



2019

Cilt/Volume : 7

Sayı/Number : 2

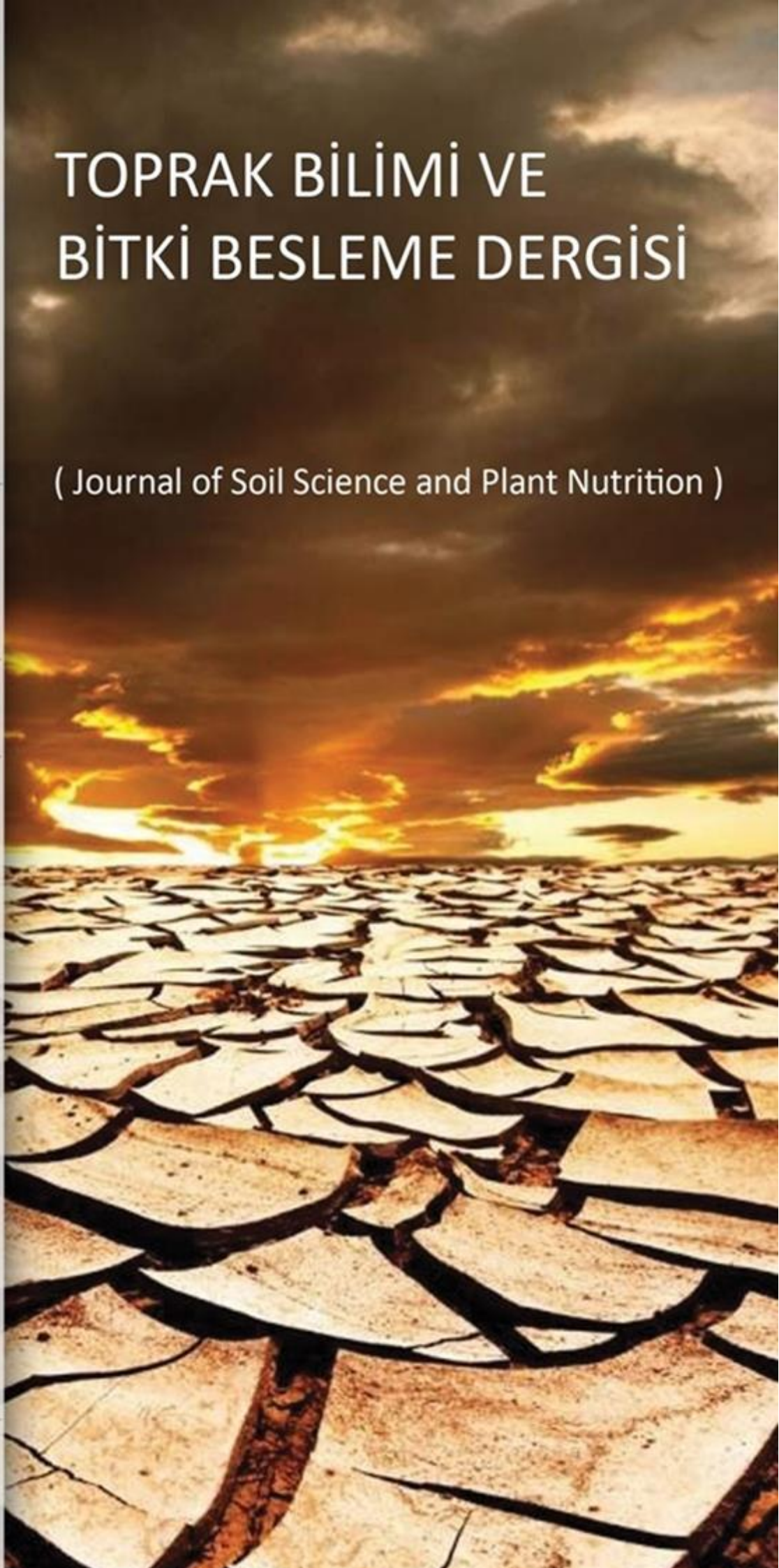
eISSN : 2146 - 8141

www.toprak.org.tr

Türkiye Toprak Bilimi
Derneği Yayınıdır

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Journal of Soil Science and Plant Nutrition)





