokömür (BK)	9.08±1.17 de	10.75±0.44 bcde	8.61±0.48 de
Keçi Gübresi (KG)	11.32±1.65 bcd	9.52±0.89 cde	8.70±0.78 de
BK+KG	7.94±0.48 e	12.50±0.34 abc	12.36±1.26 abc
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	3.77*	
	Organik Gübre (OG)	8.30**	
	İG x OG	3.84**	

Organik Gübre	Toplam Mn (mg kg ⁻¹)			Ortalama
	%100 İG	İnorganik Gübre (İG) %50 İG	%0 İG	
Kontrol	120.0±1.08	114.8±2.87	117.8±3.35	117.5±1.52 b
Biyokömür (BK)	124.3±3.68	122.0±2.86	124.0±2.35	123.4±1.60 a
Keçi Gübresi (KG)	114.3±3.45	116.0±1.47	119.8±2.21	116.7±1.48 b
BK+KG	125.5±2.87	126.5±2.90	128.3±3.42	126.8±1.64 a
F değeri	İnorganik Gübre (İG)	Organik	0.87 ^{öd}	
	Gübre (OG)	İG x OG	8.81**	
			0.48 ^{öd}	

öd: önemli değil, *p<0.05, **p<0.01

Soğan bitkisinin toplam Mn içeriğine inorganik gübre uygulamaları ile İGxOG interaksyonunun etkisi istatistiki olarak önemsiz olmuş ancak organik gübre uygulamalarının etkisi önemli olmuştur. Biyokömür ve biyokömürle birlikte keçi gübresi uygulaması hem kontrole hem de keçi gübresi uygulamasına göre soğan bitkisinin toplam Mn içeriğini artırmıştır (Çizelge 7). [Gunes ve ark. \(2014\)](#), tarafından yapılan bir çalışmada biyokömür ve fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömür uygulanan marul bitkisinin N, P ve K konsantrasyonunun kontrole göre arttığı buna bağlı olarak bitki kuru ağırlığının da arttığı ancak Ca, Mg, Fe ve Zn konsantrasyonlarının azaldığı bildirilmiştir. [İnal ve ark. \(2015\)](#), tarafından yapılan bir çalışmada 0, 2.5, 5, 10 ve 20 g kg⁻¹ biyokömür uygulamalarının fasulye ve mısır bitkilerine etkisi araştırılmış ve biyokömür uygulamasına bağlı olarak fasulyenin N, P, K, Ca, Fe, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonunun, mısırın ise N, P, K, Zn, Cu ve Mn konsantrasyonunun arttığı, Ca ve Mg konsantrasyonunun ise azaldığı bildirilmiştir. [Zolfi-Bavarian ve ark. \(2016\)](#), biyokömürün kireçli toprakta bitki besin maddesi alımı üzerine olumlu etkisinin olduğunu göstermiştir. Tropikal alanlarda kullanılan biyokömür Fe, Zn ve Cu’nun bitkiler tarafından alınımı artırmaktadır ([Lehmann ve Rondon, 2006](#)). Biyokömür uygulamaları ile bitki kuru maddesi ve yaprak N, K, Ca ve Zn içeriğinde de artışlar olduğu saptanmıştır ([Majeed, 2014](#)). Biyokömür, elde edildiği materyale göre toprak pH’sını artırarak bazı mikro elementlerin yararlılığını azaltmaktadır ([Peng ve ark., 2011](#); [Dong ve ark. 2011](#)). Biyokömür uygulaması sonrasında toprak pH’sındaki artışın biyokömürün kül içeriğiyle ve pH’sıyla ilişkili olduğu düşünülmektedir ([Chirenje ve Lena, 2002](#)).

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen bulgular genel olarak değerlendirildiğinde; inorganik gübre ve keçi gübresi ile biyokömür uygulamalarının soğan bitkisinde verim ve verim öğeleri ile bitki besin elementi içeriğinde genel olarak olumlu etki yarattığı saptanmıştır. Ayrıca kimyasal gübreden yararlanma oranını artırdığı tespit edilmiştir. Organik gübre ve biyokömürün tek başına ya da birlikte uygulanması durumunda bitki gelişiminin iyileştiği tespit edilmiştir. Bu hususlar çalışmanın başlatılmasındaki hipotezin doğrulandığını ve çalışmanın amacına ulaştığını göstermiştir.

Bu çalışmada soğan bitkisi BK ve KG’nin birlikte uygulamasının verim ve verim öğeleri açısından daha uygun olduğu belirlenmiştir. Ancak bu uygulamalarla birlikte yapraktan ya da topraktan Fe, Zn ve Cu uygulamalarıyla verim ve kalitenin daha fazla artırılacağı düşünülmektedir. Organik gübre ve biyokömür

çalışmalarının farklı koşullarda, farklı bitkilerle ve hammadde, hazırlama yöntemi, önışlem görmüş vb. farklı biyokömür çeşitleriyle devam ettirilmesinin de tarım ve çevre açısından önemli veri kaynağı oluşturacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 18L0447003 kodlu lisansüstü tez projesi ile desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Adekiya AO, Agbede TM, Aboyeji CM, Dunsin O, Simeon VT 2019. Biochar and poultry manure effects on soil properties and radish (*Raphanus sativus* L.) yield, *Biological Agriculture and Horticulture*, 35(1): 33-45.
- Antonious GF 2018. Biochar and Animal Manure Impact on Soil, Crop Yield and Quality. In: *Agricultural Waste and Residues*, Chap 4, pp. 45-67.
- Anonymous 1951. Soil Survey Stuff, Soil Survey Manual. Agricultural Research Administration, United States Department of Agriculture Handbook, USA, 18: 340-377.
- Biederman LA, Harpole WS 2013. Biochar and its effects on plant productivity and nutrient cycling: a meta-analysis. *GCB Bioenergy* 5: 202-214.
- Bouyoucos GJ 1951. A recalibration of hydrometer for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.
- Bremner JM 1965. Total Nitrogen Methods of Soil Analysis. Part 2. In: *Chemical and Microbiological Properties* (eds. Black CA). Amer. Soc. of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A., pp. 1149-1178.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S 2008. Using poultry litter biochars as soil amendments. *Australian Journal of Soil Research*, 46: 437-444.
- Cheng CH, Lehmann J, Thies JE, Burton SD, Engelhard, MH 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry*, 37: 1477-1488.
- Chirenje T, Ma LQ 2002. Impact of high-volume wood-fired boiler ash amendment on soil properties and nutrients. *Commun Soil Sci Plant Anal.*, 33: 1-17.
- Deenik JL, McClellan T, Uehara G, Antal MJ, Campbell S 2010. Charcoal volatile matter content influences plant growth and soil nitrogen transformations. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 74: 1259-1270.
- Demir K, Sahin O, Kadioglu YK, Pilbeam DJ, Gunes A 2010. Essential and non-essential element composition of tomato plants fertilized with poultry manure. *Scientia Horticulturae*, 127: 16-22.
- Doan TT, Tureaux TH, Rumpel C, Janeau JL, Jouquet P 2015. Impact of compost, vermicompost and biochar on soil fertility, maize yield and soil erosion in Northern Vietnam: A three year mesocosm experiment. *Science of the Total Environment*, 514: 147-54.
- Dodor DE, Amanor YJ, Attor FT, Adjadeh TA, Neina D, Miyittah M 2018. Co-application of biochar and cattle manure counteract positive priming of carbon mineralization in a sandy soil. *Environmental Systems Research*, 7(5): 1-9.
- Dong X, Ma LQ, Li Y 2011. Characteristics and mechanisms of hexavalent chromium removal by biochar from sugar beet tailing. *Journal of Hazardous Materials*, 190: 909-915.
- Eraslan F, Inal A, Gunes A., Erdal I, Coskan A 2010. Türkiye’de kimyasal gübre üretim ve tüketim durumu, sorunlar, çözüm önerileri ve yenilikler. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak 2010, Ankara.
- Fearnside PM 2000. Global warming and tropical land-use change: Greenhouse gas emissions from biomass burning, decomposition and soils in forest conversion, shifting cultivation and secondary vegetation. *Climatic Change*, 46(1-2): 115-158.
- Gaskin JW, Speir RA, Harris K, Das KC, Lee RD, Morris LA, Fisher DS 2010. Effect of peanut hull and pine chip biochar on soil nutrient, corn nutrient status, and yield. *Agronomy Journal*, 102: 623-633.
- Glaser B, Haumaier L, Guggenberger G, Zech W 2001. The Terra Preta phenomenon: A model for sustainable agriculture in the humid tropics. *Naturwissenschaften*, 88: 37-41.
- Glaser B, Lehmann J, Zech W 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and Fertility of Soils*, 35: 219-230.
- Gunes A 2012. Technical assistance for the implementation of nitrate directive. Task 6: Prepare an Action Plan for Nitrate Directive. Output 6.2. Draft Manure Management Plan. Vakakis International S.A. Athens, Greece.
- Gunes A, Inal A, Taskin MB, Sahin O, Kaya EC, Atakol A 2014. Effect of phosphorus enriched biochar and poultry manure on growth and mineral composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. cv.) grown in alkaline soil. *Soil Use and Management*, 30: 182-184.
- Gunes A, Inal A, Sahin O, Taskin MB, Atakol O, Yilmaz N 2015. Variations in mineral element concentrations of poultry manure biochar obtained at different pyrolysis temperatures, and their effects on crop growth and mineral nutrition. *Soil Use and Management*, 31: 429-437.
- Inal A, Gunes A, Sahin O, Taskin MB, Kaya EC 2015. Impacts of biochar and processed poultry manure, applied to a calcareous soil on the growth of bean and maize. *Soil Use and Management* 31: 106-113.
- Isaac RA, Kerber JD 1971. Atomic Absorption and Flamephotometry: Techniques and uses in soil, plant and water analysis. In: *Instrumental methods for analysis of soils and plant tissue*. (eds: Walsh LM), Soil Science Society of America, Madison, pp. 34-37.
- Jackson ML 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, New Jersey, pp. 498.
- Jones DL, Rousk Edwards-Jones G, DeLuca TH, Murphy DV 2012. Biochar-mediated changes in soil quality and plant growth in a three-year field trial. *Soil biology and Biochemistry*, 45: 113-124.
- Kamman CI, Linsel S, Gossling JW, Koyro HW 2011. Influence of biochar on drought tolerance of chenopodium quinoa wild and on soil-plant relations. *Plant and Soil*: 195-210.
- Kaya EC, Akça H, Taşkın MB, Mounirou MM, Kaya T 2019. Biyokömür ve fosfor uygulamalarının mısır ve çeltik bitkilerinin gelişimi ve mineral element konsantrasyonlarına etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 8(1): 46-54.

- Kurt S 2016. Biyokömür ve vermikompostun mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) kök bölgesindeki enzim aktiviteleri üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bil. Ens. Toprak Bölümü ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Ordu.
- Laird D, Fleming P, Wang BQ, Horton R, Karlen D 2010. Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*, 158: 436-442.
- Lehmann J, Gaunt J, Rondon M 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems - A review. *Mitig. Adapt. Strateg. Glob. Change*, 11(2): 403-427.
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D 2011. Biochar effects on soil biota-A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43: 1812-1836.
- Majeed AJ 2014. Toprak verimliliğini arttırmak için bir toprak düzenleyici olarak biochar. Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Ün., Fen Bil. Ens. Biyomühendislik ve Bilimleri Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J 2010. Maize yield and nutrition after 4 years of doing biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*, 333: 117-128.
- Manolikaki I, Diamadopoulos E 2019. Positive effects of biochar and biochar-compost on maize growth and nutrient availability in two agricultural soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 50(5): 512-526.
- Mayola MM, Leyoly J, Komanda JL 2017. Effet de l'application du biochar et de la litière d'*Acacia mangium* sur la culture du maïs en Alley cropping au plateau de Batéké / RDC. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 19: 897-907.
- Mielki GF, Novais RF, Ker C, Vergütz L, Castro GF 2016. Iron availability in tropical soils and iron uptake by plants. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 40: 1-14.
- Mukherjee A, Lal R 2014. The biochar dilemma. *Soil Research*, 52: 217-230.
- Novak JM, Lima IM, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrah D, Watts WD, Busscher WJ, Shomberg H 2009. Characterization of designer biochar produced at different temperatures and their effects on a loamy sand. *Annals of Environmental Science*, 3: 195-206.
- Oka H, Rungtattanakasin W, Arraratana U, Idthipong S 1993. Improvement of sandy soil in the northeast by using carbonized rice husks. *JICA Technical Report*, 13: 40-42.
- Oldfield TL, Sikirica N, Mondini C, Lopez G, Kuikman PJ, Holden NM 2018. Biochar, compost and biochar-compost blend as options to recover nutrients and sequester carbon. *Journal of Environmental Management*, 218: 465-476.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean NC 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *United States Department of Agriculture Circular*, 939: 1-18.
- Park JH, Choppala GK, Bolan NS, Chung JW, Chuasavathi T 2011. Biochar reduces the bioavailability and phytotoxicity of heavy metals. *Plant and Soil*, 348: 439-451.
- Pratt PF 1965. Methods of soil analysis. In: *Chemical and Microbiological Properties*. (eds. Black CA), American Society of Agronomy, Madison, pp. 771-1572.
- Peng X, Ye LL, Wang CH, Zhou H, Sun B 2011. Temperature- and duration-dependent rice straw-derived biochar: characteristics and its effects on soil properties of an Ultisol in southern China. *Soil Tillage Research*, 112: 159-166.
- Qayyum MF, Liaquat F, Abdur Rehman R., Gul M, Hye MZ, Rizwan M, Rehaman MZ 2017. Effects of co-composting of farm manure and biochar on plant growth and carbon mineralization in an alkaline soil. *Environ Sci Pollut Res*, 24: 26060-26068.
- Richards LA 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *United States Department of Agriculture Handbook, USA*, pp. 1070.
- Sahin O, Taskin MB, Kadioglu YK, Pilbeam DJ, Inal A, Gunes A 2014. Elementel composition of pepper plants fertilized with pelletized poultry manure. *Journal of Plant Nutrition*, 37: 458-468.
- Sahin O, Taskin MB, Kaya EC, Taşkın H 2016. Fosfor ile zenginleştirilmiş biyokömürün marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L. cv. Maritima) gelişimi ve mineral element konsantrasyonu üzerine etkisi. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.*, 31(3): 101-107.
- Schulz H, Glaser B 2012. Effects of biochar compared to organic and inorganic fertilizers on soil quality and plant growth in a greenhouse experiment. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 175: 410-422.
- Schnell RW, Vietor DM, Provin TL, Munster CL, Capareda S 2012. Capacity of biochar application to maintain energy crop productivity: soil chemistry, sorghum growth, and runoff water quality effects. *Journal of Environmental Quality*, 41: 1044-1051.
- Smith NJH 1999. *The Amazon River Forest: A Natural History of Plants, Animals and People*. Oxford University Press, New York.
- Spokas KA, Novak JM, Venterea RT. 2012. Biochar's role as an alternative N-fertilizer: ammonia capture. *Plant and Soil*, 350: 35-42.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macedo JLV, Blum WE, Zech W 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil*, 291(1-2): 275-290.
- Thies J., Rillig, M. 2009. Characteristics of biochar: Biological properties. In: *Biochar for environmental management* (eds. Lehmann J, Joseph S), Earthscan, London, pp. 85-102.
- Uzoma KC, Inoue M, Andry H, Fujimaki H, Zahoor A, Nishihara E 2011. Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil Use and Management*, 27: 205-212.
- Van ZL, Kimber SWR, Morris SG, Chan KY, Downie AL, Rust J, Joseph SH, Cowie AL 2010. Effects of biochar from slow pyrolysis of papermill waste on agronomic performance and soil fertility. *Plant Soil*, 327: 235-246.
- Wang T, Arbestan MC, Hedley M, Bishop P 2012. Predicting phosphorus bioavailability from high-ash biochars. *Plant and Soil*, 357: 173-187.
- Wang L, Xue C, Nie X, Liu Y, Chen F 2018. Effects of biochar application on soil potassium dynamics and crop uptake. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 181: 635-643.
- Yamato M, Okimori Y, Wibowo IF, Anshori S, Ogawa M 2006. Effects of the application of charred bark of *Acacia mangium* on the yield of maize, cowpea and peanut, and soil chemical properties in South Sumatra, Indonesia. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 52: 489-495.
- Zemanova V, Brendova K, Pavlikova D, Kuvatova P, Tlustos P 2017. Effect of biochar application on the content of nutrients (Ca, Fe, K, Mg, Na, P) and amino acids in subsequently growing spinach and mustard. *Plant, Soil and Environment*, 7: 322-327.
- Zolfi-Bavariani M, Ronagh A, Ghasemi-Fasaei R, Yasrebi J 2016. Influence of poultry manure-derived biochars on nutrients bioavailability and chemical properties of a calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 62: 1578-1591.



Farklı sulama miktarlarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı ile verimlilik parametreleri arasındaki ilişkiler

Coşkun Gülser *, Rıdvan Kızılkaya

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

Özet

Bu çalışmada bitkiye yarayırlı su kapasitesinin %25, %50 ve %100'ündeki sulama koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı (SKR), incelenen büyüme ve verim parametreleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır. Bitkiye uygulanan toplam sulama suyu miktarı 378 mm'den (%100 BYS) 286 mm (%50 BYS) ve 249 mm'ye (%25) düştükçe bitki boyu %14,5 ve %23,0, toplam biyokütle %37,3 ve %56,1, dane verimi %31,5 ve %53,3 oranlarında azalmıştır. Toplam biyokütle ve dane verimi için hesaplanan en yüksek SKR değerleri sırasıyla 1,49 g/L ve 0,67 g/L olarak %100 BYS da bulunurken, aynı parametreler için en düşük SKR değerleri sırasıyla 0,99 g/L ve 0,47 g/L olarak %25 BYS uygulamasında bulunmuştur. Sulama suyu miktarı, SKR ve bitki gelişim parametreleri ile önemli pozitif, transpirasyon oranı ve hasat indeksiyle önemli negatif ilişki vermiştir. SKR değerleri bitki boyu, başak boyu, toplam biyokütle, dane verimi ve 1000 dane ağırlığıyla çok önemli pozitif, transpirasyon oranı ve hasat indeksi değerleriyle negatif ilişkiler göstermiştir. Sonuç olarak toprak nem düzeyinin bitki gelişimi için önemli bir faktör olduğu ve aynı zamanda toprak nem miktarının azalmasıyla fotosentez oranının düşmesine bağlı olarak SKR, bitki gelişimi ve verim değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Buğday, sulama, su kullanma randımanı, transpirasyon oranı, verim parametreleri.

Relationships between water use efficiency and yield parameters of wheat grown in different irrigation amounts

Abstract

In this study, the relationships among water use efficiency (WUE), growth and yield parameters of wheat grown under irrigation conditions at 25%, 50% and 100% of available water capacity were investigated. While the amount of total irrigation water reduced from 378 mm (100% AWC) to 286 mm (50% AWC) and 249 mm (25%AWC), the plant parameter values decreased as 14,5% and 23,0% in plant height, 37,3% and 56,1% in total biomass, 31,5% and 53,3% in grain yield, respectively. While the highest WUE value for total biomass (1,49 g/L) and grain yield (0,67 g/L) was obtained with 100% AWC application, the lowest WUE value for the same parameters was found as 0,99 g/L and 0,47 g/L with 25% WUE application, respectively. Irrigation water amount gave significant positive relationships with WUE and plant growth parameters while it gave significant negative relationships with transpiration ratio and harvest index. The WUE values showed significant positive relationships with plant height, spike height, total biomass, grain yield, 1000 grain weight, and significant negative relationships with transpiration ratio, harvest index values. As a result, it was determined that soil moisture level is an important factor for plant growth, and also WUE, plant growth and yield values decrease with reducing photosynthesis rate due to decreasing soil moisture amount.

Keywords: Wheat, irrigation, water use efficiency, transpiration ratio, yield parameters.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Kuraklık stresi bitki gelişimi üzerinde etkili olan en önemli abiyotik faktörlerden birisidir. Kuraklık stresi bitkilerde sadece büyüme ve gelişmeyi etkilemekle kalmayıp aynı zamanda verim miktarlarının da önemli düzeyde azalmasına neden olur (Pan ve ark., 2002). Dünya genelinde gelişmekte olan ülkelerin büyük çoğunluğunu tehdit eden su stresi yüksek verim alımını sınırlayan bir faktör olarak genellikle % 37'lik bir oran ile yetersiz sulama koşullarına sahip buğday yetiştiriciliği yapılan yarı kurak alanlarda görülmektedir (Rajaram, 2001). Su stresi sadece bitkilerin morfolojisi üzerinde etkili olmaz, aynı zamanda onların metabolizmalarını da etkiler. Buğday bitkisinin gelişme döneminde görülen su stresinin biyokütleyi,

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 3121919

E-posta : cgulser@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 27 Mayıs 2020

Kabul Tarihi : 19 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757010](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757010)

kardeşlenmeyi, tane büyüklüğü ve ağırlığını azalttığı bilinmektedir (Dencic ve ark., 2000; Gupta ve ark., 2001). Güler (2001) ekmeklik buğdayın su stresine karşı kalite özelliklerindeki değişimi araştırdığı çalışmasında, en yüksek kalite değerlerini su stresi olmayan uygulamalarda, en düşük değerleri ise tüm gelişme dönemlerinde su stresi olan uygulamalardan elde ettiğini bildirmiştir. Balkan ve Gençtan (2013), buğdayda su kullanımını sınırlandıran osmotik stresin artmasıyla çimlenme oranının, kök uzunluğunun, fide boyunun, kök yaş ağırlığının, toprak üstü yaş ve kuru ağırlığının önemli düzeyde azaldığını, ortalama çimlenme süresi ve kök kuru ağırlığının ise önemli düzeyde arttığını bildirmişlerdir. Öztürk (1999), buğday bitkisinde kuraklığın sulu koşullara göre birim alandaki dane sayısını, ağırlığını ve verimi önemli düzeyde azalttığını bildirmiştir.