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



SAHİBİ

Dr.Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr.Coşkun GÜLSER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr.Rıdvan KIZILKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

BÖLÜM EDİTÖRLERİ

Dr.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: 2019

CİLT : 7

SAYI : 2

SAYFA : 80 - 166

İÇİNDEKİLER

- Kadmiyum ile kirli alanlarda bitki besin elementlerinin alınımı üzerine indol asetik asitin etkisi** 80
Gizem Aksu
- Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler** 86
Nutullah Özdemir
- Toprağa karıştırılan pirina kompostu ve arıtma çamurunun mikrobiyal popülasyona ve solucan (*Eisenia fetida* L.) davranışlarına etkisi** 92
Cafer Türkmen, Remzi İlay, Nuri Burak Aslantekin, Yasemin Kavdir
- Tek yıllık yem bitkisi yetiştiriciliği altındaki su tutucu uygulanmış topraktan meydana gelen sediment ve yüzey akış** 99
Tuğrul Yakupoğlu, Erdem Gülümser, Medine Çopur Doğrusöz, Uğur Başaran
- Ultramafik topraklardaki *Alyssum Pateri* subsp. *Pateri* bitkisinin ekolojisi ve ağır metal tolerans sınırının belirlenmesi** 110
Turgay Dindaroğlu, Emre Babur, Bülent Laz
- İlgaz dağlarında farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi** 121
Rıdvan Kızılkaya, Volkan Dede, Orhan Dengiz, Abdurahman Ay
- Şeker pancarı yapraklarında azot durumunun spektral diskriminant analizi ile belirlenmesi** 128
Mert Dedeoğlu, Levent Başayığıt, Murat Erişoğlu
- Farklı yetiştirme ortamlarında bazı bakterilerin buğday ve mısır gelişimi üzerine etkisi** 139
Banu Kadioğlu, Mustafa Y. Canbolat
- Domates bitkisinin tuz stresine karşı tepkisinde Nano Zn-Biyo gübre formülasyonlarının etkisi** 149
Kağan Tolga Cinisi, Nesrin Yıldız
- Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması** 158
Coşkun Gülser, İmanverdi Ekberli



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Kadmiyum ile kirli alanlarda bitki besin elementlerinin alınımı üzerine indol asetik asitin etkisi

Gizem Aksu *

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 17020 Çanakkale

Özet

Bu çalışmada amaç; çeşitli nedenler sonucunda ortamlarda birikmiş olan kadmiyumun bitki tarafından alınmasını azaltmak amacıyla uygulanan indol asetik asitin, bitki besleme amacı ile verilen besin elementlerinin alımı ve birikimi üzerine etkisinin belirlenmesidir. Denemede materyal olarak; 5 kadmiyum dozu (0, 50, 100, 150, 200 μM Cd) ve 3 indol asetik asit dozu (0; 1 ve 10 μM), ortam materyali olarak perlit ve bitki materyali olarak da marul kullanılmıştır. Bitkiler Hoagland besin solüsyonu ile yetiştirilmiş, hasat edilmiştir. Hasattan sonra bitki örneklerinin yaş ve kuru ağırlığı, yaprak en, boy ve nem içeriği, fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), kükürt (S), demir (Fe), mangan (Mn) içerikleri belirlenmiştir. Denemeden elde edilen sonuçlara göre bitki yaş ve kuru ağırlığı 0 ve 50 μM Cd olan ortamda artan IAA dozuna bağlı olarak artış göstermiş ancak Cd dozunun artmaya devam etmesi ile azalmıştır. İndole asetik asit uygulanmayan ortamda bitkilerin fosfor, kükürt ve potasyum içerikleri artan Cd dozları ile artış göstermiş ancak doz 200 μM Cd çıktığında azalmıştır. Bitkilerin fosfor, kükürt ve potasyum içerikleri ortamda Cd konsantrasyonu artarken yapılan IAA uygulamaları ile artış göstermiştir, 200 μM Cd olan ortamda 10 μM IAA uygulamasında azalma olmuştur. Bitkilerin demir içeriği Cd birikimi olmayan ortamda 1 μM IAA kullanımında artış göstermiş IAA dozu 10 μM olunca azalmıştır. Mangan içeriği ise Cd uygulanmayan ortamdaki bitkilere yapılan IAA uygulaması ile kontrole göre azalmıştır. Mangan içeriği 50 ve 100 μM Cd uygulanmış ortamda demir içeriği ise 50, 100, 150 μM Cd uygulanmış ortamda yapılan IAA uygulaması ile kontrole göre azalış göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Ağır metal, kirlilik, hormon, sebze.