Buğday bitkisinin farklı gelişme dönemlerindeki kuraklık koşulları ve çeşide bağlı olarak verim ve verim unsurlarında önemli düzeyde azalma gösterdiği bilinmektedir (Moustafa, 1996; Saleem, 2003; Maqbool ve ark., 2015). Sivamani ve ark. (2000) genetiği değiştirilmiş buğday hatlarına ait verim parametrelerinin kuraklığa karşı iyi dayanım gösterdiğini bulmuşlardır. El Hafid ve ark. (1998), farklı yazlık buğday çeşitleri ile arazi ve serada yürüttükleri çalışmada, farklı kuraklık koşulları altında yetişen buğday bitkisinin su kullanma randımanı, toplam kuru madde ve verim değerlerinin önemli düzeyde farklılıklar gösterdiğini belirtmişlerdir. Blum (1993) kuraklık koşullarına dayanım ile ilgili yapılan çalışmalarda, toplam biyokütle verimi ile su kullanma randımanı değerlerinin, dikkate alınması gereken en önemli agronomik parametrelerden olduğunu bildirmiştir. Toprağın su tutma kapasitesi toprak kalitesinin önemli bir göstergesidir ve bitkiler toprakta 1/3 atm'de tarla kapasitesi ile 15 atm'de solma noktası arasında tutulan ve bitkiye yararlı nem kapasitesi olarak adlandırılan nem değerinden faydalanabilmektedirler (Candemir ve Gülser, 2011; Demir ve Gülser, 2015; Gülser ve ark., 2015). Bu çalışmada bitkiye yararlı nem kapasitesindeki nem değerinin farklı düzeylerinde yapılan sulama suyu miktarlarının buğday bitkisinin gelişimi üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda bitkiye yararlı su kapasitesinin %25, %50 ve tamamının (%100) sağlandığı sera denemesinde, farklı su stres koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin su kullanma randımanı, büyüme ve verim parametrelerine ait değişimler ve aralarındaki ilişkiler araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümüne ait serada tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Sera denemesinde Pandas yazlık buğday çeşidi bitkiye yararlı su kapasitesinin üç farklı düzeyinde (%25, %50 ve %100) 10 tekrarlamalı olarak yetiştirilmiştir. Buğday tohumları 20 adet olacak şekilde 18 cm çapındaki 5 kg'lık saksılarda 4,5 kg fırın kuru killi tın bünyeli toprağa ekilmiştir. Çimlenmeden sonra m²'de 550 adet bitki hesabıyla, her saksıda 14 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Kardeşlenme döneminden önce her saksıya 100 ml Hoagland besin çözeltisi verilmiş ve başka gübreleme yapılmamıştır. Denemede kullanılan killi tın bünyeli toprağın bitkiye yararlı su (BYS) kapasitesi %15,05 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu değer dikkate alınarak saksıların nem içeriği BYS'un %100, %50 ve %25 sulama uygulamaları için sırasıyla %27,15, %19,62 ve %15,86 nem içeriğine getirilmiştir. Saksılar hasat anına kadar iki gün arayla tartılarak eksilen su miktarları BYS kapasitesinin %25, %50 ve %100'üne atmosferik yağışlardan hasat edilen ve filtreden geçirilen suyla sulanarak tamamlanmıştır. Deneme sonunda bitki su tüketimine bağlı olarak uygulanan toplam sulama suyu miktarları her bir saksı için hesaplanmıştır. Bitkiler 93 günlük gelişme dönemi sonunda başak oluşturup tam olgunluğa eriştiklerinde toprak yüzeyinden kesilerek hasat edilmiştir. Hasat öncesi her saksıdaki bitki boyları ve başak uzunlukları ölçülerek kayıt edilmiştir. Hasat sonrası her bir saksıdaki toplam kuru bitki ağırlığı (biyokütle) ve dane ağırlıkları belirlenmiş ve daha sonra 1000 dane ağırlığı ve dane veriminin toplam biyokütle verimine oranı şeklinde ifade edilen hasat indeksi (HI) değerleri hesaplanmıştır (Budak ve Yıldırım, 1995). Toplam verimin bitki gelişme dönemi boyunca harcanan toplam su miktarına oranlanması ile belirlenen su kullanma randımanı (SKR) değerleri toplam biyokütle ve dane verimleri için ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Denemede kullanılan toprak örneğine ait bünye, tarla kapasitesi ve solma noktası analizleri Demiralay (1993)'in belirttiği yöntemler esas alınarak ve pH, EC, kireç, toplam azot ve organik madde analizleri ise Kacar (1994)'in belirttiği yöntemler esas alınarak yapılmıştır (Çizelge 1). Analiz sonuçlarına göre toprak örneğinin killi tın bünyeli, nötr reaksiyonlu, tuzsuz, kireçli ve organik maddece düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Soil Survey Staff, 1993).

Denemeden elde edilen verilere ait varyans analizleri tesadüf parselleri deneme desenine göre SPSS 17 programında yapılmış, ortalamalar arasındaki farkların önem düzeyi Duncan çoklu karşılaştırma testi ile

belirlenmiştir. Denemede ölçülen ve hesaplanan değerler arasındaki korelasyon katsayıları da belirlenmiştir (Yurtsever 1984).

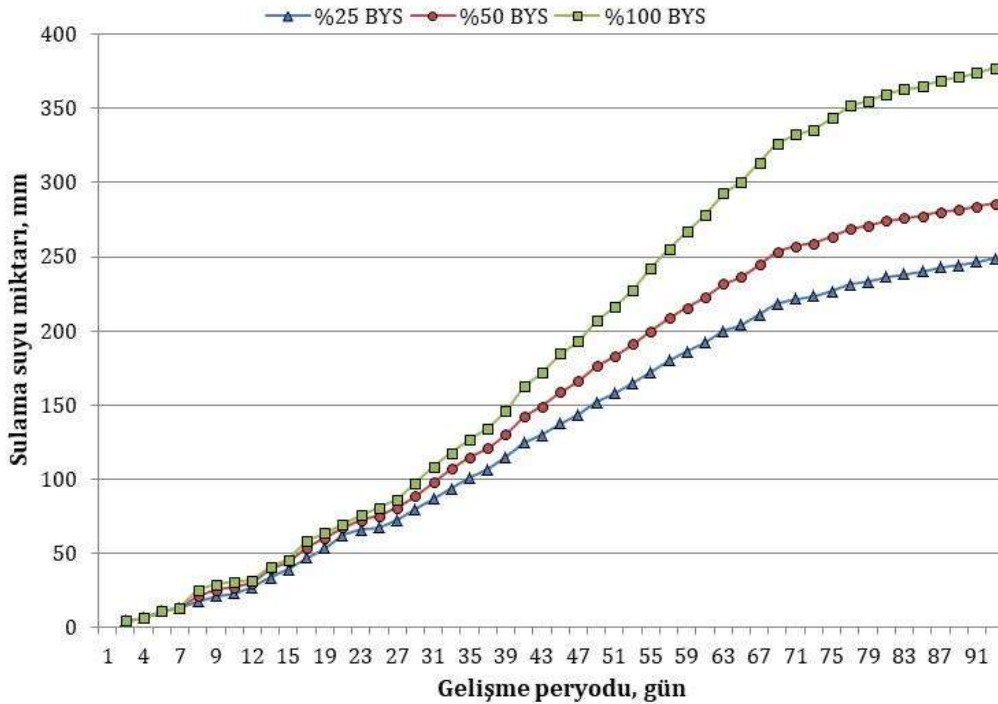
Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Kum, %	28,55	pH (1:1)	7,25
Kil, %	30,16	EC ₂₅ , dSm ⁻¹	0,50
Silt, %	41,29	CaCO ₃ , %	12,84
Tarla Kapasitesi, %	27,15	Toplam N, %	0,11
Solma Noktası, %	12,10	Organik Madde, %	2,01
Bitkiye Yarayışlı Su Kapasitesi, %	15,05	C/N	10,54

Bulgular ve Tartışma

Sulama Suyu Miktarının Bitki Gelişimine ve Verime Etkisi

Sera denemesinde 93 günlük gelişme periyodu boyunca bitkiye yarayışlı su kapasitesinin üç farklı düzeyinde (%25, %50 ve % 100 BYS) uygulanan toplam sulama suyu miktarlarına ait ortalama değerler Şekil 1’de verilmiştir. Sera koşullarında bitkiye yarayışlı su kapasitesinin %100, %50 ve %25’inin sağlandığı uygulamalarda, gelişme dönemi boyunca verilen sulama suyu miktarlarının toplam bitki su tüketimlerine bağlı olarak sırasıyla 378 mm, 286 mm ve 249 mm olduğu ölçülmüştür. Toplam sulama suyu miktarları istatistiksel olarak kendi aralarında önemli düzeyde farklılık göstermiştir (P<0.01). Uygulamalar arasında verilen toplam su miktarlarının farklı olmasına rağmen, bütün uygulamalarda yazlık buğday bitkisinin su tüketimi veya evapotranspirasyon değerinin 15. günden 71. güne kadar daha hızlı arttığı, bu tarihten sonra azaldığı gözlenmiştir. Kardeşlenme döneminden dane dolum süresine kadar buğday bitkisinin su tüketimi artmakta, fizyolojik olgunlaşma sonu ve hasat dönemine kadar olan sürede ise bitki su tüketimi giderek azalmaktadır. Öztürk ve Korkut (2018) sapa kalkma döneminden başaklanma dönemine kadar oluşan erken dönem kuraklığın, başaklanma döneminden sonraki kuraklığa göre verimi daha fazla etkilediğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada da bitkilerin başaklanma dönemine kadar tükettikleri su miktarının daha fazla olduğu görülmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Bitkiye yarayışlı suyun (BYS) farkı düzeylerinde uygulanan toplam sulama suyu miktarları.

Bitkiye yarayışlı suyun farklı düzeylerindeki uygulamalara ait bitki büyüme ve gelişim parametreleri ile verim değerleri Çizelge 2’de verilmiştir. Bitki ve başak boyları BYS’un her üç uygulamasında da istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılık göstermiştir (P < 0.01). Sulamanın tam yapıldığı %100 BYS uygulamasında en uzun bitki boyu (61,91 cm) ve başak boyu (8,84 cm) değerleri elde edilirken, en kısa bitki boyu (47,64 cm) ve başak boyu (7,68 cm) değerleri en az sulama yapılan %25 BYS uygulamasında belirlenmiştir. Sulamanın tam yapıldığı %100 BYS uygulamasıyla karşılaştırıldığında, %50 ve %25 BYS uygulamalarında sırasıyla bitki

boyları %14,5 ve %23,0, başak boyları ise %2,5 ve %13,1 oranlarında azalma göstermiştir. Nitekim, Ünsal ve ark. (2018) tam ve yarı sulama uygulamalarında yetiştirilen buğday bitkilerinin boylarında kuraklık koşuluna bağlı olarak 48,4 cm ile 59,7 cm arasında değişim gösterdiğini bildirmiş olması bizim sonuçlarımızı destekler niteliktedir. Ayrıca yine Arnon (1972) stres koşullarındaki bitkilerin boylarındaki kısalmayı, bitki dokularındaki nispi su doygunluğunun (turgidite) azalması ve protoplazmadaki dehidrasyon artışı sonucunda turgor ve hücre genişlemesindeki azalmayla birlikte hücre bölünmesinde görülen düşüşle açıklamıştır. Saleem (2003) farklı ekmeklik buğday çeşitleri ile sulamalı ve sulamasız arazi koşullarında yürüttüğü çalışmada, sulu koşullarda yetişen buğday bitkilerinin boy, başak uzunluğu toplam verim, dane verimi ve 1000 dane ağırlıklarının kurak koşullarda yetişenlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğunu bulmuştur.

Farklı sulama suyu miktarlarındaki bitki gelişimine bağlı olarak buğday bitkisinin verim parametrelerinde de istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 2). Toplam biyokütle, dane verimi ve 1000 dane ağırlığına ait en yüksek değerler %100 BYS uygulamasında belirlenirken, en düşük değerler ise en az sulama suyu miktarına sahip %25 BYS uygulamasında bulunmuştur. Su stresinin olmadığı %100 BYS uygulamasıyla karşılaştırıldığında, %50 ve %25 BYS uygulamalarında sırasıyla toplam biyokütle %37,3 ve %56,1, dane verimi %31,5 ve %53,3, bitkilerin 1000 dane ağırlıkları ise %7,5 ve %14,2 oranlarında azalmıştır. Kurak koşullarda yetiştirilen buğday bitkisinin kuru ağırlığında azalma, sapların daha kısa ve başakların daha küçük olduğu, dane veriminin önemli düzeyde düştüğü bilinmektedir (Majer ve ark., 2008). Öztürk (1999) buğday bitkisinde tam kuraklığın sulu koşullara göre dane verimini %65,0 ve dane ağırlığını %19,9 oranlarında azalttığını bildirmiştir.

Bitkilere ait hasat indeksi değerleri incelendiğinde en yüksek değer (%49,19) %50 BYS uygulamasında belirlenmiş, fakat bu değer %100 BYS uygulamasındaki hasat indeksi değerinden (%47,89) istatistiksel olarak önemli düzeyde bir farklılık göstermemiştir. Austin (1994) kuraklık koşullarında yetişen buğday bitkilerindeki yüksek hasat indeksi değerlerini, bitkinin kuraklığa dayanım için besin elementlerini genç sürgünlere sağlayarak boyunu daha kısa tutmasıyla açıklamıştır. Bu çalışmada da benzer nedenle %50 BYS uygulamasında, %100 BYS uygulamasına göre hasat indeksi değeri artış göstermiş olabilir. En az sulama suyuna sahip %25 BYS uygulamasında en düşük hasat indeksi değeri (%45,04) elde edilmiş ve bu değer istatistiksel olarak diğer uygulamalardan önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($P<0.05$). Khakwani ve ark. (2012), altı farklı buğday çeşidi ile yaptıkları çalışmada en yüksek hasat indeksi değerinin (%50,72) tarla koşullarındaki kontrol sulamasından elde edilirken, başaklanma dönemine doğru uygulanan 20 günlük kuraklık döneminde yetişen buğdaylarda hasat indeksi değerlerinin %67 ile %23 arasında azaldığını bildirmişlerdir. Diğer bir arazi çalışmasında Bayoumi ve ark. (2008) 420 mm ve 140 mm'lik iki farklı sulama suyu miktarında yetiştirilen buğday çeşitlerine ait ortalama verim değerleri dikkate alındığında, kurak koşullarda bitki boyunda %14,7, başak boyunda %23,7, biyolojik verimde %32,9, dane veriminde %43,2, bitki 1000 dane ağırlığında %16,4 ve hasat indeksi değerinde ise %12,7'lik azalma olduğunu belirtmişlerdir. Birçok araştırmacı farklı buğday çeşitleri ile kuraklık koşullarında yürüttükleri çalışmalarda, sulu koşullarda yetişen buğday bitkilerinin boy, başak uzunluğu toplam verim, dane verimi ve 1000 dane ağırlıkları ve hasat indeksi değerlerinin kurak koşullarda yetişenlerden istatistiksel olarak önemli düzeyde daha yüksek olduğunu bulmuşlardır (Saleem, 2003; Akram, 2011). Bu çalışmada da benzer şekilde sera koşullarında gelişme dönemi boyunca buğday bitkisine uygulanan toplam sulama suyu miktarı 378 mm'den (%100 BYS), 286 mm (%50 BYS) ve 249 mm'ye (%25 BYS) düştükçe, bitki gelişim parametreleri ve verim değerlerinin de azaldığı bulunmuştur.

Çizelge 2. Bitkiye yarayışlı suyun (BYS) farklı düzeylerinde bitki gelişimi ve verim parametreleri.

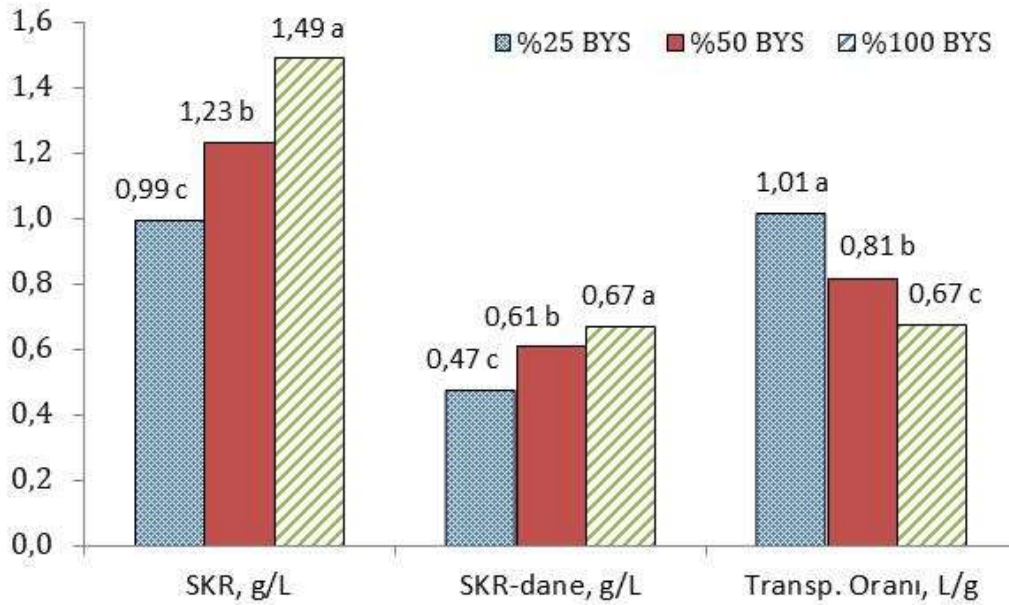
Sulama uygulamaları	Bitki boyu, cm	Başak boyu, cm	Toplam biyokütle, g/saksı	Dane verimi, g/saksı	1000 dane ağırlığı, g	Hasat indeksi, %
%25 BYS	47,64 c	7,68 b	6,29 c	3,01 c	28,83 b	45,04 b
%50 BYS	52,95 b	8,62 a	8,98 b	4,42 b	31,06 ab	49,19 a
%100 BYS	61,91 a**	8,84 a**	14,32 a**	6,45 a**	33,59 a**	47,89 a*

Farklı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark ** $P<0,01$ ve * $P<0,05$ düzeyinde önemlidir.

Sulama Suyu Miktarının Bitki Su Kullanma Randımanına Etkisi

Bitkiye yarayışlı su kapasitesinin %100, %50 ve %25 düzeyleri için uygulanan sulama suyu miktarlarına göre hesaplanan su kullanım randımanı (SKR) ve transpirasyon oranı değerleri istatistiksel olarak çok önemli düzeyde farklılık göstermiştir ($P<0.01$) (Şekil 2). Toplam biyokütle ve dane için BYS'un %100'ünde sırasıyla 1,49 ve 0,67 g/L olarak hesaplanan SKR değerleri, BYS'un %25'e düşmesiyle en düşük SKR değerleri olarak

sırasıyla 0,99 ve 0,47 g/L şeklinde bulunmuştur. Toplam biyokütle için hesaplanan SKR değerleri %100 BYS uygulamasıyla karşılaştırıldığında, %50 ve %25 BYS uygulamalarında sırasıyla %17,3 ve %33,3 oranlarında azalmıştır. Benzer olarak dane verimine ait SKR değerleri ise %100 BYS uygulamasına göre %50 ve %25 BYS uygulamalarında sırasıyla %9,1 ve %28,9 oranlarında azalmıştır. [Sivamani ve ark. \(2000\)](#) serada farklı buğday çeşitleri ile yürüttükleri denemede iyi sulanmış koşullarda bitkilerin SKR değerlerinin 0,66 ile 0,68 g/L arasında olduğunu, orta derecede kuraklık koşullarında yetişen bitkilerin 0,53 ile 0,57 g/L arasında belirlenen SKR değerlerinden yüksek olduğunu bildirmişlerdir. [Al-Karaki \(1998\)](#) iki farklı buğday çeşidiyle yürüttüğü sera çalışmasında, iyi sulanan bitkileri su kullanma randımanlarının 0,63 ile 0,78 g kuru madde /L arasında değiştiğini ve kuraklık koşullarında yetişen bitkilerin SKR değerlerinden (0,58 ile 0,65 g/L) daha yüksek bulmuşlardır. Sulama suyu miktarının azalışı transprasyon oranının arttığını göstermiştir (Şekil 2). Su stres koşulları arttıkça birim kuru biyokütle üretimi için bitkinin harcadığı su miktarı artmaktadır. En yüksek transprasyon oranı (1,01 g/L) %25 BYS uygulamasında belirlenirken, transprasyon oranı değerleri sulama suyunun artışıyla %50 BYS (0,81 L/g) ve %100 BYS (0,67 L/g) uygulamalarında sırasıyla %19,7 ve % 33,5 oranlarında azalmıştır.



Şekil 2. Bitkiye yarayışlı suyun (BYS) farklı düzeylerinde su kullanma randımanı (SKR) ve transprasyon oranındaki değişimler (P<0,01).

Sulama Suyu Miktarı, SKR ve Verimlilik Parametreleri Arasındaki İlişkiler

Bitkiye yarayışlı su kapasitesinin üç farklı düzeyindeki sulama suyu miktarı (SS), SKR, transprasyon oranı ve buğday bitkisine ait verimlilik parametreleri arasındaki korelasyon katsayıları Çizelge 3'te verilmiştir. Sulama suyu miktarı SKR (0,904**) ve SRKR-dane (0,841**) değerleriyle önemli pozitif, transprasyon oranıyla (-0,878**) önemli negatif ilişki göstermiştir. Sulama suyu miktarı ve SKR değerleri verimlilik parametrelerinden toplam biyokütle, dane verimi, 1000 dane ağırlığı, bitki boyu, başak boyu değerleri ile çok önemli pozitif ilişkiler verirken, hasat indeksiyle genelde önemli negatif ilişki göstermişlerdir. Transprasyon oranı ise aynı bitki parametreleriyle negatif, hasat indeksi ile pozitif ilişki vermiştir. Buğday bitkisinin toplam biyokütle, dane verimi, bitki boyu ve başak boyu değerleri de kendi arasında çok önemli pozitif ilişkiler vermiştir. [Öztürk ve Korkut \(2018\)](#)'ta farklı kuraklık uygulamalarında yetişen buğday bitkisinin dane verimi, biyolojik verim ve başak uzunluğu değerleri arasında çok önemli pozitif ilişkiler belirlemişlerdir. [Khakwani ve ark. \(2012\)](#), farklı kuraklık koşullarında buğday çeşitleri ile yaptıkları çalışmada bitkilerin yaprak alanları ve nispi nem içerikleri ile bitki boyu, dane verimi, 1000 dane ağırlığı ve toplam biyolojik verim değerleri arasında önemli pozitif korelasyon katsayıları belirlemişlerdir. Bu çalışmada da bitkilerin gelişme dönemi boyunca sağlanan sulama suyu miktarı arttıkça bitkinin verim değerleri de artmıştır.

Çizelge 3. Sulama suyu miktarı (SS) ile buğday bitkisine ait bazı biyolojik ve fizyolojik parametreler arasındaki ilişkiler (n=30).

	SKR	SKR-dane	Transpras. Oranı	Toplam Biyokütle	Dane ağırlığı	1000 dane ağırlığı	Hasat İndeksi	Bitki Boyu	Başak Boyu
SS, mm	0,904**	0,841**	-0,878**	0,978**	0,974**	0,640**	-0,387*	0,953**	0,713**
SKR		0,922**	-0,985**	0,970**	0,950**	0,522**	-0,457*	0,868**	0,686**
SKR-dane			-0,935**	0,887**	0,936**	0,621**	-0,086	0,794**	0,773**
Transp. Oranı				-0,939**	-0,932**	-0,550**	0,409*	-0,856**	-0,733**
Top. Biyokütle					0,984**	0,586**	-0,448*	0,928**	0,693**
Dane ağırlığı						0,653**	-0,289	0,921**	0,752**
1000 dane ağı.							0,051	0,676**	0,416*
Hasat İndeksi								-0,421*	-0,022
Bitki Boyu									0,690**

**%1 düzeyinde, *%5 düzeyinde önemli, SS: sulama suyu miktarı, SKR:su kullanma randımanı.

Bitkilerin gelişme dönemi boyunca sağlanan sulama suyu miktarı arttıkça bitkinin verim değerleri de artmıştır. [El Hafid ve ark. \(1998\)](#) farklı kuraklık koşullarında yetiştirilen buğday bitkisinin fotosentez oranı ile dane ve toplam verim değerleri arasında doğrusal ilişkiler elde etmişlerdir. [Akram \(2011\)](#) sulu koşullarda yetişen buğday bitkilerinin ozmotik potansiyellerinin düşmesi ve turgor potansiyellerinin artması nedeniyle fotosentez ve net asimilasyon miktarlarının arttığını ve sonuçta kurak koşullarda yetişen bitkilere göre daha yüksek verim değerleri gösterdiklerini bildirmiştir. [Siddique ve ark. \(2000\)](#) bitki gelişme dönemine bağlı oluşturulan farklı kuraklık koşullarında yetiştirilen buğday çeşitlerinde, bitkilerin su içerikleri, fotosentez ve verim ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar kuraklık koşullarının yaprak su potansiyelini önemli derecede azalttığını, yaprak su içeriğinin azalmasıyla fotosentez oranının azaldığını, kurak koşullarda artan yaprak ve kanopi sıcaklığının stomaların kapanmasına ve solunumun azalmasına neden olabildiğini bildirmişlerdir. [El Hafid ve ark. \(1998\)](#) tam sulama ve üç farklı kuraklık koşulunda yetiştirilen 6 yazlık buğday çeşidi ile yürüttükleri çalışmada, kuraklık koşulları altında toplam kuru madde, dane verimi ve su kullanma randımanı değerlerinin “fotosentez (net CO₂ alımı)/solunum oranı (A/E)” ve ozmoregülasyon kapasitesiyle pozitif ilişkiler gösterdiğini bulmuşlardır. Araştırmacılar çeşitlerin kuraklığa dayanımının belirlenmesinde A, A/E, stoma direnci ve ozmotik ayarlama değerlerinin anahtar kontrol noktaları olabileceğini, erken kuraklık koşullarında yüksek ozmoregülasyon kapasitesi ve fotosentez/solunum oranına sahip çeşitlerin seçiminin toplam kuru madde ve dane verimini artırabileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada da azalan toprak nem miktarlarına bağlı olarak bitkilerin fotosentez ve solunum oranlarının azalmasına bağlı olarak bitkilerin gelişim parametreleri ve verim değerlerinin azaldığı anlaşılmıştır.

Sonuç

Bitkiye yarayışlı su kapasitesinin %100, %50 ve %25 düzeylerinde yetiştirilen yazlık buğday bitkisinin SKR, gelişme ve verim parametreleri toprak nem içeriğinden önemli düzeyde etkilenmiştir. Sulama suyu miktarının azalmasına bağlı olarak, azalan toprak nemi ve artan su stres koşullarında buğday bitkisinin su kullanma randımanı yani tükettiği birim su miktarı başına ürettiği toplam verim azalmıştır. En yüksek verim ve gelişme parametreleri %100 BYS nem düzeyinde yetiştirilen bitkilerde belirlenirken, en düşük değerler %25 BYS uygulamasında belirlenmiştir. Diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında %100 BYS uygulamasında toprakta daha fazla nemin bulunması stoma direncinin azalmasına ve fotosentezle alınan CO₂ miktarının artışına bağlı olarak gelişme ve verim parametrelerinde artış sağladığı anlaşılmıştır. Bitkiye yarayışlı su kapasitesinin %50 ve %25 seviyelerinde uygulanmasıyla toprakta azalan nem miktarına bağlı olarak bitkinin turgor durumu azalıp ozmotik potansiyel değeri artmakta, bitki su kaybını önlemek için stomalarını kapatarak solunumunu azaltmaktadır. Bu durum SKR ve net asimilasyonun azalmasıyla verim değerlerinin de azalmasına yol açmaktadır. Sera koşullarında yürütülen bu çalışmada göstermiştir ki toprağın nem içeriği bitki gelişimi için önemli bir edafik faktördür. Eğer toprakta düzensiz yağış veya kısıtlı sulama uygulamaları sonucunda yeterli nem miktarı bulunmazsa bitkisel verim önemli düzeyde düşecektir.

Kaynaklar

- Akram M, 2011. Growth and yield components of wheat under water stress of different growth stages. *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 36(3), 455-468.
- Al-Karaki GN, Clark RB, 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. *Journal of Plant Nutrition*, 21(2), 263-276.

- Arnon I, 1972. Crop Production in Dry Regions, Background and Principles. (Ed.): N. Polunin. Leonard Hill Book, London, Vol. 1, Pp. 203-211.
- Austin RB, 1994. Plant breeding opportunities. In: Physiology and Determination of Crop Yield. (Ed.): K.J. Boote. CSSA, Madison, Wisconsin, USA. The American Society of Agronomy. pp. 567-586.
- Balkan A, Gençtan T, 2013. Ekmeklik buğdayda (*Triticum Aestivum* L.) osmatik stresin çimlenme ve erken fide gelişimi üzerine etkisi. *Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 10(2): 44-52.
- Bayoumi TY, Eid MH, Metwali EM, 2008. Application of physiological and biochemical indices as a screening technique for drought tolerance in wheat genotypes. *African Journal of Biotechnology* 7: 2341-2352.
- Blum A, 1993. Selection for sustained production in waterdeficit environments, in: D. Buxton III (Ed.), International Crop Science I, CSSA, Madison, WI, 1993, pp. 343-347.
- Budak N, Yıldırım MB, 1995. Harvest index, biomass production and their relationships with grain yield in wheat. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 32(2), 25-28.
- Candemir F, Gülser C, 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42(1), 13-28.
- Demir Z, Gülser C, 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3), 185-190.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 111-120.
- Dencic S, Kastori R, Kobiljski B, Duggan B, 2000. Evaporation of grain yield and its components in wheat cultivars and land races under near optimal and drought conditions. *Euphytica* 1: 43-52
- El Hafid R, Smith DH, Karrou M, Samir K, 1998. Physiological attributes associated with early-season drought resistance in spring durum wheat cultivars. *Canadian Journal of Plant Science* 78(2): 227-237.
- Gupta NK, Gupta S, Kumar A, 2001. Effect of water stress on physiological attributes and their relationship with growth and yield in wheat cultivars at different growth stages. *Journal of Agronomy and Crop Science* 186(1), 55-62.
- Güler M, 2001. Ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.)'in belirli gelişme dönemlerindeki su stresinin bazı kalite özelliklerine etkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 7(3): 21-28.
- Gülser C, Kızılkaya R, Aşkın T, Ekberli İ, 2015. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science and Utilization* 23(3), 135-141.
- Kacar B, 1994. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri III. Toprak Analizleri. A.Ü. Zir.Fak. Eğitim Araş. ve Geliştirme Vak. Yay.No:3. Ankara.
- Khakwani AA, Dennett MD, Munir M, Abid M, 2012. Growth and yield response of wheat varieties to water stress at booting and anthesis stages of development. *Pakistan Journal of Botany* 44(3), 879-886.
- Majer P, Sass P, Lelley T, Cseuz L, Vass I, Dudits D, Pauk J, 2008. Testing drought tolerance of wheat by a complex stress diagnostic system installed in greenhouse. *Acta Biologica Szegediensis* 52(1), 97-100.
- Maqbool MM, Ali A, Haq T, Majeed MN, Lee DJ, 2015. Response of spring wheat (*Triticum aestivum* L.) to induced water stress at critical growth stages. *Sarhad Journal of Agriculture* 31(1), 53-58.
- Moustafa MA, Boersma L, Kronstad WE, 1996. Response of four spring wheat cultivars to drought stress. *Crop Science* 36(4), 982-986.
- Öztürk A, 1999. Kuraklığın kışlık buğdayın gelişmesi ve verimine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23: 531-540.
- 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.
- Pan XY, Wang YF, Wang GX, Cao QD, Wang J, 2002. Relationship between growth redundancy and size inequality in spring wheat populations mulched with clear plastic film. *Acta Phytocology Sinica* 26: 177-184.
- Rajaram S, 2001. Prospects and promise of wheat breeding in 21st century. *Euphytica* 119: 3-15.
- Saleem M, 2003. Response of durum and bread wheat genotypes to drought stress. *Asian Journal of Plant Sciences* 2(3): 290-293.
- Siddique MRB, Hamid A, Islam MS, 2000. Drought stress effects on water relations of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 41, 35-39.
- Sivamani E, Bahieldin A, Wraith JM, Al-Niemi T, Dyer WE, Ho THD, Qu R, 2000. Improved biomass productivity and water use efficiency under water deficit conditions in transgenic wheat constitutively expressing the barley HVA1 gene. *Plant Science*, 155(1), 1-9.
- Soil Survey Staff, 1993. Soil Survey Manual. USDA Handbook No:18 Washington.
- Ünsal NE, Türker MH, Akkaya G, 2018. Bazı durum buğday çeşitlerinin kurağa mukavemet yönünden toprak altı ve üstü organlarının incelenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 22(4), 551-559.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Tarım ve Orman Bakanlığı Köy. Hizmetleri Genel Müd. Yayınları 121, 56, 574 s. Ankara.



Komşu iki mikro havzada erozyon duyarlılık değerlerinin arazi örtüsü ve arazi kullanımına bağlı değişimin belirlenmesi

Ali İmamoğlu ^{1,*}, Orhan Dengiz ²

¹ Nevşehir Hacı Bektaş Veli Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Nevşehir

² Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

Özet

Erozyon risk durumlarının belirlenmesine yönelik toprak duyarlılık indekslerinin kullanılması, özellikle erozyon araştırmalarında önemli yer teşkil etmektedirler. Toprağın erozyona duyarlılığı, yağış veya yüzey akışla toprağın parçalanmaya direncidir. Bu çalışmanın amacı, Gediz havzası içerisinde yer alan yaklaşık 16.6 km² alan kaplayan Ilıcak ve Kum Çayı iki bitişik mikro havzada dağılım gösteren toprakların strüktür stabilite indeksi, agregat stabilitesi ve dispersiyon oranları belirlenerek, arazi örtüsü/arazi kullanımı ile arasındaki ilişkilerin incelenmesidir. Bu çalışmada, Mikro havzalarda dağılım gösteren toprakların erozyona karşı gösterdiği direncin, bazı erozyona duyarlılık indeksleri kullanılarak, arazi kullanım durumuna bağlı değişimleri karşılaştırılmıştır. Arazi çalışmaları yanında, uydu verileri, sayısal arazi yükselti modeli, ve sayısal jeoloji haritaları gibi toprak ve arazi kullanımı ile ilişkili veriler uzaktan algılama ve coğrafi bilgi sistemleri ile analiz edilmiştir. Çalışma alanı 700m x 700m grit aralıklarına bölünerek 0-30 cm derinlikten ekili alanlarda 186 örnek, orman alanlarından 74 örnek mera alanlarından ise 59 örnek ile toplam 319 adet toprak örnekleri alınmıştır. Alına örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılarak, toprakların asma tarımı için uygunluk aralık değerleri belirlenmiştir. Toprakların bünyeleri kum, tınlı kum ve kumlu tınlı arasında değişmekte olup hafif alkali ve hafif asit reaksiyonludur. Elde edilen sonuçlara göre ekili alanlardaki dispersiyon oranı ve agregat stabilitesi ortalamasının altında değerler gösterirken strüktür stabilite indeksi değeri özellikle tarım alanlarda erozyona karşı oldukça duyarlı oldukları belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanımı/arazi örtüsü, Mikro havza, Toprak aşınabilirliği.

Determination of relationship between situation of soil erosion sensitivity indexes and land use/land cover in two adjacent micro catchments

Abstract

In order to determine erosion risk cases using soil erodibility indexes, they occupy important place particularly for erosion researches. Soil erodibility is the resistance of soil to detach by rainfall impact or surface flow force. The main aim of this research is determination of relationship between situation of soil erosion sensitivity and land use/land cover in two adjacent micro catchments called Ilıcak and Kum Çay located in Gediz Basin soils. In this study, it was determined erodibility indexes and resistance case of different soils found in two adjacent micro catchments to erosion using some soil structure index, aggregate stability and dispersion ratio to compare their variability each other based on land use and land cover. In addition to field studies, digital soil and land use related (satellite data, DEM and digital geology maps) data were used and analysed with remote sensing and geographic information systems techniques. The study site was divided into 700m x 700m grid squares. The total of 319 grid points was obtained and 319 soil samples were collected from surface soil (0-30 cm) depths of each grid centre located on crop land (186), forest land (74) and pasture land (59). Soil textures of the study area vary from sand to sandy lam and loamy sand and their soil reaction changes between slightly alkaline and acid. According to obtained results, values of soil structure index, aggregate stability and dispersion ratio were found low level as erodible soil particularly in crop lands.

Keywords: Land use/land cover, Micro catchment, Soil erodibility.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Türkiye, arazi varlığının önemli bir kısmı eğimli arazilerden oluşan bir ülkedir. Bu sebeple ülkemizde toprak koruma ve yönetimi oldukça hassas bir konudur. Bu nedenle toprakların fiziksel özelliklerinin iyileştirilmesi özellikle tarımsal anlamda ve toprak varlığının korunması açısından bir zorunluluktur. Toprakların fiziksel özelliklerinin geliştirilerek strüktür stabilitelelerinin artırılması, toprakta iletkenliğin artışına, profilde normal su rejiminin düzelmesine ve bitkiye elverişli duruma gelmesine olanak sağlamaktadır (*Özdemir ve ark.,*

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 544 8606866

E-posta : aliimamoglu@yandex.com

Geliş Tarihi : 10 Ekim 2019

Kabul Tarihi : 20 Mayıs 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757017](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757017)

2015). Yine yapılan bir araştırmaya göre strüktürel bakımdan gelişmiş bir toprakta havalanma ve su tutma kapasitesinin artması yanında, bitki besin elementlerinin alımı kolaylaşmakta ve erozyona karşı dayanıklılık artmaktadır (Turgut ve Aksakal, 2010). Bu sebeple fiziksel parametrelerin hangi arazi kullanım şartlarında nasıl değişiklik gösterdiği konusu incelenmesi gereken önemli bir konudur. Toprakların agregat büyüklük dağılımları ve stabilite ölçümleri fiziksel özellikler olmasına rağmen, toprakların bir kalite göstergesi olarak kabul edilmektedir (Candemir ve Gülser, 2011; Gülser ve ark. 2015). Ayrıca agregat stabilitesi ölçümleri toprak agregatlarının bozulmayı oluşturan çevresel etmenlere karşı direncinin belirlenmesinde önemli bir parametre olarak kullanılmaktadır (Gülser 2004; Eraslan ve ark., 2016).

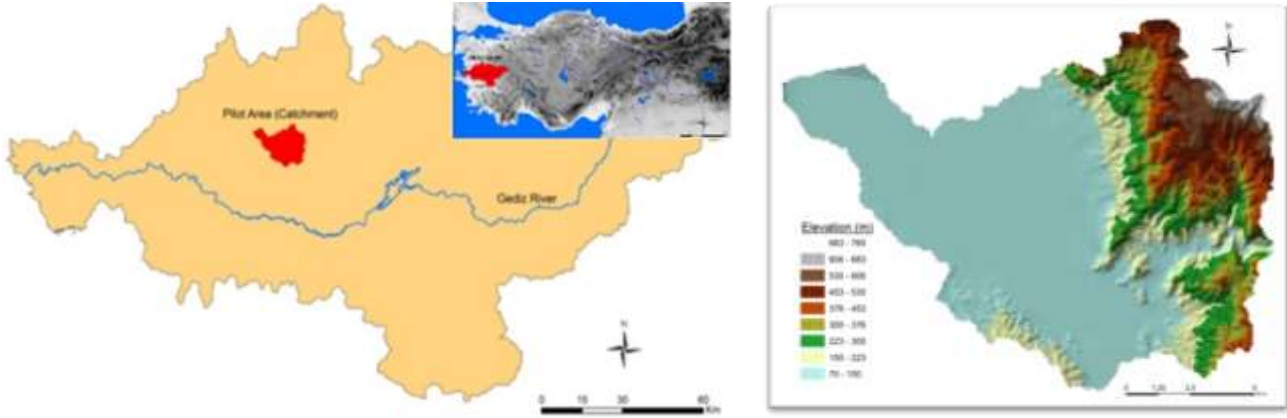
Bu çalışmanın amacı, Gediz havzası içerisinde yer alan yaklaşık 16.6 km² alan kaplayan Ilıcak ve Kum Çayı iki bitişik mikro havzada dağılım gösteren toprakların strüktür stabilite indeksi, agregat stabilitesi ve dispersiyon oranları belirlenerek, arazi örtüsü/arazi kullanımı ile arasındaki ilişkilerin incelenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma sahasının yeri ve sınırları

Araştırma sahası Gediz Havzası içerisinde bulunan iki mikro havzadan oluşmaktadır. Yaklaşık 16.500 hektar olan çalışma alanı, deniz seviyesinden 70 m ile 760 m arasında yükselti değişimine sahiptir. Manisa ilinin Akhisar ilçesi sınırları içerisinde bulunmaktadır. Havza alanının genel arazi örtüsü ve arazi kullanımları sulu tarım, kuru tarım, maki, çalılık arazi, orman, yerleşimler, çıplak ve kumluk alanlardır.



Şekil 1. Araştırma sahası lokasyon ve yükselti haritası

Araştırma sahasında ortalama sıcaklık değerleri yıllık 13.5°C - 16.6°C arasında ve ortalama yağış değeri ise yıllık 450-1060 mm arasında değişmektedir. Havzanın yıllık yağış ortalaması 603 mm'dir. Yıllık ortalama sıcaklık değeri 15.9°C civarındadır. Ortama sıcaklıklar 0 °C nin altına düşmemektedir. Kış aylarında ortalama sıcaklık değerleri 8 °C nin üzerindedir. Sıcaklıkların arttığı yaz aylarında ise ortalama sıcaklık değerleri 25 °C nin üzerinde görülmektedir. Bölgede en sıcak geçen ayların Temmuz ve Ağustos ayları olduğu gözlenmiştir.

Yöntem

Toprak Örnek Alımı ve Analizleri

Alan 700m x 700m şeklinde oluşturulan grit sisteminden yüzeyden (0-30 cm) 319 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Toprak örneklemesine ait desen Şekil 2'de verilmiştir. Toprak örnek noktaları farklı topoğrafik konumlar ve arazi kullanımları/arazi örtüsü tipleri göz önüne alınarak belirlenmiştir.

Ekili alanlarda 186 örnek, orman alanlarından 74 örnek mera alanlarından ise 59 örnek alınmıştır. Bünye (Tekstür): Hidrometre yöntemi kullanılarak (Bouyoucous, 1951), Kireç: Serbest karbonatların tayininde Scheibler kalsimetresi kullanılarak (Soil Survey Staff, 1993), Toprak reaksiyonu (pH): Saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre kullanarak (Soil Survey Staff, 1992), Elektriksel iletkenlik: Saturasyon çamurunda kondaktivimetre aleti kullanılarak (Soil Survey Staff, 1992), Organik madde: Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1958). Agregat stabilitesi (AS) Yoder tipi eleme setinde ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Suya Dayanıklı Agregat Stabilitesi (SAD): Yoder tipi eleme setinde ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986).