The effect of indole acetic acid on nutrient uptake within cadmium accumulation zones

Abstract

The objective of this study is to determine the effect of indole acetic acid (IAA), which is applied to reduce plant uptake of cadmium in accumulation zones, on the uptake and accumulation of plant nutrients. This research was conducted on lettuce plants with perlite as the medium, and treated with 5 doses of cadmium (0, 50, 100, 150, 200 μM Cd) and 3 doses of IAA (0, 1, 10 μM). The plants were grown with Hoagland Nutrition Solution and then harvested. After harvesting, the fresh and dry weight of the plants, leaf length, width and moisture content, phosphorus (P), potassium (K), magnesium (Mg), calcium (Ca), sulphur (S), iron (Fe) and manganese (Mn) contents were determined. According to the results obtained from the experiment, the plant fresh and dry weight increased with an increasing dose of IAA at 0 and 50 μM Cd, but decreased with a continued increase of Cd dose. Phosphorus, sulphur and potassium content of the plants increased with increasing doses of Cd but decreased when the dose was increased to 200 μM Cd in the medium with no application of indole acetic acid. Phosphorus, sulphur and potassium content of the plants increased with the IAA applications; however, as the Cd concentration increased in the medium, there was a decrease in the 10 μM IAA application in the medium with 200 μM Cd. The iron content of the plants increased with 1 μM IAA in the absence of Cd accumulation, and decreased with IAA of 10 μM . The manganese content decreased with the IAA application to the plants in the absence of Cd, when compared to the control. Manganese content decreased in the medium with applications of 50 and 100 μM Cd and iron content decreased with 50, 100, 150 μM Cd, compared to the control with IAA application.

Keywords: Heavy metal, pollution, hormone, vegetable.

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Dünya nüfusu hızla artış gösterirken mevcut tarım arazileri azalmakta ve beslenme ihtiyacını karşılamak tüm dünyada sorun haline gelmektedir. Bilinçsiz, kontrolsüz ve yoğun uygulamalar neticesinde bazen beklenen faydanın aksine, çevre kirlenmekte, kirlenen tarım topraklarının verim potansiyeli düşmektedir. Depolanması ve imhası zor olan atıklar ve yan ürünler su ve toprak kirliliği gibi çevresel problemlere neden

* Sorumlu yazar:

Bu çalışma 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresinde (Kırklareli, 2017) sunulmuştur

Tel. : 0 286 218 00 18

Geliş Tarihi : 8 Şubat 2018

e-ISSN : 2146-8141

E-posta : gizemaksu@comu.edu.tr

Kabul Tarihi : 10 Eylül 2019

DOI : 10.33409/tbbbd.668605

olabilmektedir (İlay ve ark., 2013). Topraklarda ağır metal birikimi mikroorganizmaları, bitkileri, hayvanları ve insanları olumsuz etkilemesinden dolayı potansiyel tehlike olarak görülmekte ve bu konudaki endişeler artmaktadır. Giderek artan bu soruna çözüm bulmak için yapılan çalışmalar yoğunlaşmaktadır.

Bitkisel üretimi sınırlandıran önemli stres etmenlerinden biri kirlenen çevre ile birlikte büyük bir sorun haline gelen ağır metallere dir. Son yıllarda kullanılan kimyasal gübreler, toprak düzenleyiciler, pestisitler, arıtma çamurları ve atık suların kullanımı topraklarda kirliliğe neden olmaktadır (Khan ve ark., 2007). Bunun yanında endüstriyel faaliyetler, motorlu taşıtların egzoz gazları, maden yatakları ve işletmeleri, volkanik faaliyetler, gibi pek çok etken ağır metal kirliliğinin nedenleri arasında yer almaktadır (Zengin ve Munzuroğlu, 2003).