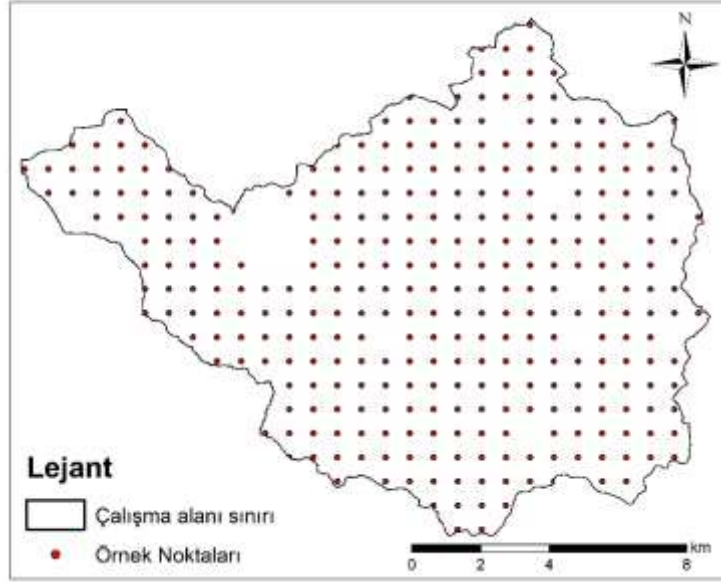
Strüktür Stabilité İndeksi (SSI): Strüktür değeri, hidrometre ölçümlerine dayanılarak ve aşağıdaki eşitlik kullanılarak bulunmuştur (Leo, 1963).

$S = \Sigma n - \Sigma b$ S= dayanıklılık ölçütü

Σn = Mekanik analizle elde edilen silt ve kil fraksiyonları toplamı

Σb = Agregatlardan süspansiyona dispers olan silt ve kil fraksiyonları toplamı.

Dispersiyon oranı (DO): Süspansiyonda dispers edilmeden ölçülen silt+kil % değerinin, mekanik analizde ölçülen silt+kil % değerine oranlanmasıyla hesaplanmıştır (Lal, 1988).



Şekil 2. Toprak Örnek deseni

Tanımsal ve jeostatistiksel yöntemler

Verilerin analizinde SPSS 20.0 yazılımı kullanılmıştır. Örnekleme yapılan alanlardaki toprak özelliklerinin en büyük, en küçük, standart sapma, varyasyon katsayısı, ortalama, çarpıklık ve basıklık değerleri şeklindeki ait tanımlayıcı parametreler SPSS programı ile hesaplanmıştır. Jeostatistik alansal dağılım haritalarının elde edilmesinde ise ArcGIS 9.3v yazılımından yararlanılmıştır. ArcGIS 10.2.2 Geostatistical Extension" program, üretilen haritalarda (ME) tahminin ortalama hatası ve (RMSE) tahminin standardize ortalama hatalar karekökü kriterlerini kullanmaktadır.

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum (z_i^* - z_i)^2}{n}}$$

Eşitlikte;

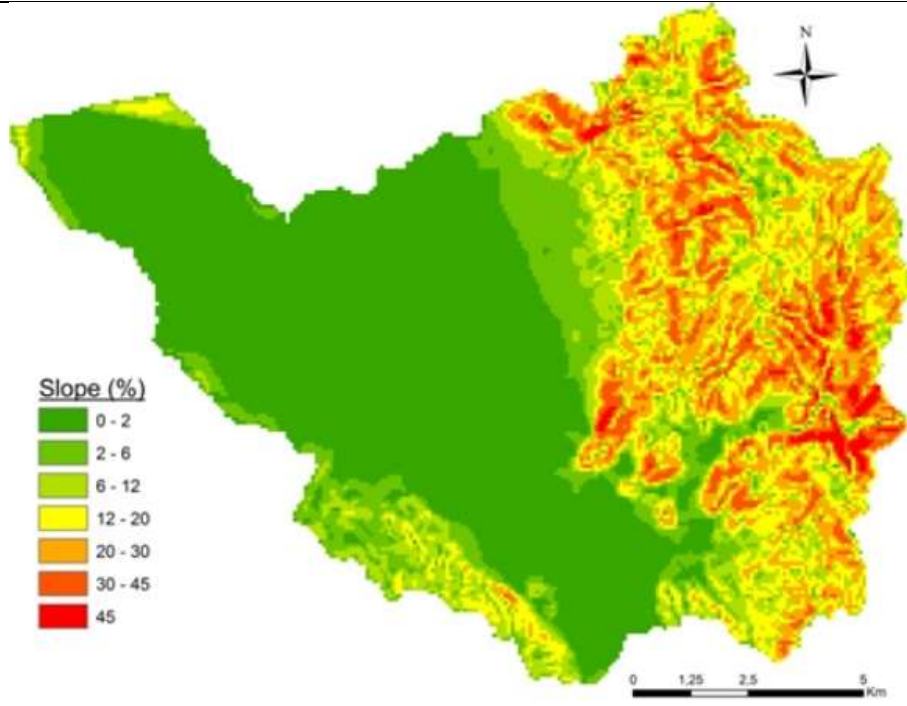
Z_i : tahmin edilen değer, Z_i^* ölçülen değer ve n örnek sayısını ifade etmektedir.

Her bir modelin RMSE değeri belirlenmiştir. Modellere ait RMSE değerleri Çizelge Çizelge 5'de verilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Havzanın topoğrafik özellikleri

Araştırma sahasının batı kesiminde alüvyon sahaların yayılış gösterdiği geniş ovalık alanlar görülmektedir. Bu kesim verimli alanlardır. Öte yandan havzanın doğu ve kuzey-doğu kesimleri dağlık ve tepelik arazilerden oluşmaktadır. Buralarda eğim değerleri oldukça yüksektir. %45 eğim değerlerinin görüldüğü vadiler bulunmaktadır (Şekil 3).



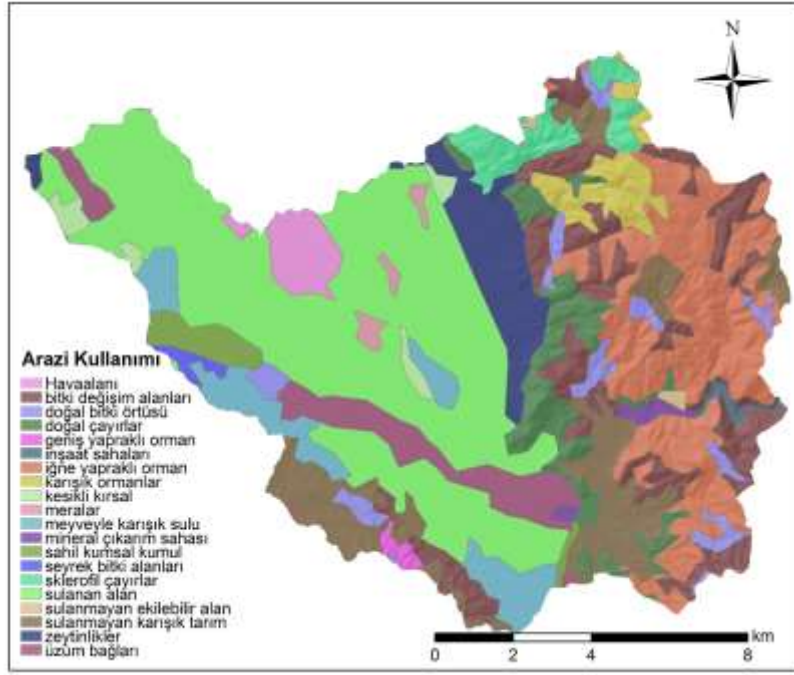
Şekil 3. Araştırma sahası eğim haritası.

Havzanın arazi kullanımı ve arazi örtüsü

Çalışma alanının 2015 yılına ait Landsat uydu görüntüsü kullanılarak araştırma sahasının arazi kullanımı ve arazi örtüsü sınıflandırması yapılmıştır. Elde edilen haritaya göre dağılım genel olarak sulu tarım (pamuk, üzüm, darı, domates, patates, karpuz vs), kuru tarım (zeytin, tütün, buğday, arpa vs), maki, çalılık arazi, orman, yerleşimler, hava alanı, çıplak ve kumluk alanları şeklindedir. Çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren Arazi kullanımı/Arazi örtüsü (AK/AÖ) türlerinin alansal ve oransal dağılımları Çizelge 1’de verilmiştir. Buna göre yamaçların etek kısımlarında sulanmayan karışık tarım alanları, eğimin hafif ve düze yakın olduğu alçak alanlarda sulanabilir tarım alanlar geniş yer kaplar.

Çizelge 1. Arazi kullanım/arazi örtüsü türlerinin alanları

Arazi kullanımı/Arazi örtüsü (AK/AÖ) türü	Alan	Oran
	ha	%
Kesikli kırsal	1854,9	1,1
Havaalanları	3564	2,1
Mineral çıkarım sahaları	939,6	0,6
İnşaat sahaları	615,6	0,4
Sulanmayan ekilebilir alan	356,4	0,2
Sulanan alan	51281,1	30,8
Üzüm bağları	7711,2	4,6
Zeytinlikler	8415,9	5,1
Meralar	1061,1	0,6
Sulanmayan karışık tarım	14588,1	8,8
Meyveyle karışık sulu	8189,1	4,9
Doğal bitki örtüsü ile birlikte bulunan tarım alanları	4608,9	2,8
Geniş yapraklı ormanlar	591,3	0,4
İğne yapraklı ormanlar	24615,9	14,8
Karışık ormanlar	4544,1	2,7
Doğal çayırliklar	8618,4	5,2
Sklerofil bitki örtüsü	4746,6	2,9
Bitki değişim alanları	16767	10,1
Sahiller, kumsallar ve kumluklar	2673	1,6
Seyrek bitki alanları	704,7	0,4
Toplam	166446,9	100,0



Şekil 4. Arazi kullanım haritası.

İstatistiksel değerlendirme

Araştırma sahasından alınan toprak örneklerinde toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri incelenmiştir. Bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Toprak fiziko-kimyasal özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2'de verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre SSI 1,09 ile 68.16 arasında değerler gösterirken ortalaması 33.39 değeri bulunmuştur. Yine DO en yüksek değeri 106.9, AS en yüksek değeri ise 80 çıkmıştır.

Çizelge 2. Toprak örneklerinin tanımsal istatistikleri.

	kil	silt	kum	ph	ec	om	caco	ssi	do	as
ortalama	6,15	8,46	85,38	7,32	,6653	2,12	10,53	33,33	32,08	21,08
Median	4,95	6,06	88,20	7,30	,6500	1,87	6,52	33,73	29,84	14,14
Std. sapma	4,10	6,32	9,68	0,26	0,25	1,18	10,61	13,27	15,91	18,4
Varyans	16,83	39,9	93,79	07	0,063	1,41	112,75	176,2	253,42	341
En düşük değer	0,83	0,48	39,41	6,55	0,22	0,13	0,59	1,09	2,77	0,62
En yüksek değer	29,25	36,85	98,67	8,28	1,83	5,53	76,94	68,16	106,90	80

n: 319

Ekili alanlarda 186 örnek, orman alanlarından 74 örnek mera alanlarından ise 59 örnek alınmıştır. Ekili alanlardaki dispersiyon oranı ve AS ortalamasının altında değerler gösterirken SSI değeri ekili alanlarda oldukça düşük çıkmıştır. Orman ve mera alanlarında ise DO ve AS ortalamasının altında iken SSI ortalamasının üzerinde değerler göstermiştir.

Çizelge 3. Arazi kullanım türlerine göre bazı parametrelerin ortalama değerleri.

AK/AÖ	Örnek sayısı	Örnek oranı (%)	DO (ort)	AS (ort)	SSI (ort)
ekili alan	186	58,3	37,9	13,52	29,66
orman	74	23,2	23,04	33,14	38,96
mera	59	18,5	25,62	29,31	38,22
toplam	319				

Tarım yapılan alanlar da kendi içerisinde karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Ortalama değerlerin tarım alanları içerisindeki oranları her bir arazi kullanımı üzerine düşen nokta sayısının yüzde oranı hesaplanarak karşılaştırılmıştır. Burada yapılan istatistiki değerlendirme sonucu tarım alanları içerisinde dispersiyon oranını alanın genel ortalamada yüksek olmasına rağmen sulanmayan alanlarda 19,76 ile DO oldukça düşüktür. AS değerleri ise sulanmayan ekilebilir alanlarda oldukça yüksek, zeytinliklerde ise ortalamasının üzerinde değer göstermektedir. SSI ise ekili alanlarda görülen ortalama değerlere yakın değerler göstermektedir.

Çizelge 4. Erozyon duyarlılık parametrelerinin tarım alanlarındaki ortalama dağılımı.

	örnek sayısı	Örnek oranı (%)	do (ort)	as (ort)	ssı (ort)
meyveyle karışık sulu tarım	17	9,1	42,16	8,36	22,19
sulanamayan sera	101	54,3	39,83	13,31	31,69
sulanmayan ekilebilir alan	1	0,5	19,76	62,88	43,38
sulanmayan karışık tarım	33	17,7	28,33	14,56	34,55
üzüm bağları	17	9,1	41,04	10,48	20,89
zeytinlikler	17	9,1	25,77	24,62	39,57

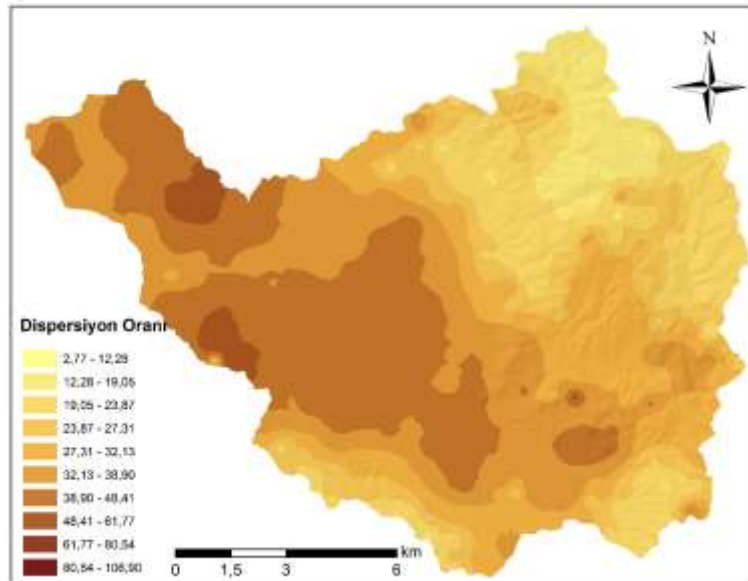
Jeoistatistiksel dağılım ve değerlendirme

Her bir noktaya ait DO, AS ve SSI oranlarına ait alansal dağılımların en iyi şekilde temsil edilebilmesi amacıyla 14 ayrı enterpolasyon modeli uygulanmış olup, bu modellerden hata kareler ortalaması (RMSE) en düşük olan değerler seçilmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Geoistatistiksel modeller ve uygun RMSE değerleri

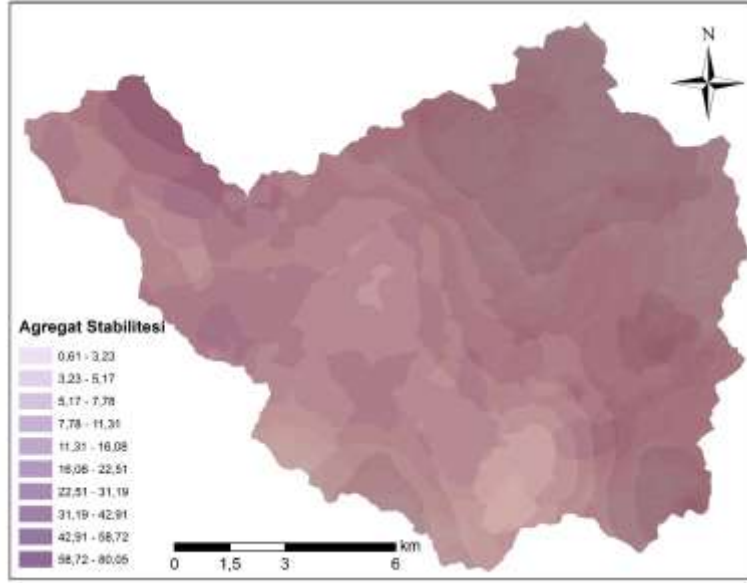
Jeoistatistiksel Yöntemler			DO	AS	SSI
Inverse Distance Weighting	IDW	1	13,78	16,03	11,82
		2	13,97	16,07	11,8
		3	14,27	16,2	11,88
Radial Basis Functions	RBF	Completely Regularized Spline	14,43	16,26	11,82
		Thin Plate Spline	17,23	17,81	12,8
Kriging	Ordinary Kriging	Spherical	13,86	15,99	11,93
		Exponential	13,85	15,99	11,88
		Gaussian	13,95	16,03	12,03
	Simple Kriging	Spherical	13,84	15,94	11,9
		Exponential	13,84	15,95	11,83
		Gaussian	13,94	15,98	12
Universal Kriging	Spherical	13,86	15,99	12,8	
	Exponential	13,85	15,99	11,93	
		Gaussian	13,95	16,03	11,88

Dispersiyon oranı topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren bir göstergedir. Dispersiyon oranı ıslanma sonucunda toprak strüktüründeki bozulmayı yansıtmaktadır. Bu oranının azalması toprakların erozyona karşı dayanıklılıklarının arttığını göstermekte ve %15'den küçük orana sahip topraklar erozyona karşı dayanıklı olarak kabul edilmektedir (Lal, 1988). Bu sınır değerlerine göre, araştırma sahası topraklarının erozyona karşı dayanıklı olmadığı, sadece sulanmayan ekilebilir alanlarda tehlike boyutunun düşük olduğu sonucu ortaya çıkmaktadır. Erol ve ark. (2009) Isparta yöresinde bir havzada yaptıkları çalışmada dispersiyon oranlarını orman, tarım ve mera topraklarının tamamında %15'den büyük olarak bulmuş ve toprakları erozyona dayanıksız diye nitelendirmiştir. Çalışmada elde edilen sonuçlar bu çalışma ile benzerlik göstermektedir (Şekil 5).



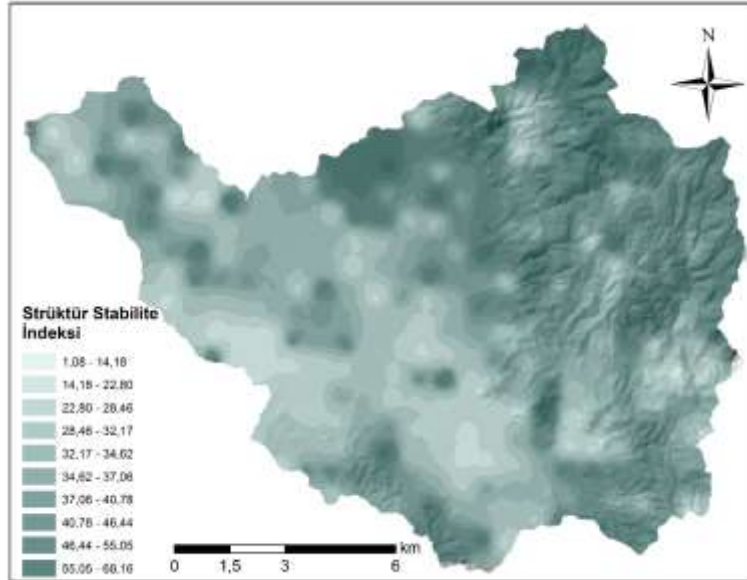
Şekil 5. Araştırma sahası dispersiyon oranı dağılımı.

Agregat stabilitesinin orman alanlarında çıkan değerlerine bakıldığında ortalamanın üzerinde olduğu görülmüştür. Kanar ve Dengiz (2015) yaptıkları çalışmada agregat stabilitesinin orman alanlarında daha düşük değerlerde olduğu sonucuna varmıştır. Burada çıkan farklılık orman örtüsünün farklılığı ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Araştırmacıların yaptığı çalışmada orman alanları geniş yapraklı bireylerden oluşurken, Bu çalışmada orman sahaları genellikle iğne yapraklı ya da bozuk meşelik alanlardır (Şekil 6).



Şekil 6. Araştırma sahası agregat stabilitesi dağılımı.

Atalay'a (2006) göre, toprak tekstürü, toprakta bulunan parçacıkların boyutunu verir; strüktür ise toprak parçacıklarının bir araya gelerek oluşturduğu sıralanma ve bunların duruş biçimini belirler. Bu bağlamda strüktür (yapı), kum, silt ve kilden ibaret toprak parçacıklarının birleşme (agregasyon) özelliklerini veya bunların küme, demet halini alma biçimlerini içerir. Yapılan çalışmalarda strüktür stabilitesinin özellikle erozyon miktarı üzerinde etkili olduğu görülmüştür (Şekil 7). Erozyonun önlenmesinde strüktür stabilite değerlerini yükseltmek için çeşitli çalışmalar yapılmış ve özellikle organik gübre kullanımının önemine dikkat çekilmiştir (Erkol ve ark, 1993; Turgut ve Aksakal, 2010).



Şekil 7. Araştırma sahası strüktür stabilite indeksi dağılımı.

Sonuç

Araştırma sahasında 319 adet örnek alınmıştır. Bu örneklerin alındığı arazi kullanım çeşitleri ekili alan, orman ve mera olmak üzere üç kısımda sınıflandırılmıştır. Ekili alanlarda 186 örnek, orman alanlarından 74 örnek mera alanlarından ise 59 örnek alınmıştır. Ekili alanlardaki DO ve AS ortalamasının altında değerler gösterirken SSI değeri ekili alanlarda oldukça düşük çıkmıştır. Orman ve mera alanlarında ise dispersiyon oranı ve AS ortalamasının altında iken SSI ortalamasının üzerinde değerler göstermiştir. Tarım yapılan alanlar

da kendi içerisinde karşılaştırmaya tabi tutulmuştur. Yapılan istatistik sonucu tarım alanları içerisinde dispersiyon oranını alanın genel ortalamada yüksek olmasına rağmen sulanmayan alanlarda 19, 76 ile Dispersiyon oranı oldukça düşüktür. Agregat stabilitesi değerleri ise sulanmayan ekilebilir alanlarda oldukça yüksek, zeytinliklerde ise ortalamanın üzerinde değer göstermektedir. Strüktür stabilitesi ise ekili alanların genelinde görülen ortalama değerlere yakın değerler göstermektedir.