Kadmiyum bitkisel üretimi sınırlandıran ve insan sağlığını tehdit eden ağır metallere dir. Topraklarda Cd kaynağı ağır metallere zengin ana materyal olabildiği gibi Cd topraklara; insan kaynaklı olarak atmosfer yoluyla, kanalizasyon çamurunun uygulanmasıyla, gübre ve pestisit kullanımıyla da girebilmektedir. Farklı kaynaklardan topraklara ulaşan Cd bitki, hayvan ve insanların beslenmesinde mutlak gerekli bir element olmayıp bilinen biyolojik bir fonksiyonu bulunmamaktadır (Marschner, 2008). Yer kabuğunda ortalama 0,1–0,2 mg kg⁻¹ Cd bulunurken tarım topraklarında 3 mg kg⁻¹ kadmiyuma izin verilmektedir (Alloway, 1995; Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Kadmiyum çoğunlukla endüstriyel işlemlerden ve fosforlu gübrelerden besin zincirine transfer olmaktadır (Sandalio ve ark., 2001). Kadmiyum diğer metallere dir daha fazla suda çözünebilirliğe ve hareketliliğe sahip olduğu için bitki tarafından alınabilirliği de fazladır. Bu nedenden dolayı toprakta birikimi en tehlikeli ağır metaldir.

Bitkilerin büyüme ve gelişmelerini tamamlayabilmeleri için bazı iç ve dış faktörlerin rol oynaması gerekmektedir. Bitkide bunları düzenleyen temel iç faktörler kimyasal özelliktedir. Bitki bünyesinde oluşup, büyüme ve gelişmeyi düzenleyen bu kimyasallara hormonlar ya da fitohormonlar (bitki hormonları) adı verilmektedir. Bitki hormonlarının önemi 19. yy başlarında anlaşılmış, bu tarihten itibaren bunların tarımsal ürünlerdeki fonksiyonu araştırılmaya çalışılmıştır. Bitki hormonlarının bir kısmı bitki büyüme ve gelişmesini uyarıp hızlandırmaktadır. Stimülatör adı verilen bu gruba oksin, sitokin ve gibberellinler dahildir. Bir kısmı ise büyüme ve gelişmeyi geriletken etkilere sahip olduklarından dolayı bunlara inhibitörler adı verilmekte, absisik asit ve etilen bu grupta bulunmaktadır (Öktüren ve Sönmez, 2005).

Oksinler bitkide fizyolojik işlemleri ve hücre içi işlemleri düzenleyen organik maddelerdir ve indol asetik asit (IAA) doğal olarak meydana gelen, en çok bulunan ve bitkideki düzenleyici fonksiyonları iyi bilinen bir oksindir (Wang ve ark., 2007). İndol asetik asit çeşitli streslere karşı bitkinin dayanıklılık mekanizmasına katkıda bulunmaktadır. Bitkilerde sinyal hormonu olarak IAA bitki büyümesini ve gelişmesini düzenlemekte, stres dayanıklılığında çok önemli bir fonksiyona sahip bulunmaktadır (Yang ve ark., 2011).

Bitki hormonları stres yönetiminde çok önemli olup oksinlerin çeşitli streslerin yoğunluğunu iyileştirdiği gözlemlenmiştir (Choudhary ve ark., 2010). Bitkinin ağır metale toleransını geliştiren hormonların dışarıdan uygulanması ile bitkide metal zararını azaltabildikleri belirtilmektedir (Tassi ve ark., 2008).

Yapılan çalışmalar doğrultusunda; hormonların bitkilerin girdiği ağır metal stresi üzerine; organik asitler ve karbonhidratların rizosfere salınıp ağır metal alınımının azaltılması, alınan ağır metallere aminoasit, fitokelatin gibi moleküllerle kompleks yaparak hücre duvarları ve vakuol gibi metabolik yollardan uzak bölgelerde biriktirilmesi, antioksidan enzim aktivitelerinin ve antioksidan moleküllerinin miktarlarının artırılması, hücre membranlarının onarılması gibi mekanizmalarda etkili olduğu ve stresi hafiflettiği ortaya konmuştur (Kovacik ve ark., 2009; Belkhadi ve ark., 2010; Bashmakov ve ark., 2012).

İndol asetik asit yüksek oranda kadmiyum kirlenmesine uğramış olan alanlarda bitki tarafından kadmiyum alınımını durduramamakta daha yüksek dozlara çıkarıldığında ise bitkiye zarar vermektedir. İndol asetik asit uygulaması Cd varlığında bitkiyi koruyarak verimde artış sağlamakta ancak bu durum kökte kendini gösterememektedir. Kadmiyum ile kirli olmayan ortamlarda IAA uygulanmamış bitkilere göre IAA uygulanmış bitkilerde meydana gelen ağırlık azalması; IAA maddesinin diğer elementlerin alınımını da engellediği sonucuna varılmasına neden olmuştur (Yazıcı, 2014).

Türkiye’de gıda tüketimi büyük ölçüde tahıl kökenli olmasına rağmen beslenmemizde yaprakları yenilen sebzeler de önemli yer tutmaktadır. Salata (*Lactuca sativa* L.) grubu sebzeler yaprakları yenilen sebzeler arasında en yaygın olandır. Kabata-Pendias ve Pendias (1999-2001)’a göre marulun Cd konsantrasyonu 29-400 ppm arasında değişmektedir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007). Marul yüksek miktarda Cd biriktiren bitkilerden biri olarak kabul edilmektedir (Pais ve Jones, 2000). Dokularında 3 mg kg⁻¹ miktarından fazla Cd içeren bitkileri düzenli olarak tüketen insanlarda kadmiyumun toksik etkileri görülmektedir (Alloway, 1995).

Bu çalışma ile çeşitli nedenler sonucunda kadmiyum birikimi olan alanlarda bitkinin toksik bir madde ve kirlenici olan kadmiyum elementinin alınımını sınırlandırmak için kullanılan indol asetik asitin, bitki besin elementlerinin alınımı ve birikimi üzerine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Denemede bitki materyali olarak yüksek miktarda kadmiyum biriktirebilen marul bitkisi kullanılmış ve Yedikule 5701 çeşidi seçilmiştir. Deneme Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Terzioğlu Yerleşke'sinde bulunan Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait olan plastik örtülü ısıtmasız serada yürütülmüştür.

Denemede ortam olarak; kimyasal yapısı kararlı nötr bir malzeme olan ve kimyasal reaksiyona girmeyen, havalanmayı sağlayan bünyesindeki gözenekler sayesinde filtrasyonu arttırarak buharlaşmayı ve sulama ihtiyacını azaltan, çözünabilir iyonların çok az olması sebebiyle tuz ve alkalilik açısından sorun yaratmayan, ısı izolasyon özelliği sebebiyle bitkilerin sıcaklık değişimlerinden etkilenmesini asgari seviyeye düşürebilen perlit tercih edilmiştir.

Yöntem

Deneme; kaynak olarak kadmiyum sülfat kullanılarak kadmiyumun 5 farklı dozu (0, 50, 100, 150, 200 μM), indol asetik asidin 3 farklı dozu (0, 1, 10 μM) ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulmuştur. Bitkiler Hoagland Besin Solusyonu uygulanarak yetiştirilmiş, kontrol bitkiler göz önünde bulundurulurken ticari olgunluğa eriştiği zaman hasat edilmiştir. Hoagland Besin Solusyonu reçetesindeki elementler Azot: 210; Fosfor: 31; Potasyum: 234; Magnezyum: 48; Kalsiyum: 200; Kükürt: 64; Demir: 2,5; Mangan: 0,5; Bor: 0,5; Bakır: 0,02; Çinko: 0,05; Molibden: 0,01 mg/L olarak laboratuvar koşullarında hazırlanmıştır (Hoagland ve Arnon, 1950).