Çalışma alanının tarımsal üretim faaliyetleri yapılan yüzey topraklarında aşırı toprak işleme, gübreleme, sulama gibi uygulamaların da yapılması kaçınılmazdır. Ancak bu uygulamaların aşırı yapılması toprak yapısının bozulmasına sebep olmaktadır.

Çalışma alanında toprakların agregat stabilitesi değerini yükseltmek için bitkisel yöntemlere ağırlık verilmelidir. Özellikle bitki ekim nöbeti uygulanmalı, toprağa organik madde takviyesi yapılmalıdır. Toprağı çabuk örten ve uzun süre yüzeyde örtü görevi yapan bitki türleri seçilmelidir.

Araştırma sahasın topraklarının aşınım direncini yükseltmek için dispersiyon oranlarını düşürecek çeşitli toprak düzenleyiciler kullanılmalıdır. Dispersiyon oranı değerleri aşınımına karşı direncin düşük olduğunu göstermektedir.

Teşekkür

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesinde katkıda bulunmalarından dolayı Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü'ne teşekkür ederiz

Kaynaklar

- Atalay İ, 2006. Toprak oluşumu, sınıflandırılması ve coğrafyası. 3.Baskı, Meta Basım Matbaacılık Hizmetleri, Bornova, İzmir.
- Bouyocous GJ, 1951. A recalibration of the hidrometer method for making mechanical analysis of soils. *AgronomyJournal*, 43; (435-438).
- Candemir F, Gülser C, 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Comm. Soil Sci. Plant Analy.* 42 (1):13-28.
- Eraslan S, İmamoğlu A, Coşkun A, Saygın F, Dengiz O, 2016. İnebolu Havzası Topraklarının Erozyon Duyarlılıklarını Belirlenmesinde Agregat ve Strüktür Stabiliteleri Durumları, Arazi Örtüsü İle Olan İlişkileri. TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu International Geography Symposium 13-14 Ekim 2016 /13-14 October 2016, Ankara.
- Erkol İ, Demirci N, Şentürk M, Ulusu F, Çoban A, 1993. Toprağa Karıştırılan Organik Artıkların Toprağın Strüktürü ve Aşınımına duyarlılığı Üzerine Etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Erzurum.
- Erol A, Babalık AA, Sönmez K, Serin N, 2009. Isparta-Darıderesi Havzası Topraklarında Erozyona Duyarlılığın Arazi Kullanım Şekillerine Bağlı Değişimi. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, Sayı: 2, Yıl: 2009, Sayfa: 21-36.
- Gülser C., Kızılkaya, R., Aşkın, T., Ekberli, İ., 2015. Changes in Soil Quality by Compost and Hazelnut Husk Applications in a Hazelnut Orchard. *Compost Science and Utilization*, 23:3, 135-141.
- Gülser, C., 2004. A Comparison of some physical and chemical soil quality indicators influenced by different crop species. *Pakistan J. of Biological Sci.*, 7(6), 905-911.
- Jackson M, 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Inc. EngewoodCliffs, NewJersey, USA.
- Kanar E, Dengiz O, 2015. Madendere Havzası Topraklarında Arazi Kullanım/Arazi Örtüsü ile Bazı Erozyon Duyarlılık İndeksleri Arasındaki İlişkinin Belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, (2015) 2: 15.27.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution. Editor: Klute, A., *Methods of Soil Analysis, Part I-Physical and Mineralocigal Methods*, 2nd ed., SSSA Book Series No: 5, SSA and ASA, Madison, Wisconsin, pp. 425-442.
- Lal R, 1988. *Soil erosion research methods*. Soil and Water Conservation Society, Netherland.
- Leo Mic.ah WM, 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Sei.* 96: 342-346.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Özkaptan S, 2005. Toprak Düzenleyicilerinin Asit Toprakta Strüktürel Dayanıklılığa Etkisi. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, (2), 151-156.
- Soil Survey Staff, 1992. *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. Soil Survey Invest. Rep. I. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manual*, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.
- Turgut B, Aksakal EL, 2010. Fiğ Samanı ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Toprak Aşınım Parametreleri Üzerine Etkileri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 11 (1):1-10.



Organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının bazı toprak kalite parametreleri ile mikro besin elementi elverişliliği üzerine etkileri

Nutullah Özdemir, Tevhide Önal, Ö.Tebessüm Kop Durmuş *

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

Özet

Bu araştırma, Rize ili koşullarında organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının, bazı toprak kalite parametreleri (tekstür, toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, organik madde, kation değişim kapasitesi) ve mikro besin elementlerinin elverişlilikleri üzerine etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür. Araştırmaya ait toprak örnekleri, Rize ili Çayeli ilçesi Senoz Vadisi'nde belirlenen iki koordinat arasında kalan hat üzerinde bulunan parsellerden (0-20cm) alınmıştır. Toprak örnekleri üzerinde yapılan analiz ve değerlendirmeler sonucunda ölçülen toprak kalite parametreleri (tekstür, toprak reaksiyonu, elektriksel iletkenlik, organik madde, kation değişim kapasitesi) üzerinde, uygulama ve rakım farkının etkisi olduğu saptanmıştır. Daha düşük rakıma sahip geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı yerlerde organik madde miktarı ortalama %8,75 belirlenirken, daha yüksek rakıma sahip organik tarım uygulamalarının yapıldığı yerlerde organik madde miktarı ortalama %5,76 olarak belirlenmiştir. Gerek organik ve gerekse geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerde Fe, Cu, Zn ve Mn içeriklerinin yeterli düzeyde buldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik tarım, geleneksel tarım, çay, mikro besin elementi.

Effects of organic and traditional tea farming practices on some soil quality parameters and micronutrient availability

Abstract

This research was carried out to determine the effects of organic and traditional tea farming practices on some soil quality parameters (texture, soil reaction, electrical conductivity, organic matter, cation exchange capacity) and the availability of micronutrients in Rize province conditions. The soil samples of the research were taken from the parcels (0-20 cm) on the line between the two coordinates determined in the Senoz Valley in Rize province, Çayeli district. As a result of analyzes and evaluations made on soil samples, it was determined that the difference in application and altitude difference on the measured soil quality parameters (texture, soil reaction, electrical conductivity, organic matter, cation exchange capacity). The amount of organic matter is determined at an average of 8.75% in places where traditional farming practices with lower altitude are performed, whereas the amount of organic matter is determined as 5.76% in places where higher altitude organic farming practices are performed. It has been determined that Fe, Cu, Zn and Mn contents are sufficient in the parcels where both organic and traditional agricultural practices are made.

Keywords: Organic farming, conventional farming, tea, micro nutrients.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Çay (*Camellia sinensis* L.), çaygiller familyasından (*Theaceae*) nemli iklim koşullarında yetiştirilebilen, çalı şeklinde, çatallanma yeteneği yüksek, devamlı yeşil kalabilen, yaprak ve tomurcukları içecek maddesi üretiminde kullanılan iklim istekleri açısından seçici olan, verim ve kalite yönünden tarımsal uygulamalardan önemli ölçüde etkilenen bir bitkidir (Anonim, 2014; Nath, 2014).

Rize yöresi çay topraklarında makro ve mikro besin elementlerinin mevsimsel değişimi ve yeterlilik durumunu araştıran Buçan (2014) ilkbahar mevsiminde pH ve makro element değerlerinin yüksek, mikro element değerlerinin düşük olduğunu, sonbahar mevsiminde ise pH ve makro element değerlerinin düşük, mikro element değerlerinin genel itibarıyla yüksek olduğunu belirlemiştir.

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 3121919

E-posta : tebessum.kopdurmus@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 17 Mart 2020

Kabul Tarihi : 23 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757336](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757336)

[Saygın ve ark.\(2017\)](#) Çataklı Havzası'nın doğu yakasında çay (*Camellia sinensis* L.) tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin elementi içeriklerini eğim, yükseklik ve fizyografik ünite düzeyinde incelemiştir. Elde edilen verilere göre toprakların hâkim bünye sınıfı kumlu tın, reaksiyonları çok kuvvetli ve orta derecede asit olarak belirlenmiştir. Toprakların makro besin elementi içeriklerinden azot, fosfor ve potasyumun, mikro besin elementi içeriklerinden çinko ve manganın yetersiz olduğu, bakır ve demir içeriklerinin ise yeterli düzeyde olduğu saptanmıştır.

[Özkutlu ve ark. \(2015\)](#), Rize merkeze bağlı yerleşim merkezinden uzak köy ve mahallelerde yer alan bazı çay bahçelerinin bitki besin elementi düzeylerini araştırmışlardır. Araştırmacılar 50 farklı bahçeyi esas alarak yaptıkları çalışma sonucunda; bahçelere ait toprakların kumlu tınlı ile killi bünyeye sahip olduğunu, toprak pH' sının 3.49 ile 5.01 arasında değiştiğini, organik madde içeriğinin genelde iyi olduğunu, K, N, Fe, Cu, Zn, Mn ve B bakımından yetersizlikler olduğu tespit etmişlerdir.

[Balci ve ark.\(2016\)](#), yapmış oldukları bir çalışmada çay topraklarının içermiş oldukları mikro besin elementi durumlarını incelemiştir. Araştırmacılar bölgede çay tarımı yapılan alanların dağılımını göz önüne alarak yapmış oldukları değerlendirmeler sonucunda toprakların yarayışlı demir ve mangan içeriklerinin yeterli olduğunu, buna karşılık toprakların bakır ve çinko içeriklerinde yetersizliklerin bulunduğunu belirlemiştir. Benzer bir çalışma yürüten [Taşkın ve ark. \(2015\)](#), yapmış oldukları çalışmada toprak ve çay yapraklarındaki makro element düzeylerini irdelemiştir. Elde edilen verilere göre toprakların %70.11'inde kalsiyumun, %75'inde magnezyumun; çay yapraklarının ise %81.77'sinde fosforun, %99.81'inde de potasyumun noksan olduğunu belirlemiştir.

[Özkutlu ve ark. \(2016\)](#), Rize çevresindeki bazı çay bahçelerinin bor beslenmesi ve toprak kalite parametreleriyle ilişkisini irdelemiştir. Çalışma sonucunda toprakların tamamının tuzsuz, kireç içeriği ve yarayışlı B konsantrasyonları bakımından yetersiz, organik madde içeriklerinin ise ortalama olarak %4.07 düzeyinde olduğu saptanmıştır. Toprakların B konsantrasyonu ile kireç içeriği ve toprak organik maddesi arasında pozitif, B konsantrasyonu ile toprak pH'sı arasında da negatif düzeyde önemli bir ilişkinin bulunduğu belirlenmiştir. Ayrıca, toprak B konsantrasyonu ile yapraktaki Al içeriği arasında da önemli düzeyde pozitif bir ilişkinin olduğu da saptanmıştır.

[Akçanal Ödün \(2013\)](#), Fırtına Vadisi'nde suni ve doğal gübrelerin oluşturduğu su kirliliğinin aquatik ekosisteme etkisini belirlemek üzere ormanlık alan, gübrelenen çaylık alan ve karışık (çaylık ve ormanlık bir arada) alanları esas alarak yürüttüğü çalışma sonucunda bölgede gübre kullanımının yüzey su kaynaklarının su kalitesini etkilemesi açısından önemli olduğunu görmüştür. Ancak bu farklılıkların zaman ve alan kullanımına göre amonyum azotu hariç diğer faktörlere göre istatistikî açıdan önemli olmadığını tespit etmiştir.

[Minh ve ark. \(2002\)](#), Vietnam'da arazi kullanımındaki değişimin etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada tahrip edilmiş olan ormanlık alanların çay tarımına açılması sonucu çay bitkisinin yaşı arttıkça toprağın makro besin elementlerinden potasyum ve fosfor değerlerinin azaldığı, mikro besin elementlerinden demir ve alüminyum oksit değerlerinin arttığı gözlemlenmiştir. Ayrıca toprakların hacim ağırlığı ve sıkışma değeri artarken gözeneklilik, faydalı su ve solucan miktarının azaldığı kaydedilmiştir.

Bu araştırma Rize İlinde organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının yapıldığı farklı rakımlara sahip arazilerde, söz konusu uygulamaların bazı toprak kalite parametrelerinin durumu ve mikro besin elementlerinin yeterlilik seviyelerini araştırmak ve uygulama farklılıklarının bu parametreler üzerindeki etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Araştırmaya ait toprak örnekleri, Karadeniz bölgesi, Rize ili Çayeli ilçesi Senoz Vadisi'ndeki bölgede 41° 5' 24.5508" Kuzey ile 40° 43' 39.1260" Doğu koordinatları arasında kalan hat üzerinde bulunan parsellerden alınmıştır. Çalışmada aynı hat üzerinde ve farklı rakımlarda yer alan organik ve geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı çay bahçelerine ait 40 adet yüzey (0-20 cm) toprak örneği kullanılmıştır (Çizelge 1). Toprak tekstürünün belirlenmesinde Bouyoucos hidrometre ([Demiralay, 1993](#)); toprak reaksiyonun tespitinde (1:2.5) cam elektrotlu pH-metre aleti ([Bayraklı, 1987](#)); elektriksel iletkenliğin belirlenmesinde pH ölçümünün yapıldığı örneklerde cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti kullanılarak ([Bayraklı, 1987](#)); organik madde miktarının belirlenmesinde Walkley-Black yöntemi ([Kacar, 1994](#)); tarla kapasitesi (0.33 atm) ve solma noktasındaki (15.0 atm) nem içerikleri basınçlı tabla ([Demiralay, 1993](#)), kireç içeriği Scheibler Kalsimetre ([Kacar, 1994](#)); kanyon değişim kapasitesi (KDK) "Bower" yöntemi ([U.S Salinity Lab. Staff, 1954](#)); yarayışlı su içeriği tarla kapasitesindeki ve solma noktasındaki su içeriği değerlerinden yararlanılarak ([Demiralay, 1993](#)); topraktaki alınabilir formdaki Fe, Cu, Zn ve Mn miktarları örnekler 0.05 M DTPA+0.01 M CaCl₂ + 0.01 M TEA (pH = 7.3) ile ekstrakte edildikten sonra açığa çıkan elementler AAS ile okunarak belirlenmiştir ([Lindsay ve Norvel, 1969](#)).

Çizelge 1. Örneklemeye noktalarına ait bilgiler

Örnek		Organik Tarım		Örnek		Geleneksel Tarım	
No	Rakım	Kullanılan gübre	Alındığı mahalle	No	Rakım	Kullanılan gübre	Alındığı mahalle
1	400	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	21	10	NPK(25:5:10)	Sabuncular
2	400	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	22	10	NPK(25:5:10)	Sabuncular
3	400	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	23	30	NPK(25:5:10)	Sabuncular
4	400	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	24	30	NPK(25:5:10)	Sabuncular
5	420	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	25	50	NPK(25:5:10)	İncesirt
6	420	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	26	50	NPK(25:5:10)	İncesirt
7	440	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	27	80	NPK(25:5:10)	Madenli
8	440	Ahır-çay çöpü	Kaptanpaşa	28	80	NPK(25:5:10)	Madenli
9	470	Zenginleşt.çay çöpü	Kaptanpaşa	29	100	NPK(25:5:10)	Madenli
10	470	Zenginleşt.çay çöpü	Kaptanpaşa	30	100	NPK(25:5:10)	Madenli
11	510	Mikrobiyal	Kaptanpaşa	31	120	NPK(25:5:10)	Çaybaşı
12	510	Mikrobiyal	Kaptanpaşa	32	120	NPK(25:5:10)	Çaybaşı
13	530	Mikrobiyal	Kaptanpaşa	33	180	NPK(25:5:10)	Madenli
14	530	Mikrobiyal	Kaptanpaşa	34	180	NPK(25:5:10)	Madenli
15	550	Ahır	Ademiç	35	210	NPK(25:5:10)	Habiboğlu
16	550	Ahır	Ademiç	36	210	NPK(25:5:10)	Habiboğlu
17	700	Ahır	Ayışığı	37	220	NPK(25:5:10)	Habiboğlu
18	700	Ahır	Ayışığı	38	220	NPK(25:5:10)	Habiboğlu
19	720	Ahır	Arekner	39	240	NPK(25:5:10)	Habiboğlu
20	720	Ahır	Arekner	40	240	NPK(25:5:10)	Habiboğlu

Bulgular ve Tartışma

Toprak Özellikleri

Geleneksel ve organik tarım yapılan çay parsellerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen fiziksel ve kimyasal analiz sonuçlarına ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Organik çay tarımı yapılan alanlara ait tanımlayıcı istatistikler

Tarım sistemi	Toprak özellikleri	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Organik tarım	Kum, %	51.78	75.99	65.822	6.0243
	Silt, %	11.74	26.99	20.533	5.1101
	Kil, %	8.28	23.52	13.643	5.4150
	pH (1:2.5)	4.5	7.5	5.367	0.9620
	EC, (µS/cm)	57.98	665.6	319.25	168.53
	OM, %	2.19	10.65	5.763	2.5847
	TK,%	13.21	24.73	17.907	3.2803
	SN, %	6.08	17.97	10.04	3.184
	KDK, me/100g	11.186	30.878	20.363	5.512
	CaCO ₃ , %	-	-	-	-
	Fe, ppm	19.743	429.0368	165.111	105.156
	Cu, ppm	0.3154	5.45864	1.802385	1.794312
	Zn, ppm	1.45504	32.2033	5.697468	9.05882
	Mn, ppm	2.42022	332.1567	74.792116	91.6452
Geleneksel tarım	Kum, %	43.47	72.48	59.983	8.6199
	Silt, %	16.56	30.39	22.563	4.9901
	Kil, %	10.91	26.18	18.207	4.4480
	pH (1:2.5)	4.12	6.72	5.041	0.7643
	EC, (µS/cm)	264.8	817.6	451.66	168.741
	OM, %	4.19	13.51	8.7545	3.5995
	TK,%	17.98	37.75	27.6445	5.0930
	SN, %	11.7	28.10	18.413	4.489
	KDK, me/100g	19.025	41.379	30.380	7.586
	CaCO ₃ , %	-	-	-	-
	Fe, ppm	35.296	378.1152	201.38	109.87
	Cu, ppm	1.040	61.54272	12.53	18.54
	Zn, ppm	0.9715	33.24852	8.96	10.49
	Mn, ppm	12.956	56.6889	27.44	14.57

pH: Reaksiyon; EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik Madde; TK: Tarla Kapasitesi; SN: Solma Noktası; KDK: Katyon Değişim Kapasitesi; CaCO₃;Kalsiyum karbonat; Fe: Demir; Cu: Bakır; Zn: Çinko; Mn: Mangan.

Bu verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama kum içerikleri %65.82, silt içerikleri %20.533 ve kil içerikleri ise %13.643'tür. Toprakların 16 adedi kumlu tın, 2 adedi tınlı kum, 2 adedi kumlu killi tın tekstüre sahiptir. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama kum içerikleri %59.983, silt içerikleri %22.563 ve kil içerikleri ise %18.21'dir (Çizelge 1). Toprakların bünye dağılımları bakımından 12 adedi kumlu tın, 6 adedi kumlu killi tın ve 2 adedi tın tekstürlüdür. Tekstürel açıdan değerlendirme yapıldığında geleneksel ve organik tarım yapılan parsellerin her ikisinin de tekstürel dağılım açısından benzerlik gösterdiği, aralarında önemli bir farklılığın bulunmadığı tespit edilmiştir. Çay bitkisi yetiştiriciliği açısından kumdan kile değin değişen tekstür aralığına sahip, derin, drenaj sorunu bulunmayan, besin elementlerince zengin toprakların uygun olduğu (Buçan, 2014) dikkate alındığında çalışma alanı topraklarının çay tarımı için uygun yapıda oldukları ifade edilebilir.

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların pH değerleri ortalama 5.36 olup toprakların 10 tanesi kuvvetli asit, 4 tanesi orta asit, 4 tanesi hafif asit, 2 tanesi nötr olarak tespit edilmiştir. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların pH değerleri ise ortalama 5.04 olup örneklerin 12 tanesi kuvvetli asit, 4 tanesi orta asit, 2 tanesi hafif asit, 2 tanesi nötr olarak tespit edilmiştir. Çay bitkisinin gelişimi açısından optimum pH değeri 4.5-6.0 arasındadır. pH'ın asit ya da alkali yönde değişimi bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler (Sarimehmet ve Mahmutoğlu, 1991). Araştırma konusu örnekler bu açıdan değerlendirildiğinde organik tarım uygulamalarının yapıldığı örneklerden nötr reaksiyona sahip olan 2 örneğin alındığı parsel optimum pH aralığının dışında kalmaktadır. Geleneksel tarım yapılan alanlardaki örnekler aynı açıdan irdelendiğinde kuvvetli asit reaksiyona sahip 10 örnekleme parseli pH aralığı açısından bitki gelişimini kısıtlayıcı durumdadır.

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların elektriksel iletkenliği ortalama 319 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama elektriksel iletkenlik değeri ise 451.66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ 'dir (Çizelge 2). Topraklar genel olarak tuzsuz sınıfta yer almakta olup tuzluluk yönünden herhangi bir sorunun olmadığı ifade edilebilir (Hazelton ve Murphy, 2007).

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama organik madde içerikleri %5.76 olup (Çizelge 2) örneklerin 3 tanesi orta, 7 tanesi fazla, 10 tanesi çok fazla sınıfta organik madde içermektedirler. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama organik madde içerikleri ise %8.75'tir (Çizelge 2). Örneklerin 8 tanesi fazla, 12 tanesi çok fazla sınıfta organik madde içermektedirler (Ülgen ve Yurtsever, 1995). Gerek organik tarım uygulamalarının ve gerekse geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere ait örneklerin organik madde yönünden yeterli düzeyde oldukları tespit edilmiştir. Organik ve geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerin ortalama organik madde içerikleri dikkate alındığında geleneksel tarım yapılan toprakların (%8.75) organik tarım yapılan topraklara (%5.76) göre daha yüksek düzeyde organik madde içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Çelişkili görünen bu durum muhtemelen organik tarım uygulamalarının geçiş süreci içerisinde (3. yılında) bulunmasına bağlı olarak, ekolojik dengenin yeniden şekillenmesi ile ilişkilidir (Er ve Başalma, 2013).