Hasattan sonra bitki örneklerinin yaş ve kuru ağırlığı, yaprak eni ve boyu belirlenmiştir. Hasat işleminden sonra sabit ağırlığa kadar kurutulan bitki örnekleri öğütüldükten sonra 0,5 g alınarak nitrik asit ve hidrojen peroksit ile yaş yakma yapılmıştır Jones ve ark. (1991). Elde edilen süzüklerde fosfor (P), potasyum (K), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca), kükürt (S), demir (Fe), mangan (Mn) içerikleri Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Gübre Besleme Araştırma Laboratuvarında ICP cihazında ölçülmüştür.

Denemeden elde edilen veriler MINITAB 17.0 istatistik paket programında tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile değerlendirilmiştir. İstatistiki açıdan konular arasında varyans analizi sonuçlarına göre önemli bulunan farklar LSD testi ile kıyaslanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bitki yaş ve kuru ağırlığı

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki yaş ve kuru ağırlıkları Çizelge 1'de verilmiştir. Bitki yaş ağırlıklarının artan Cd dozuna paralel olarak azalış göstermektedir. Bitki yaş ağırlığında meydana gelen bu değişim istatistiki anlamda önemlidir. Yapılan IAA uygulaması bitki yaş ağırlığında bir değişim meydana getirmemiştir. Bitki kuru ağırlıklarında da yaş ağırlığına benzer sonuçlar elde edilmiştir. Yapılan Cd uygulamaları bitki kuru ağırlığını istatistiksel olarak değiştirmiştir. Yapılan IAA uygulaması bitki kuru ağırlığında bir değişim meydana getirmemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar daha önce yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Belkhadi ve ark., 2010; Zhang ve ark., 2014).

Çizelge 1. Bitki yaş ve kuru ağırlığı (g)

	Cd (μM)	IAA (μM)					IAA (μM)			
		0	1	10	Ort.		0	1	10	Ort.
Bitki Yaş Ağırlığı	0	64	67	73	68 A	Bitki kuru Ağırlığı	4,72	5,82	6,49	5,68 A
	50	55	57	61	57 B		3,82	4,46	4,30	4,19 B
	100	46	43	49	46 C		2,85	3,04	3,08	2,99 BC
	150	45	35	36	39 C		3,28	2,16	1,94	2,46 C
	200	42	39	21	34 C		3,17	2,24	1,54	2,32 C
	Ortalama	50	48	48			3,57	3,54	3,47	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: $P \leq 0,01$ göre önemli

Bitki yaprak en ve boyu

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki yaprak eni ve boyu verileri incelendiğinde, bitki yaprak eninin artan Cd dozuna paralel olarak azalış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 2). Bitki yaprak eninde

meydana gelen bu değişim istatistiki anlamda önemlidir. Yapılan IAA uygulaması bitki yaprak eninde bir değişim meydana getirmemiştir. Bitki yaprak boyu ise artan Cd dozuna paralel olarak artış göstermiş ancak bu değişim istatistiki anlamda önemli bulunmamıştır. Yapılan IAA uygulaması bitki yaprak boyunda bir değişim meydana getirmemiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar [Zhang ve ark. \(2014\)](#) yaptıkları çalışma ile aynı doğrultuda iken [San-Francisco ve ark. \(2005\)](#) yaptığı çalışma ile ters doğrultudadır.

Çizelge 2. Bitki yaprak eni ve boyu (cm)

	Cd (μM)	IAA (μM)				Ort.		IAA (μM)			
		0	1	10	Ort.			0	1	10	Ort.
Bitki yaprak eni	0	8,33	8,83	9,83	9,00 A	Bitki yaprak boyu	18,50	16,50	18,00	17,66	
	50	8,16	8,50	9,33	8,66 A		18,50	19,16	19,33	19,00	
	100	7,83	8,00	7,50	7,77 AB		18,83	19,00	20,66	19,50	
	150	7,66	7,16	6,83	7,22 B		19,66	19,16	19,50	19,44	
	200	7,90	7,00	5,81	6,90 B		20,56	20,50	17,38	19,48	
	Ortalama	7,98	7,90	7,86			19,21	18,86	18,97		

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: $P \leq 0,01$ göre önemli

Bitki yaprak nemi

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki yaprak nemi verileri incelendiğinde, bitki yaprak neminin artan Cd dozuna paralel olarak artış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 3). Bitki yaprak neminde meydana gelen bu değişim istatistiki anlamda önemlidir. Yapılan IAA uygulaması bitki yaprak neminde bir değişim meydana getirmemiştir.