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların ortalama KDK (me/100g toprakta) değerleri 20.363 ve geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların KDK (me/100g toprakta) ise 30.38'dir (Çizelge 2). Organik ve geleneksel tarım yapılan toprakların tamamı KDK içerikleri bakımından zengin sınıfa girmektedirler (Hazelton ve Murphy, 2007). Organik ve Geleneksel tarım yapılan parsellere ait örneklerin ortalama KDK içerikleri incelendiğinde organik tarım yapılan parsellerin daha düşük KDK değerlerine sahip olduğu görülmektedir (Çizelge 2). Bu durum muhtemelen toprakların tekstürel ve organik madde içeriklerindeki farklılıktan kaynaklanmış olabilir. İğdir Ovası yüzey topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki ilişkileri inceleyen Özdemir (1987), kil ve organik madde içeriği ile KDK değerleri arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğunu vurgulamıştır.

Mikro Elementler

Demir

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir Fe içerikleri 19.74 ppm ile 429.03 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 165.11 ppm'dir (Çizelge 2). Ortalama değerler dikkate alındığında toprakların tümünün yeterlilik açısından 4.5 ppm'in üzerinde ve (Anonymous, 1990) tümünün çok fazla düzeyde demir içerdiği anlaşılmaktadır. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir Fe içerikleri ise 35.30 ppm ile 378.15 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 201.38 ppm'dir (Çizelge 4.1). Örnekler elverişli demir yönünden 4.5 ppm'in üzerinde demir içermekte olup (Anonymous, 1990) örneklerin geneli çok fazla düzeyde demir içeriğine sahiptir.

Ortalama değer dikkate alındığında organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerin Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere göre daha düşük seviyede demir içeriğine sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 2). Bu durum, ilgili parsellerin pH, tekstür ve organik madde içeriğindeki farklılıklardan ve yapılan uygulamalardan kaynaklanmaktadır. Toprakta bulunan bitki besin elementlerinin miktar, çözünürlük ve bitkiye elverişliliği üzerine birçok faktör etki etmektedir. Toprak pH'ının yanında toprağın organik madde içeriği de besin elementi elverişliliğini etkileyen en önemli toprak özelliğidir (De Temmerman ve ark., 2003). Söz konusu faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen birçok araştırmada düşük pH değerlerinde Fe, Cu, Zn, Mn'ın değişebilir ve organik bağlı fraksiyonlarının yüksek pH değerlerindekiinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Yakupoğlu ve ark., 2010). Organik madde aynı zamanda metalik iyonların değişebilir formda tutulmasında önemli katkılar sağlamaktadır. Organik madde toprak solüsyonundaki kimyasalların kaynağı olup şelatlar ile metallerin bitkilere elverişliliklerini artırmaktadır (Mc Cauley ve ark., 2009).

Bakır

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir bakır içerikleri 0.315 ppm ile 5.459 ppm arasında değişmekte olup ortalama değerleri 1.802 ppm'dir (Çizelge 2). Ortalama değerler dikkate alındığında toprakların tümünün 0.2 ppm'in üzerinde bakır içerdiği (Eyüboğlu ve ark., 1998) ve parsellerin tamamında bitkilere yararlı bakır içeriğinin yüksek olduğu ifade edilebilir. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir bakır içerikleri ise 1.04 ppm ile 61.543 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 12.53 ppm'dir (Çizelge 2). Örnekler elverişli bakır içeriği yönünden 0.2 ppm'in üzerinde bakır içermekte olup (Eyüboğlu ve ark., 1998) geneli ile yeterli seviyenin üzerinde bakır içeriğine sahiptirler. Ortalama değer dikkate alındığında Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parseller organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere göre daha yüksek düzeyde bakır içeriğine sahiptir (Çizelge 2). Bu durum muhtemelen yapılan gübre uygulamalarının yanında toprak pH'sı, organik madde düzeyleri ve tekstürel yapıdaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Söz konusu faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen birçok araştırmada, düşük pH değerlerinde Fe, Cu, Zn ve Mn'ın değişebilir ve organik bağlı fraksiyonlarının yüksek pH değerlerindekiinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Kacar, 1984).

Çinko

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir çinko içerikleri 1.455 ppm ile 32.203 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 5.697 ppm'dir (Çizelge 2). Ortalama değerler dikkate alındığında toprakların tümünün 0.7 ppm'in üzerinde çinko içermekte olduğu, (Viets ve Lindsay, 1973) parsellerin tamamının bitkilere yararlı çinko yönünden yeterli düzeyde çinko içerdikleri ifade edilebilir. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir çinko içerikleri ise 0.971 ppm ile 33.249 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 8.96 ppm'dir (Çizelge 2). Örnekler elverişli çinko yönünden 0.7 ppm'in üzerinde çinko içermekte olup (Viets ve Lindsay, 1973) örneklerin geneli yeterli düzeyde çinko içeriğine sahiptirler.

Ortalama değer dikkate alındığında Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerin organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere göre daha yüksek düzeyde çinko içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir (Çizelge 2). Bu durum muhtemelen yapılan gübre uygulamaları ile birlikte toprak pH'sı, organik madde düzeyleri ve tekstürel yapıdaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Söz konusu faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen birçok araştırmada, düşük pH değerlerinde Zn'nun değişebilir ve organik bağlı fraksiyonlarının yüksek pH değerlerindekiinden daha fazla olduğu belirlenmiştir (Bayraklı, 1975)

Manganez

Organik çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir manganez içerikleri 2.420 ppm ile 332.157 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 74.792 ppm'dir (Çizelge 2). Ortalama değerler dikkate alındığında örneklerin çoğunlukla (bir örnek hariç) 14 ppm'in üzerinde manganez içeriğine sahip olduğu (Follet ve Lindsay, 1970) parsellerin tamamına yakınının bitkilere yararlı manganez açısından yeterli düzeyde oldukları ifade edilebilir. Geleneksel çay tarımı yapılan alanlardaki toprakların alınabilir manganez içerikleri ise 12.956 ppm ile 56.689 ppm arasında değişmekte olup ortalama değer 27.44 ppm'dir (Çizelge 2). Örnekler, elverişli manganez açısından yeterli düzeydedirler (Follet ve Lindsay, 1970)

Ortalama değer dikkate alındığında geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerin organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere göre daha yüksek düzeyde manganez içeriğine sahip oldukları saptanmıştır (Çizelge 2). Bu durum muhtemelen toprak pH'sı, organik madde düzeyleri ve tekstürel

yapıdaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır. Söz konusu faktörlerin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen birçok araştırmada, istatistiksel açıdan önemli ilişkiler belirlenmiştir (Foy ve Brown, 1963).

Toprak Kalite Parametreleri ve Mikro Element İçerikleri Arasındaki İlişkiler

Organik tarım yapılan çay parsellerinden alınan toprak örneklerinde belirlenen toprak kalite parametreleri ve mikro element içerikleri arasındaki ilişkiler Çizelge 3'de, geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere ait tanımlayıcı istatistikler ise Çizelge 4'de verilmiştir.

Çizelge 3. Organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere ait toprak kalite parametreleri ve mikro element içerikleri arasındaki ilişkiler

	Kum	Silt	Kil	TK	SN	Fe	Cu	Zn	Mn	pH	EC	KDK	OM
Kum	1	-.537*	-.605**	-.755**	-.675**	-.628**	-.256	,087	,269	.459*	,377	-,362	-,317
Silt		1	-,346	,301	,090	.491*	,134	,231	-,035	-,111	-,139	,176	-,136
Kil			1	.556*	.665**	,231	,158	-,315	-,266	-,406	-,288	,235	.482*
TK				1	.840**	,307	,329	,223	,109	-,195	-,302	.537*	.699**
SN					1	,434	,234	,023	-,043	-,364	-,013	.713**	.786**
Fe						1	,117	-,185	-,318	-,463*	,035	,314	,076
Cu							1	.724**	.716**	.517*	-,419	,364	,003
Zn								1	.948**	.775**	-,330	,221	,092
Mn									1	.810**	-,220	,093	,087
pH										1	-,197	-,016	-,336
EC											1	,000	-,005
KDK												1	.468*
OM													1

(TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, Fe: Demir, Cu: Bakır, Zn: Çinko, Mn: Mangan, pH: Reaksiyon, EC: Elektriksel İletkenlik, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, OM: Organik Madde)

Bu verilerin incelenmesinden görüleceği üzere organik çay tarımı yapılan alanlardaki topraklara ait kalite parametrelerinden pH değerleri ile mikroelement içerikleri arasındaki ilişki önemli bulunurken, kum, silt, kil, TK, SN, EC, KDK içerikleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki belirlenememiş olup yalnızca Fe içeriği ile kum içeriği arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir.

Çizelge 4. Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere ait toprak kalite parametreleri ve mikro element içerikleri arasındaki ilişkiler

	Kum	Silt	Kil	TK	SN	Fe	Cu	Zn	Mn	pH	EC	KDK	OM
Kum	1	-.876**	-.727**	-,020	,027	-.677**	,169	,217	.467*	,339	,074	,139	-.616**
Silt		1	,393	-,051	-,053	.735**	-,241	-,373	-,701**	-,580**	-,132	-,272	.646**
Kil			1	,421	,389	,357	-,164	-,126	-,225	-,147	,131	,254	.553*
TK				1	.926**	,146	,104	,071	-,158	-,311	,378	.561*	,048
SN					1	-,053	-,186	-,202	-,174	-,279	,101	.715**	,145
Fe						1	,338	,214	-,572**	-,607**	.506*	-,452*	,428
Cu							1	.961**	,384	,220	.638**	-,208	-,637**
Zn								1	.536*	,343	.561*	-,099	-,675**
Mn									1	.934**	-,176	,335	-,774**
pH										1	-,291	,224	-,645**
Ec											1	-,402	-,031
KDK												1	-,182
OM													1

(TK: Tarla Kapasitesi, SN: Solma Noktası, Fe: Demir, Cu: Bakır, Zn: Çinko, Mn: Mangan, pH: Reaksiyon, EC: Elektriksel İletkenlik, KDK: Katyon Değişim Kapasitesi, OM: Organik Madde)

Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı toprakların kalite parametrelerinden pH ve organik madde kapsamı ile mikroelement içerikleri arasındaki ilişki önemli bulunurken; kum, silt, kil, TK, SN, EC, KDK içerikleri arasında istatistiksel anlamda önemli bir ilişki belirlenememiş olup, yalnızca Fe ve Mn içeriği ile

kum içeriği arasındaki ilişki önemli bulunmuştur. İki uygulamanın etkileri irdelendiğinde geleneksel uygulamaların yapıldığı parsellerin daha uygun parametrik değerlere sahip olduğu anlaşılmaktadır. Bu durum muhtemelen organik tarım uygulamalarının geçiş sürecini tamamlamamış olması ilişkili olabilir (Atalay, 2018). Ray ve Mukhopadhyay (2012), Batı Bengal'de çay yetiştirilen topraklar üzerinde yaptıkları bir araştırmada, konum ile organik ve inorganik uygulamaların toprağın fiziko-kimyasal özelliklerindeki değişimi irdelemişlerdir. Yapılan korelasyon çalışması sonucunda, toprak kalite parametrelerinin toprak reaksiyonundan ve uygulamalardan etkilendiği görülmüştür. Yine toprakların bazı kalite parametreleri ve besin elementi içeriklerinin kum içeriği tarafından olumsuz etkilendiği vurgulanmıştır.

Sonuç

Yapılan değerlendirme sonucunda organik ve geleneksel tarım uygulamalarının araştırmada incelenmiş olan toprak kalite parametreleri ve mikro element içerikleri üzerine etkilerinin Rize koşullarında rakımdan etkilendiği, genelde yüksek rakımlarda yer alan toprakların daha yüksek organik madde ve kil içeriğine sahip oldukları belirlenmiştir. Gerek organik ve gerekse geleneksel tarım uygulamaların yapıldığı parsellerde Fe, Zn ve Mn içeriklerinin yeterli düzeyde buldukları, Cu içeriğinin ise yüksek düzeyde bulunduğu tespit edilmiştir. Geleneksel tarım uygulamalarının yapıldığı parsellerin organik tarım uygulamalarının yapıldığı parsellere göre ortalama olarak daha uygun toprak kalite koşullarına sahip oldukları görülmüştür. Bu durum muhtemelen organik uygulamaların geçit aşamasında (3. yılında) bulunması ve adaptasyon süreci ile ilişkili olabilir.

Kaynaklar

- Akçanal Ödün N, 2013. Fırtına Vadisi'nde (Çamlıhemşin-Rize) çay tarımında kullanılan suni ve doğal gübrelerin oluşturduğu su kirliliğinin akuatik ekosisteme etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- Anonim, 2014. Çay. Vikipedi, http://tr.wikipedia.org/wiki/%C3%87ay_%28bitki%29. Erişim tarihi: 06.03.2014.
- Anonymous, 1990. Micronutrient, Assessment at the Country Level: An International Study, FAO Soil Bulletin by Sillanpaa, Rome.
- Atalay T, 2018. Organik ve geleneksel çay tarımı uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve erozyona duyarlılık üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Balcı M, Taşkın MB, Kaya EC, Soba MR, Özer P, Kabaoğlu A, Turan MA, Taban S, 2016. Doğu Karadeniz Bölgesi'nde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin demir, bakır, çinko ve mangan durumları. Toprak Su Dergisi, 5(2): 65-74.
- Bayraklı F, 1975. Bayburt ve Erzincan Ovaları ile Rize Bölgesi topraklarının fosfor durumları üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 5(4): 39-52.
- Bayraklı F, 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:38, Samsun, 131-135.
- Buçan Ö, 2014. Çay topraklarındaki makro ve mikro elementlerin mevsimsel değişimi. Yüksek Lisans Tezi, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Rize.
- De Temmerman L, Vanongeval L, Boon, W and Hoenig M, 2003. Heavy metal content of arable soils in Northern Belgium. Water, Air and Soil Pollution. 148: 61-76.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Yayınları, No:143, Erzurum, 90-95.
- Er C, Başalma D, 2013. Organik tarımdaki gelişmeler. Nobel Akademik Yayıncılık, No:2, 310s.
- Eyüboğlu F, Kurucu N, Talaz S, 1998. Türkiye topraklarının bitkiye yararlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Ankara, 72s.
- Follet RF, Lindsay WL, 1970. Profile distribution of Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado soils. Colorado State University, Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin, 110 p.
- Foy CD, Brown JC, 1963. Toxic factors in acid soils. I. Characterization of Aluminum Toxicity in Cotton. Soil Science Amer. Proc. 27: 403-407.
- Hazelton P, Murphy B, 2007. Interpreting soil test results: what do all the numbers mean? Published by CSIRO Publishing. 4(1): 253-263.
- Kacar B, 1984. Bitki besleme uygulama klavuzu. Ankara Üni. Yayınları, No:900, Ankara, 149 s.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: iii. toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3, Ankara.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1969. Development of a DTPA micronutrient soil test. Argon, Abstr, 84.
- Mc Cauley A, Jones C, Jacobsen J, 2009. Soil pH and organic matter, Nutrient Management Module 8, Montana State University, USA, Available from <http://landresources.montana.edu/NM/Modules/Module8.pdf> (accessed 8 October 2012).
- Minh DG, Anderson DW, Farrell RE, 2002. Indicators for assessing soil quality after long-term tea cultivation in Northern mountainous Vietnam, 17 th WCSS Symposium Thailand, Proc, Books, 32: 1070, 1-12.

- Nath, TN, 2014. Soil bulk density and its impact on soil texture, organic matter content and available macronutrients of tea cultivated soil in dibrugarh district of assam. *International Journal of Development Research*, 4(2): 343-346.
- Özdemir N, 1987. Iğdır ovası yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılık parametreleri arasındaki ilişkiler. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum(yayınlanmamış).
- Özcutlu F, Akkaya ÖH, Ete Ö, Şahin Ö, Korkmaz K, 2015. Rize İlindeki bazı çay bahçelerinin toprak ve yaprak analizi ile besin element düzeylerinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*. 19(2): 96-105.
- Özcutlu F, Akaya ÖM, Ete Ö, Akgün M, 2016. Bazı çay bahçelerinin B (Bor) beslenmesi ve toprak özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Ordu Üni. Bilim Teknoloji Dergisi*. 6(1): 125-136.
- Ray SK, Mukhopadhyay D, 2012. A study on physicochemical properties of soils under different tea growing Regions of West Bengal (India). *International Journal of Agriculture Sciences*. 4(8): 325-329.
- Sarımehmet M, Mahmutoğlu H, 1991. Çayın gübrenmesi ile ilgili bazı görüş ve öneriler. *Çay-Kur Dergisi*. 4: 16.
- Saygın F, Gürsoy FE, Demirağ Turan İ, Dengiz O, 2017. Çataklı çayı havzası doğu yakasında çay tarımı yapılan toprakların fiziksel, kimyasal ve verimlilik özelliklerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*. 2: 143-154.
- Taşkın MB, Balcı M, Soba MR, Kaya EC, Özer P, Tanyel G, Kabaoğlu Ali, Turan MA, Taban S, 2015. Doğu Karadeniz Bölgesinde çay tarımı yapılan toprakların ve çay bitkisinin azot, fosfor, potasyum, kalsiyum, magnezyum ve kükürt durumları. *Toprak Su Dergisi*. 4(2): 30.
- U.S. Salinity Lab, Staff. 1954. Diagnosis and Improvement, of saline and alkali soils, U,S,D,A Agriculture Handbook. No: 60.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi (4. Baskı). T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.
- Viets FG, Lindsay WL, 1973. Testing soil for zinc, copper, manganese and iron. *Soil Testing and Analysis*. Ed: L.W. Walsh, J. D. Peaton. Soil Sci. Soc. America Inc. Madison. U.S.A.
- Yakupoğlu T, Öztürk E, Özdemir N, Özkaptan S, 2010. Asit topraklarda düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinde mikro element içeriğine etkileri, *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*. 25(2):100-105.



Vejetasyon indis değerleri ile şeker pancarı yaprak azot içeriğinin izlenmesi

 Mert Dedeoğlu *

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

Özet

Yaprak azot (N) içeriği fotosentez ve bitki metabolizmasındaki kritik rolleri nedeniyle tarımsal uygulamalar için en önemli değişkenlerdendir. Bu çalışmada Sentinel 2A uydu görüntülerinden türetilen Redge -NDVI değerleri ile üç farklı vejetasyon dönemi için şeker pancarı bitkisinde yaprak %N içeriklerinin parsel bazlı olarak ilişkilendirilmesi amaçlanmıştır. Çalışma Konya-Çumra bölgesinde seçilen 26 farklı çiftçi arazisinden Mayıs-Haziran-Temmuz 2019 tarihlerinde alınan yaprak örnekleri ve belirtilen tarihlere yakın temin edilen uydu görüntüleri kullanılarak yürütülmüştür. Araştırma ile vejetatif gelişim ve kök oluşum evresinde yaprak %N içerikleri ve Redge - NDVI değerleri arasında tatmin edici doğruluk katsayıları ($0.74 \leq r^2 \leq 0.83$) elde edilmiş, ancak şeker pancarı kök büyüme dönemi içerisinde ilişkinin azaldığı ($r^2 < 0.70$) belirlenmiştir. Çalışma sonucu şeker pancarı bitkisinin erken-orta vejetasyon dönemlerinde %N içeriğinin hızlı ve tahribatsız olarak geniş alanlarda ve kısa zaman aralıklarında izlenmesi için Sentinel 2A uydu görüntüsü ve Red Edge spektral bandının kullanımı başarılı bulunmuştur. Ayrıca benzer araştırmaların yürütülmesi ile azot kullanım etkinliğini artırabilir uzaktan algılama uygulamalarına değerli bilgiler sağlanabileceği önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azot, red edge bant, Sentinel-2, şeker pancarı, vejetasyon indisi.

Monitoring of leaf nitrogen content in sugar beet by vegetation index values

Abstract

Leaf nitrogen (N) content is one of the most important variables for agricultural applications due to its critical roles in photosynthesis and plant metabolism. In this study, it was aimed to relate the Redge -NDVI values derived from Sentinel 2A satellite images with the leaf N% contents in sugar beet plants for three different vegetation periods on a parcel basis. The study was carried out using leaf samples taken from 26 different farmers' lands selected in Konya-Çumra region between May-June-July 2019 and satellite images provided close to the specified dates. With the research, satisfactory accuracy coefficients ($0.74 \leq r^2 \leq 0.83$) were obtained between leaf N contents and Redge - NDVI values during the vegetative and root development phase, but it was determined that the relationship decreased ($r^2 < 0.70$) during the sugar beet root growth period. As a result of the study, it was found successful to use Sentinel 2A satellite image and Red Edge spectral band in order to monitoring %N of sugar beet in early - mid vegetation periods rapidly and non-destructively in large areas and short time intervals. In addition, it has been suggested that by conducting similar studies can be provided valuable information to remote sensing applications that may increase the efficiency of nitrogen.

Keywords: Nitrogen, red edge band, Sentinel-2, sugar beet, vegetation index.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Azot yüksek kaliteli ve optimum bitki verimi için gerekli biyokimyasal reaksiyonlarda anahtar rol oynayan, üreticiler için de en yüksek gübre girdisini oluşturan bir bitki besin elementidir. Nitekim Ülkemiz bitkisel üretiminde son on yılda ortalama 7.3 milyon ton azotlu gübre kullanılmış olup bu sayı toplam gübre girdisinin %66'sını oluşturmaktadır (Anonim, 2020). Azotun hem fizyolojik hem de ekonomik olarak bitkisel yetiştiricilikte bu denli önemli olması bitkilerin vejetasyon dönemleri boyunca yaprak azot içeriklerinin periyodik olarak takip edilmesini gerektirmektedir (Zhao ve ark., 2019). Uzaktan algılama teknikleri bu konuda tahribatsız ve pratik bir yaklaşım sunmaktadır. Geçmişten günümüze bitki yeşil aksamı üzerine kurgulanan uzaktan algılama ve yansıma spektroskopisi araştırmaları öncelikle N içeriğini tahmin etmek ve izlemek üzerine odaklanmıştır (Guo ve ark., 2016). Uzaktan algılama tekniklerinin geniş alanlarda uygulanmasına olanak sağlayan en yaygın kullanım şekli ise çok bantlı (multispectral) ve yüksek

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0530 416 00 06

E-posta : mdedeoglu@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi : 19 Nisan 2020

Kabul Tarihi : 24 Haziran 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : [10.33409/tbbbd.757448](https://doi.org/10.33409/tbbbd.757448)

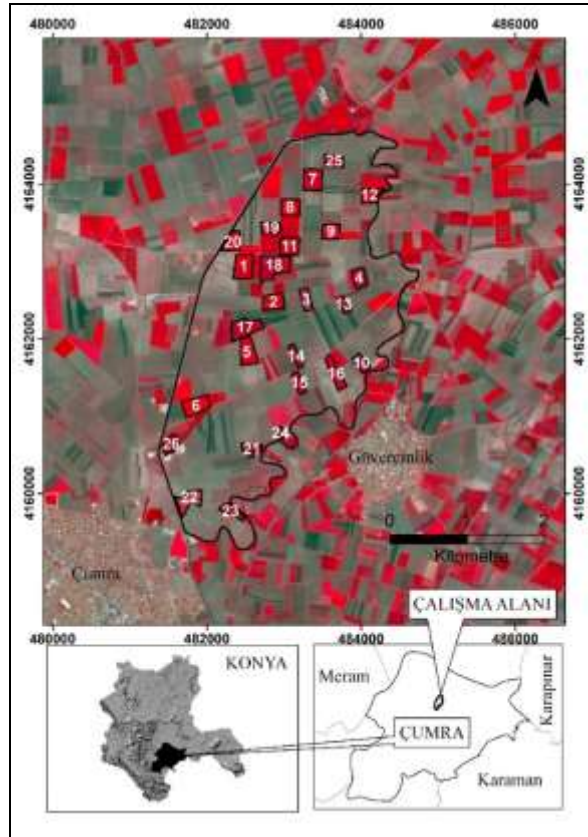
çözünürlüklü (High-spectral resolution) uydu görüntülerinden elde edilen spektral yansıma ölçümleridir (Jackson, 1986; Shou ve ark, 2007; Jia ve ark., 2011). Sivil yer gözlem uyduları ile elektromanyetik spektrumun farklı dalga boylarında (bant aralıklarında) elde edilen spektral yansımalar, özellikle bitkilerin kimyasal kompozisyonlarını belirlemek amacıyla ERTS-1 (Landsat-1) uydusunun uzaya fırlatıldığı 1972 yılından bu yana araştırılmaktadır. Bugün Türkiye'nin de dâhil olduğu pek çok ülke sahip oldukları 596 sivil yer gözlem uyduları ile günümüz gelişen bilim ve teknolojisiyle eş güdümlü olarak tarımsal amaçlı uzaktan algılama çalışmalarında önemli aşamalar kaydetmiştir. Bu çalışmaların başında farklı bitki stres koşullarının erken dönemde belirlenebilirliğine yönelik uygulamalar gelmektedir (Başayığıt ve ark, 2017; Maimaitiyiming ve ark, 2017). Yapılan çalışmalar bitkilerin kimyasal kompozisyonları ile bitki yeşil aksamından farklı dalga boylarında elde edilen spektral yansımaların (spektral imza) matematiksel olarak ilişkilendirilmesine dayanmaktadır (Li ve ark., 2008; Başayığıt ve ark, 2017). Bitkilere ait spektral yansıma değerlerinden stres koşullarının etkilerini belirlemek amacıyla kullanılan en yararlı dalga boyları ise kırmızı (Red), kırmızı kenar (Red-Edge = 680-760 nm) ve yakın kızılötesi (NIR) spektrum aralığıdır (Min ve Lee, 2005). Nitekim Quickbird uydu görüntüsünün Yeşil (590 nm) – Yakın kızılötesi (880 nm) bant aralıklarında mısır bitkisinin azot içeriğinin tahmin edilebildiği ve yakın kızılötesi bant yansıma oranlarının azot içeriği ile yüksek korelasyon gösterdiği belirtilmiştir (Bausch ve Khosla, 2010). Ancak günümüzde çok bantlı ve yüksek çözünürlüklü uydu görüntüleri ile yapılan çalışmalarda NDVI (Normalized Different Vegetation Index) başta olmak üzere tüm yeşil bitkilerin biyofiziksel özellikleri birimsiz radyometrik ölçümler olarak tanımlanan vejetasyon indisleri (Effective Leaf Area Index, Green Normalized Difference Vegetation Index, Healthy-Index, Leaf Area Index, Damage Sensitive Spectral Index vb.) ile karakterize edilebilir olmasına rağmen, kimyasal içeriklerini belirlemeye yönelik indisler bitki türü / stres faktörü kombinasyonları ile sınırlı kalmaktadır (Fitzgerald ve ark., 2010; Bagheri ve ark., 2011; Wójtowicz ve ark., 2016). Bu nedenle araştırmalar bitkilerde doğrudan besin elementi seviyelerinin belirlenmesine yönelik model/indis geliştirme çalışmaları yerine, özellikle stratejik bitki türlerine ait uydu görüntülerinden elde edilen kanopy (yeşil alan) yansıma değerlerinin farklı vejetasyon indisleri ile ilişkilendirerek anahtar besin elementlerinin izlenmesine yönelmektedir (Mee ve ark., 2017). Bu amaçla Birleşik Devletler de NASA Yeryüzü Gözlemleri Ticarileştirme ve Uygulama Programları (NASA's Earth Observations Commercialization and Applications Program) dâhilinde yürütülen çalışmada, mısır bitkisinde farklı dozda azot uygulamaları Landsat 5 (TM) uydu görüntüsünün yeşil / yakın kızılötesi (480- 550- 670 nm) dalgaboyu yansımaları kullanılarak klorofil içeriğine bağlı olarak incelenmiş ve mısır bitkisinde azot tahmini için Triangular Greenness Index (TGI) modelinin kullanılabilir olduğu belirtilmiştir. Ayrıca gelişen spektral algılayıcı teknolojileri ve farklı indis uygulamaları sayesinde tarımsal alanlarda N içeriğinin belirlenmesinin Kjeldahl ve Dumas laboratuvar analiz metodlarına göre daha az maliyetli ve kısa süreli olacağı rapor edilmiştir (Hunt ve ark, 2013). Benzer şekilde, ASTER uydu görüntüsüne ait spektral yansımalar ile mısır parsellerine ait N içerikleri doğrusal ($r^2 = 0.721$), logaritmik ($r^2 = 0.710$), ikinci dereceden polinomial ($r^2 = 0.747$) ve üstel regresyon ($r^2 = 0.727$) modelleri ile karşılaştırılmış ve kırmızı (630 – 690 nm) – yakın kızılötesi (760 -860 nm) dalga boylarının belli matematiksel sabitler kullanılarak oranlanması sonucu mısır bitkisinin azot durumunun tahmin edilebildiği belirtilmiştir (Bagheri ve ark., 2012). Araştırmalar aynı zamanda farklı spektral algılayıcılar ile ölçülen yansıma değerlerinin tahmin yeteneklerini karşılaştırmakta ve birbirlerine olan üstünlükleri ortaya konulmaktadır. Bu amaçla IKONOS uydu görüntüsüne ait yansıma değerleri ile Spodmetre yansıma ölçümleri karşılaştırılmıştır. IKONOS uydu görüntüsünün Mavi (460 nm) – Kırmızı (660 nm) bant yansıma oranları NDVI, GNDVI, RVI ve OSAVI vejetasyon indisleri ile ilişkilendirilmiş ve kışlık buğday bitkisinin azot içeriğinin SPOD okumalarına göre OSAVI kullanılarak % 73.5 daha doğru tahmin edilebildiği bildirilmiştir (Jia ve ark., 2011). Farklı uydu sensörlerinin N besin elementini tahmin etme yeteneklerinin karşılaştırıldığı benzer bir çalışma sonucu WorldView-2 uydusunun sahip olduğu ekstra bantlardan (Coastal, Red – Edge, NIR-2) ötürü FORMASAT-2 uydusuna göre daha üstün ve kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Huang ve ark., 2017). Uydu görüntüleri ile yürütülen araştırmalar sonucu elde edilen bulgular, yeni nesil uydu platformlarının benzer çalışmaların doğruluklarını arttıracak şekilde dizayn edilmesini ve algılayıcı sensör yeteneklerinin artırılmasını sağlamıştır (Mee ve ark., 2017). Bu gelişmeler sonucu WorldView – 2 uydu görüntüsünden elde edilen yansıma oranları ile piriç bitkisinin N içeriğinin tahmini çalışılmıştır. Kontrollü şartlarda yetiştirilen ve farklı dozlarda besin elementi uygulanan piriç bitkisinin N içeriği 8 bantta spektral algılama yapabilen WorldView – 2 uydu görüntüsünden türetilen yansıma oranları ile stepwise çoklu doğrusal regresyon (SMLR = 0.82) ve kısmi en küçük kareler regresyon (PLSR = 0.83) analizlerinden üretilen modeller ile tahmin edilmiştir. Çalışma sonucu WorldView – 2 uydu platformunun kırmızı-kenar (Reg Edge: 629-688 nm) ve yakın kızılötesi – 1 (NIR-1: 772- 890) bandının N içeriğinin tahmininde en anlamlı spectral imzaları verdiği rapor edilmiştir. (Huang ve ark., 2017). Ancak araştırmalarda besin elementi içerik

konsantrasyonlarının izlenmesinde farklı ekolojilerde ve bitki türlerinde daha fazla çalışmalar yürütülmesi gerekliliği ortaya konulmaktadır (Haboudane ve ark., 2008; Fitzgerald ve ark., 2010; Mee ve ark., 2017; Huang ve ark., 2017). Özellikle yüksek azot ihtiyacı duyan ve gıda güvenliği açısından stratejik konumda olan bitkileri için azot durumunun izlenmesi gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler için büyük öneme sahiptir. Bu çalışma ile Ülkemiz ve Konya ovası için stratejik ve sosyolojik öneme sahip şeker pancarı (*Beta vulgaris*) bitkisinin optimum gelişiminde anahtar rol oynayan ve en yüksek kimyasal gübre girdisine sahip Azot (N) besin elementi durumunun Sentinel 2A uydu görüntüsünden türetilen Redge - NDVI değerleri ile izlenmesi ve yer gerçekleri ile ilişkisi araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma alanının genel özellikleri

Çalışma Konya ili Çumra ilçesinde 995 ha büyüklüğündeki test alanında seçilen 26 farklı şeker pancarı tarlasında yürütülmüştür (Şekil 1). Çumra ilçesi Konya Kapalı Havzası'nın bitkisel yetiştiricilik yapılan çukur bölgesini temsil etmekte olup, bölgede gübre ve su ihtiyacı yüksek şeker pancarı, mısır ve ayçiçeği yetiştiriciliği yoğun bir şekilde yapılmaktadır. Bölge fizyografik olarak homojen ve düz alüvyal ova yapısındadır. Çalışma alanı, 37° 37' - 37° 34' Kuzey enlemleri ile 32° 47' - 32° 39' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1). Araştırma sahasının deniz seviyesinden yüksekliği 1010 m'dir. Bölgede yıllık ortalama yağış miktarı 296.8 mm, yıllık sıcaklık ortalaması 11.4 °C, yıllık buharlaşma miktarı ise 996.60 mm'dir (Anonim, 2018).



Şekil 1. Çalışma alanı Yer Buldur Haritası ve Örnek Parselleri

Parsel seçimi, yaprak örnekleme ve laboratuvar analizleri

Konya - Çumra bölgesinde pancar yetiştiriciliği yapılan 26 farklı parsel yaprak örnekleme ve Sentinel 2A uydu görüntülerinden indis değerleri türetimi için seçilmiştir. Parsel büyüklüklerinin 10.000 m² ve üzerinde olmasına dikkat edilmiştir. 10.000 m² büyüklüğünde bir parselde 15 cm sıra üstü, 45 cm sıra arası ekimi yapılan pancar bitkisinden yaklaşık olarak 150.000 adet bulunmakta olup (Anonim, 2012), bu rakam Sentinel 2A uydu verisinden türetilen 20 m çözünürlüğe sahip indis görüntüsünde çalışmanın yürütülmesi için uygun yeterliliktedir (Huang ve ark., 2017). Yaprak örnekleme şeker pancarı bitkisinin vejetasyon süresi içerisinde çimlenme ve çıkışın tamamlanmasını müteakip vejetatif gelişme, kök oluşumu ve kök büyüme dönemlerinde olmak üzere 3 farklı zamanda yapılmıştır. Konya bölgesinde şeker pancarının çimlenme ve çıkış dönemi 15 Nisan - 15 Mayıs tarihlerini kapsamaktadır (Anonim, 2012). İlk örnekleme vejetatif gelişme dönemi içerisinde rastlayan 18 Mayıs tarihinde yapılmıştır. 15 Haziran - 20 Temmuz

tarihleri kök oluşumu dönemi olup, 20 Haziran ve 20 Temmuz tarihlerinde örneklemeler yapılmıştır. Homojen alanlardan grid yöntemi ile araziyi temsil edecek şekilde 50-75, tarla içinde farklılık belirlenen yerlerde ise 100-150 adet yaprak örneği alınmış ve toplam 1890 örnekte araştırma yürütülmüştür. Örneklemede bitkinin ortasında bulunan tamamen açılmış ve olgunlaşmasını yeni tamamlamış yapraklar saplarıyla birlikte toplanarak alınmıştır. Pancar yaprakları örnek poşetlerine koyulup analizler için soğutucu dolap içerisinde laboratuvara götürülmüştür. Laboratuvara getirilen yaprak örnekleri saptarından ayrılmış ve daha sonra yıkanmış, 70° C'de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında kurutulmuştur. Kuruyan örnekler öğütüldükten sonra yaklaşık 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950 °C'de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO CN-2000 (LECO Corp.) cihazında Dumas (Wright ve Bailey, 2001) metoduyla azot miktarları tespit edilmiştir.

Uydu görüntülerinin temini ve indis uygulaması

Araştırmada Avrupa Uzay Ajansı (ESA) sunucularından (<https://scihub.copernicus.eu/>) ücretsiz olarak temin edilebilen 26 Mayıs, 27 Haziran, 26 Temmuz 2019 tarihli Sentinel 2 Level -2A uydu görüntüleri kullanılmıştır. Belirtilen tarihler arazi çalışmalarına en yakın zaman aralıklarını temsil eden, bulut kapama oranı düşük ve geometrik distilasyonu en uygun görüntüler olarak seçilmiştir. Sentinel - 2A (1) bir haftadan daha kısa bir zamansal çözünürlüğe, (2) 10 m ile 60 arasında değişen çok bantlı uzamsal çözünürlüğe ve (3) tarımsal izleme araştırmalarında güvenilir çıkarımlar sunan kırmızı ve kırmızı kenar spektrum bölgelerinde dar bantlara sahip yeni nesil uzaktan algılama platformudur (Pasqualotto ve ark., 2019). Aynı zamanda atmosfer altı yansıtım (Top-Of-Atmosphere) değerlerini içeren Level-2A görüntüleri, geometrik ve atmosferik düzeltmeleri yapılmış olarak sunulmaktadır (Drusch ve ark. 2012). Sentinel 2 uydu görüntüsü bant özellikleri Çizelge 1' de sunulmuştur.

Çizelge 1. Sentinel 2A sensörü spektral bantları ve özellikleri

Bant	Function	Dalgaboyu (nm)	Bant genişliği (nm)	Uzamsal Çözünürlük (m)
1	Aerosol	443	27	60
2	Blue	490	98	10
3	Green	560	45	10
4	Red	665	38	10
5	Vegetation red-edge	705	19	20
6	Vegetation red-edge	740	18	20
7	Vegetation red-edge	783	28	20
8	Near infrared (NIR)	842	145	10
8a	Vegetation red-edge	865	33	20
9	Water vapor	945	26	60
10	SWIR	1380	75	60
11	SWIR	1610	143	20
12	SWIR	2190	242	20

Çalışmada şeker pancarı yapraklarının %N içeriğinin 3 farklı dönemde Sentinel 2A uydu görüntüsü ile takip edilebilirliğinin belirlenmesi amacıyla Red Edge Normalize Edilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (Redge - NDVI) kullanılmıştır (Fernández-Manso ve ark., 2016). NDVI geçmişte yürütülen pek çok araştırmada farklı bitki türlerinin zamansal olarak değişebilen %N içeriklerinin tahmininde (Cabrera-Bosquet ve ark., 2011), yeşil aksam yoğunluğunun belirlenmesinde (Verhulst ve ark., 2009), bitki gelişiminin izlenmesi (Mezera ve ark., 2017), verim tahminlerinde (Lambert ve ark., 2018) ve bitki örtüsü sınıflama araştırmalarında yaygın kullanıma sahip, güvenilir bir algoritmadır. NDVI ile genellikle kırmızı ve yakın kızılötesi yansıma değerlerine bağlı hesaplamalara dayalı değerlendirmeler yapılmış olup son yıllarda kırmızı bant yerine kızıl kenar bant (Red Edge) kullanımı ile daha tatmin edici sonuçlar elde edildiği bildirilmiştir (Zhao ve ark., 2019). Bu nedenle Redge - NDVI kullanımı çalışmanın amacına uygun bulunmuş ve şeker pancarı yaprak %N içeriğinin takip edilmesindeki başarısı test edilmiştir. Redge - NDVI eşitliği aşağıda sunulmuştur.

$$\text{Redge} - \text{NDVI} = \frac{(\text{NIR} - \text{RED EDGE})}{(\text{NIR} + \text{RED EDGE})}$$

Sentinel 2A uydu görüntülerinden Redge - NDVI değerlerinin türetilmesinde ESA-SNAP görüntü işleme programı kullanılmıştır.

Parsel indis haritalarının üretilmesi ve uzamsal istatistik analizler

Araştırmada test parsellerinin ortalama Redge-NDVI değerleri ArcGIS 9.3 (ESRI, 2010), programının "Zonal Statistics" aracı kullanılarak hesaplanmıştır. Bu sayede her bir şeker pancarı parselini temsil eden vejetasyon indis değerleri türetilmiştir. Parsel bazlı olarak belirlenen indis değerleri ile parsel %N içerikleri arasındaki regresyonel ilişki MS Excel programı ile belirlenmiştir.

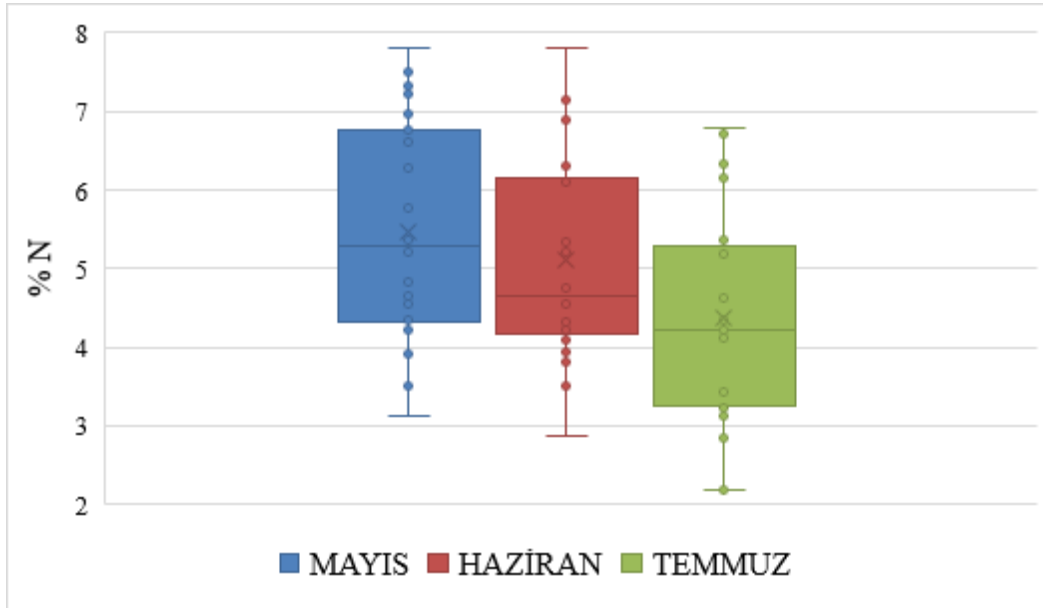
Bulgular ve Tartışma

Şeker pancarı parsellerinden 3 farklı dönemde alınan yaprak örneklerine ait %N içerikleri parsel bazlı olarak Çizelge 2' de sunulmuştur.

Çizelge 2. Şeker pancarı yaprakları parsel bazlı ortalama %N içerikleri

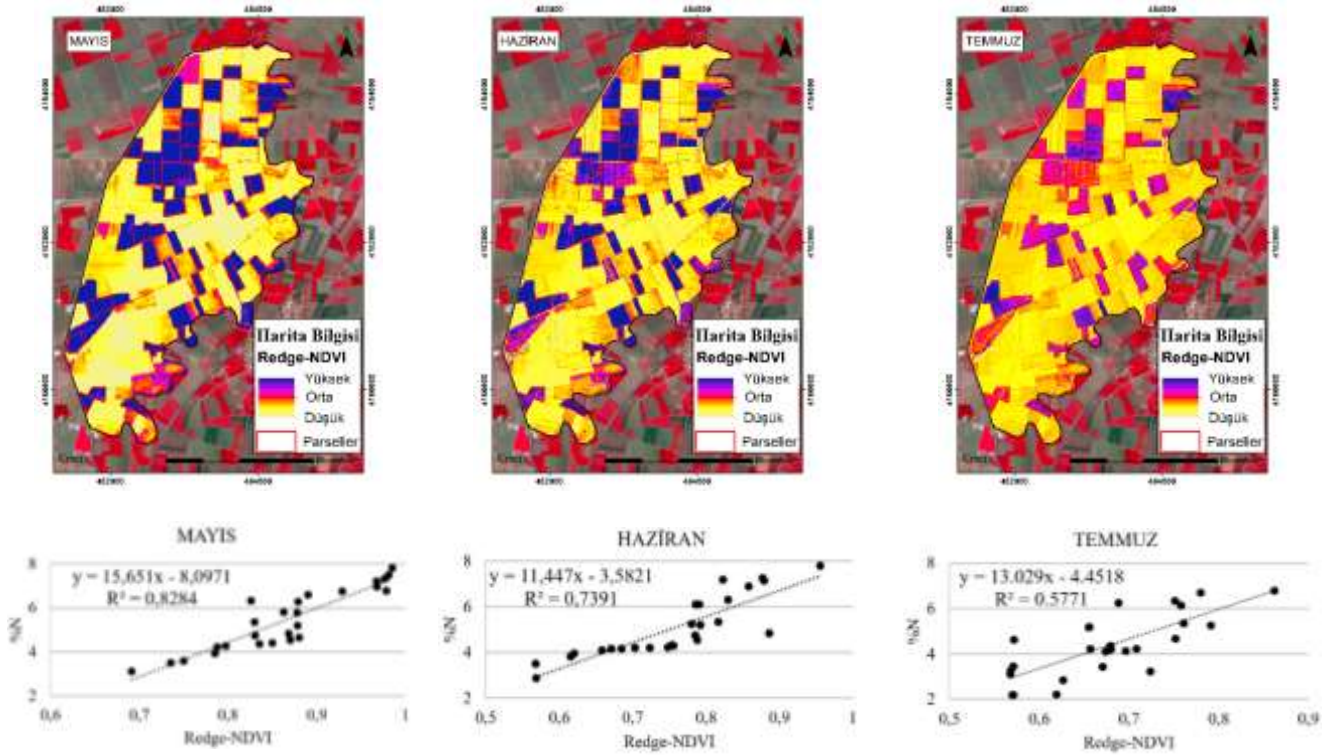
Parsel No	%N Temmuz	%N Haziran	%N Mayıs	Parsel No	%N Temmuz	%N Haziran	%N Mayıs
1	3.44	4.21	4.23	14	2.22	3.5	3.58
2	2.18	4.1	4.4	15	4.23	4.17	4.35
3	2.84	4.75	3.51	16	6.25	6.9	7.22
4	5.36	7.18	7.5	17	6.8	7.8	7.81
5	4.22	4.24	5.8	18	5.26	6.1	6.96
6	4.68	4.85	4.66	19	5.2	5.2	6.32
7	4.35	4.33	5.36	20	4.13	5.25	5.78
8	3.12	3.95	3.92	21	4.11	4.3	4.75
9	3.46	4.2	4.27	22	6.34	7.15	6.78
10	5.18	6.1	6.61	23	3.27	4.16	4.83
11	4.2	4.55	4.55	24	4.62	5.33	6.28
12	6.15	6.3	6.76	25	3.23	3.82	5.2
13	2.18	2.88	3.12	26	6.71	7.25	7.33

Parsellere ait ortalama %N içeriklerine göre en yüksek değer Mayıs ayında %7.81 olarak belirlenmiş olup en düşük değer % 2.18 ile Temmuz ayı sonunda elde edilmiştir. Ortalamalar arası farklar incelendiğinde (Şekil 2) şeker pancarı vejetasyon süresi ilerledikçe yapraklarda %N içeriğinin azalma eğiliminde olduğu gözlemlenmektedir.



Şekil 2. Olgunlaşmasını tamamlamış şeker pancarı yapraklarının dönemsel %N içeriği değişimi

Nitekim şeker pancarı bitkisinin kök büyüme ve olgunlaşma dönemlerine doğru bitki üst aksamındaki azotun kök bölgesine doğru taşınımı ilerlemekte ve artan kuru madde birikimine bağlı olarak N konsantrasyonu azalmaktadır (Gezgin ve ark., 1999). Ancak hem bölge topraklarının azot kapsamı hem de yetiştirme periyodu içerisinde yapılan gübrelemeler sonucu şeker pancarı yaprak örneklerinin %N içerikleri tüm vejetasyon dönemleri için Jones ve ark., (1991)'e göre değerlendirildiğinde %80'i yeter ve fazla sınıflarında dağılım göstermektedir. Bu durum şeker pancarı spektral yansımalarına da etki etmektedir. Öyle ki test parsellerinin %70 inde ortalama indis değerleri 0.80-0.99 arasında dağılım göstermektedir. Test alanına ait Sentinel 2A uydu görüntülerinden 3 farklı dönemde türetilen Redge-NDVI dağılım haritaları, indis değerlerinin %N içerikleri ile regresyonel ilişkilerine ait grafikler ve doğruluk katsayılar (r^2) Şekil 3' te sunulmuştur.



Şekil 3. Şeker pancarı parsellerine ait Redge - NDVI dağılım haritaları ve %N içeriği ilişkisi

Parsel bazlı olarak ilişkilendirilen Redge-NDVI değerlerinin şeker pancarı %N içeriklerini vejetatif gelişme dönemi ve kök oluşumu içerisinde yüksek doğrulukla temsil ettiği ($0.74 \leq r^2 \leq 0.83$) ve bitkilerin azot durumunun izlenmesinde İç Anadolu bölgesi için Mayıs ayı sonu ve Haziran ayı Sentinel 2A uydu görüntülerinin güvenilir sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Nitekim bu dönem içerisinde şeker pancarı yaprakları olgunlaşma periyodunda olup, yaşlı yapraklar henüz gelişmemiş ya da çok az sayıdadır (Faberio ve ark., 2003). Bu durum Mayıs-Haziran aylarında tarla koşullarında örneklenen yaprakların aynı zamanda parsel yaprak popülasyonunu da temsil ettiğini göstermekte ve olgunlaşma evresindeki bu yaprakların uydu görüntülerinde baskın yeşil aksam yasıma karakteristiği sergilediği anlaşılmaktadır. Aynı zamanda şeker pancarı vejetasyon gelişim periyodu için elde edilen bulgular Red edge bandının NDVI algoritmasına fonksiyonlanmasının başarılı bir yaklaşım olduğunu da göstermektedir. Öyle ki Red edge dalgaboyu tabanlı vejetasyon indisleri veya spektral algoritmalar yaprak alanı farklılıklarına dayalı ölçümler yerine klorofil miktarı ve dolayısıyla azot içeriği ile yüksek oranda ilişkili olan yaprak rengine bağlı yansıma farklılıklarını ölçmekte (Gitelson ve Merzlyak, 1997; Sharma ve ark., 2015), böylece bitkilerin erken gelişim evrelerinde alt toprak yansımından daha az etkilenerek faydalı yeşil aksam yansıma çıkarımları yapabildiği bilinmektedir (Clevers ve Gitelson, 2013). Sentinel 2 uydu görüntülerinin sahip olduğu red edge bant dalga boyları kullanılarak yürütülen araştırmalar da bu durumu desteklemektedir. Zhao ve ark., (2019), buğday bitkisinde N durumunun izlenmesinde Sentinel-2A görüntülerinden türetilen vejetasyon indisleri kullanılarak $r^2 > 0.70$ doğruluk kat sayılı modeller geliştirildiği bildirilmiştir. Clevers ve ark., (2017), patates bitkisinin yaprak klorofil içeriği ile Sentinel 2 verisinden hesaplanan TCARI/OSAVI değerleri arasında $r^2 = 0.70$ ilişki olduğu ve 10-20 m uzamsal çözünürlüğe sahip spektral bantların tahmin çalışmalarında kullanımının uygun olduğu belirtilmiştir. Ancak çalışmamızda Temmuz ayı sonların da başlayan kök büyüme evresinde Redge - NDVI değerlerinin şeker pancarı yaprak %N içeriklerini düşük doğruluk katsayısı ($r^2 = 0.58$) ile temsil ettiği ve bu dönemde Sentinel 2A uydu görüntüsünden türetilen indis değerlerinin %N içeriğinin izlenmesinde kullanılabilir olmadığı belirlenmiştir. Kök büyüme evresi için türetilen Redge-NDVI değerleri tüm vejetasyon süreleri için en düşük indis ortalamalarını vermiştir. Bu dönem de şeker pancarı yapraklarının artan yüzey alanına bağlı olarak azalan N konsantrasyonları, yaşlı yaprak topluluğunun renk koyuluklarının da azalmasına neden olmaktadır. Bu nedenle şeker pancarı parsellerinin düşük ortalama indis değerleri ile temsil edildiği belirlenmiştir. Nitekim belirtilen dönem içerisinde yeni yaprakların oluşması minimum seviyededir (Draycott ve Christenson, 2003), ve çapları yüksek genişliğe erişen yaşlı yapraklar Sentinel 2A uydu görüntüsüne ait bir piksel alanı büyük çoğunlukla örtmektedir. Bu nedenle %N içeriğinin belirlenmesi için örneklenen yeni olgunlaşmış yaprakların kök büyüme döneminde uydu sensörleri ile ölçülen yansımalara etkisi güvenilir bir şekilde değerlendirilememektedir (Zhao ve ark., 2010).

Sonuç

Bu çalışmada şeker pancarı %N içeriğinin yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinden elde edilen vejetasyon indis değerleri ile izleme ve değerlendirme potansiyeli uygulamalı olarak araştırılmıştır. Çalışmada Sentinel 2A uydu görüntülerinden türetilen Redge - NDVI değerleri ile şeker pancarı %N içerikleri arasında parsel bazlı olarak erken - orta vejetasyon periyotları içerisinde tatmin edici ilişkiler elde edilmiş, olgunlaşma dönemi ve ilerisi için kullanım kabiliyetinin zayıfladığı belirlenmiştir. Aynı zamanda Red Edge bantının alt toprak yansıma etkisini azaltma yeteneğinden ve klorofil pigmentine hassas duyarlılığından dolayı özellikle vejetatif gelişme dönemi başlangıcında %N içeriğinin izlenmesinde başarılı bulunmuş ve benzer fenolojik araştırmalarda Red Edge dalgaboyu (705 -740 - 783 nm) yansıma aralığında ölçüm kabiliyetinden dolayı Sentinel 2A uydu görüntüleri kullanımı önerilmiştir. Geçmiş araştırmalarda uydu teknolojileri farklı bitki türleri için N içeriklerinin takip edilmesinde hızlı, tahribatsız ve geniş alanları eşzamanlı olarak tarayabilen araçlar olarak yararlı bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen bulgular önceki çalışmalarını destekler nitelikte olup ek olarak geleneksel çiftçi uygulamaları ile yetiştirilen şeker pancarı bitkisinde yaprak %N içeriklerinin Sentinel 2A görüntüleri ile izlenmesinde uygun dönemsel çıkarımlar yapılmıştır. Ancak yürütülen pek çok araştırmalarda vejetasyon indislerine dayalı azot ya da klorofil içeriği gibi bitki biyokimyasal özelliklerinin tahmin ve/veya takip edilmesinde daha yüksek veya daha düşük doğruluk katsayılı çıkarımlar yapılabilmektedir. Bu durum yansıma değerlerinin sensör yetenekleri, toprak özellikleri, iklim ve atmosfer olayları, çiftçi uygulamaları, bitki zararlıları vb. pek çok faktörden etkilenmesinden ileri gelmekte olup, tarımsal amaçlı uzaktan algılama çalışmalarının da kırılğan tarafını oluşturmaktadır. Bu nedenle benzer çalışmaların farklı bitki çeşitleri ile arazi koşullarında kurulacak ve değişen azotlu gübre uygulamalarının yansımalarına etkisinin araştırılacağı denemeler ile yürütülmesi önerilmiş, bu sayede hassas tarım uygulamalarının önemli bir kolu olan uzaktan algılama ile bitki fizyolojisinin izlenmesi çalışmalarına önemli katkı sağlanabileceği öngörülmüştür.

Kaynaklar

- Anonim, 2012. Bitkisel üretim çiftçi rehberi, konyaseker.com.tr/Upload/Files/seker-pancari.pdf.
- Anonim, 2018. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü, <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx> (Erişim tarihi 22.06.2019)
- Anonim, 2020, www.tuik.gov.tr (Erişim tarihi 16.06.2020)
- Bagheri N, Ahmadi H, Alavipanah S, Omid M, 2012. Soil-line vegetation indices for corn nitrogen content prediction. *International Agrophysics*. 26(2): 103-108.
- Başayığıt L, Dedeoğlu M, Akgül H, Uçgun K, Altındal M, 2017. Investigation of N deficiency in cherry trees using visible and near-infrared spectra part of the spectrum in field condition. *Spectroscopy and Spectral Analysis*.37(1): 293-298.
- Bausch WC, Khosla R, 2010. QuickBird satellite versus ground-based multi-spectral data for estimating nitrogen status of irrigated maize. *Precision Agriculture*. 11(3): 274-290.
- Cabrera-Bosquet L, Molero G, Stellacci, A, Bort J, Nogues, S, Araus J, 2011. NDVI as a potential tool for predicting biomass, plant nitrogen content and growth in wheat genotypes subjected to different water and nitrogen conditions. *Cereal Res. Comm*. 39(1): 147-159.
- Clevers JG, Kooistra L, Van den Brande MM, 2017. Using Sentinel-2 data for retrieving LAI and leaf and canopy chlorophyll content of a potato crop. *Remote Sensing*. 9(5): 405.
- Clevers JGPW, Gitelson AA, 2013. Remote estimation of crop and grass chlorophyll and nitrogen content using red-edge bands on Sentinel-2 and -3. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinform* 23:344-351.
- Draycott AP, Christenson DR, 2003. Nutrients for sugar beet production: Soil-plant relationships. *Cabi*.
- Drusch M, Del Bello U, Carlier S, Colin O, Fernandez V, Gascon F, Hoersch B, Isola C, Laberinti P, Martimort P, Meygret A, Spoto F, Sy O, Marchese F, Bargellini P, 2012. Sentinel-2: ESA's optical high-resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Env*. 120: 25-36.
- Faberio C, Martin de Santa Olalla F, Lopez R, Dominguez A, 2003. Production and quality of the sugar beet cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agric. Water Manage*. 62: 215-227.
- Fernández-Manso A, Fernández-Manso O, Quintano C, 2016. SENTINEL-2A red-edge spectral indices suitability for discriminating burn severity. *International J. App. Earth Obs. Geo*. 50: 170-175.
- Fitzgerald G, Rodriguez D, O'Leary G, 2010. Measuring and predicting canopy nitrogen nutrition in wheat using a spectral index—The canopy chlorophyll content index (CCCI). *Field Crops Research*. 116(3): 318-324.
- Gezgin S, Dursun N, Hamurcu M, Ayaslı Y, 1999. Konya ovasında şeker pancarı bitkisinde beslenme sorunlarının toprak ve bitki analizleri ile Belirlenmesi. *Konya Pancar Ekicileri Kooperatifi Yayını*, 1999, Konya.
- Gitelson AA, Merzlyak MN, 1997. Remote estimation of chlorophyll content in higher plant leaves. *Int. J. Remote Sens*. 18: 2691-2697.
- Guo BB, Qi SL, Heng YR, Duan JZ, Zhang HY, Wu YP, Feng W, Xie YX, Zhu YJ, 2016. Remotely assessing leaf N uptake in winter wheat based on canopy hyperspectral red-edge absorption. *Eur. J. Agron*. 82: 113-124.

- Haboudane D, Tremblay N, Miller JR, Vigneault P, 2008. Remote estimation of crop chlorophyll content using spectral indices derived from hyperspectral data. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 46: 423–437.
- Huang S, Miao Y, Yuan F, Gnyp M, Yao Y, Cao Q, 2017. Potential of RapidEye and WorldView-2 satellite data for improving rice nitrogen status monitoring at different growth stages. *Remote Sensing.* 9(3): 227.
- Hunt ER, Doraiswamy PC, McMurtrey JE, Daughtry CS, Perry EM, Akhmedov B, 2013. A visible band index for remote sensing leaf chlorophyll content at the canopy scale. *Int. J. App. Earth Obs. Geo.* 21: 103-112.
- Jackson RD, 1986. Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. *Annual Review of Phytopathology* 24: 265–286.
- Jia L, Yu Z, Li F, Gnyp M, Koppe W, Bareth G, Miao Y, Chen X, Zhang F, 2011. Nitrogen status estimation of winter wheat by using an Ikonos satellite image in the north china plain. *Computer and computing technolgis in agriculture V. 5 th IFIP TC5/SIG 5,1 Conference, CCTA 2011 Beijing, Cina, October 2011 Proceedings, Part II.*
- Jones JR, Wolf B, Mills HA, 1991. *Plant analysis handbook*, Micro Macro Publishing Inc.
- Lambert M, Traoré PCS, Blaes X, Baret P, Defourny P, 2018. Estimating smallholder crops production at village level from Sentinel-2 time series in Mali's cotton belt. *Remote Sensing of Environment.* 216: 647-657.
- Li F, Gnyp ML, Jia LL, Miao YX, Yu ZH, Koppe W, Bareth G, Chen XP, Zhang FS, 2008. Estimating N status of winter wheat using a handheld spectrometer in the North China Plain. *Field Crops Res.* 106: 77–85.
- Maimaitiyiming M, Ghulam A, Bozzolo A, Wilkins JL, Kwasniewski MT, 2017. Early detection of plant physiological responses to different levels of water stress using reflectance spectroscopy. *Remote Sensing.* 9(7): 745.
- Mee CY, Siva KB, Ahmad HMH, 2017. Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: A review. *Asian J. Plant Sci.* 16: 1-8.
- Mezera J, Lukas V, Elbl J, 2017. Evaluation of crop yield spatial variability in relation to variable rate application of fertilizers. *MendelNet.* 24(1): 17-37.
- Min M, Lee WS, 2005. Determination of significant wavelengths and prediction of nitrogen content for citrus. *Transactions of the ASAE.* 48(2): 455-461.
- Pasqualotto N, Delegido J, Van Wittenberghe S, Rinaldi M, Moreno J. 2019. Multi-crop green LAI estimation with a new simple Sentinel-2 LAI index (SeLI). *Sensors,* 19(4):904.
- Sharma LK, Bu H, Denton A, Franzen DW, 2015. Active-optical sensors using red NDVI compared to red edge NDVI for prediction of corn grain yield in North Dakota, USA. *Sensors.* 15(11): 27832-27853.
- Shou LN, Jia LL, Cui ZL, Chen XP, Zhang FS, 2007. Using high-resolution satellite image to evaluate nitrogen status of winter wheat in the North China Plain. *Journal of Plant Nutrition.* 30(10): 1669–1680.
- Verhulst N, Govaerts B, Sayre KD, Deckers J, François IM, Dendooven L, 2009. Using NDVI and soil quality analysis to assess influence of agronomic management on within-plot spatial variability and factors limiting production. *Plant and Soil.* 317(1): 41-59.
- Wójtowicz M, Wójtowicz A, Piekarczyk J, 2016. Application of remote sensing methods in agriculture. *Comm. in Bio. and Crop Sci.* 2016(11): 31-50.
- Wright AF, Bailey JS, 2001. Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. *Comm. in Soil Sci. Plant A.* 32(19-20): 3243–3258.
- Zhao F, Gu X, Verhoef W, Wang Q, Yu T, Liu Q, Zhao H, 2010. A spectral directional reflectance model of row crops. *Remote Sensing of Environment.* 114(2): 265-285.
- Zhao H, Song X, Yang G, Li Z, Zhang D, Feng H, 2019. Monitoring of nitrogen and grain protein content in winter wheat based on Sentinel-2A data. *Remote Sensing* 11(14): 1724.

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAZIM KURALLARI

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

Makale gönderilmesi

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

“Telif Hakkı Devir Sözleşmesi” formu

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

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAYIN YAZIM KURALLARI

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

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

Başlık sayfası

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

Ana metin

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

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.

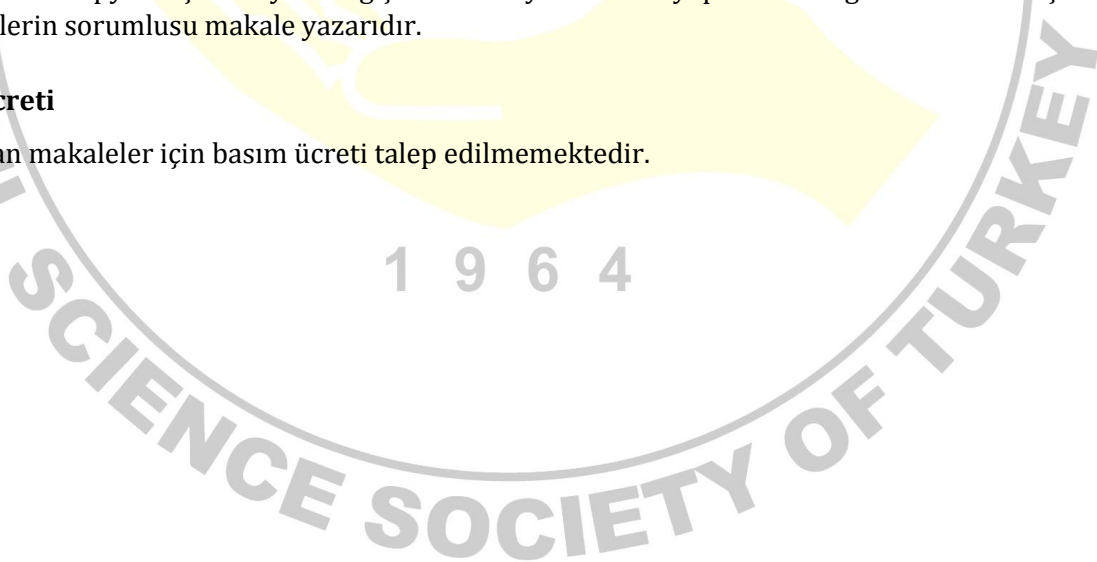
Kabul Sonrası

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.