Çizelge 3. Bitki yaprak nemi (%)

Cd (μM)	IAA (μM)			
	0	1	10	Ort.
0	92,76	91,31	91,24	91,77 B
50	93,03	92,23	92,94	92,73 AB
100	93,92	93,65	93,73	93,77 A
150	93,69	93,83	94,35	93,96 A
200	92,83	94,21	93,84	93,63 A
Ortalama	93,24	93,04	93,22	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: $P \leq 0,01$ göre önemli

Bitkinin makro element içerikleri

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki fosfor içerikleri Çizelge 4'de verilmiştir. Artan Cd dozları ile alınan P miktarının 150 μM Cd uygulamasına kadar arttığı görülmektedir. Sonuçlarımız [Benavides ve ark. \(2005\)](#)'nın kadmiyumun suda yüksek bir çözünürlüğe sahip olduğu ve taşınırken su ile Ca, Mg, K, P gibi bazı elementleri kullandığını bu nedenden dolayı bu elementlerin bitkide arttığını açıkladıkları çalışma ile uyum içerisindedir. Çizelge incelendiğinde bitki fosfor değerlerinin uygulanan IAA konsantrasyonlarına bağlı olarak 4846 ile 5309 arasında değiştirdiği, bu farklar arasında istatistiki anlamda bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Çizelge 4. Bitki fosfor içerikleri (mg kg^{-1})

Cd (μM)	IAA (μM)			
	0	1	10	Ort.
0	4148	3627	3279	3684 B
50	4114	3856	4484	4151 B
100	6170	5293	5010	5491 A
150	6833	5515	6681	6343 A
200	5282	5938	5736	5652 A
Ortalama	5309	4846	5038	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: $P \leq 0,01$ göre önemli

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki potasyum içerikleri Çizelge 5'de verilmiştir. Benavides ve ark. (2005)'nin çalışmalarına paralel olarak K miktarında 150 μM Cd uygulamasına kadar artış görülmüştür. Kadmiyum uygulaması ile meydana gelen bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Çizelge 7 incelendiğinde, farklı Cd birikimi olan ortamda, bitki potasyum değerleri arasında, IAA kullanımına bağlı olarak bir farklılık olmadığı görülmektedir.

Çizelge 5. Bitki potasyum içerikleri (mg kg⁻¹)

Cd (µM)	IAA (µM)			
	0	1	10	Ort.
0	16377	15171	14559	15369 B
50	16181	14898	16740	15940 B
100	20788	18845	18886	19506 A
150	20242	21809	23234	21762 A
200	19600	22513	20468	20860 A
Ortalama	18637	18647	18777	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: P ≤ 0,01 göre önemli

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki magnezyum ve kalsiyum içerikleri Çizelge 6'da, kükürt içeriği ise Çizelge 7'de verilmiştir. Çizelge 7 incelendiğinde, farklı Cd birikimi olan ortamda, bitki kükürt değerlerinin 150 µM Cd uygulamasına kadar artış gösterdiği görülmektedir. En yüksek kükürt içeriği 150 µM Cd uygulamasının 0 µM IAA uygulamasında belirlenirken en düşük içerik 0 µM Cd uygulamasının 10 µM IAA uygulamasında elde edilmiştir. Kadmiyum uygulaması ile bitki kükürt içeriğinde meydana gelen değişim istatistiki anlamda farklılık meydana getirmektedir. Sonuçlarımız diğer araştırmacıların sonuçları ile paralellik göstermektedir (Yazıcı, 2014). Bitki kükürt değerleri yapılan IAA uygulaması ile azalış göstermiş ancak bu değişim istatistiki anlamda bir farklılık meydana getirmemiştir.

Çizelge 6. Bitki magnezyum ve kalsiyum içerikleri (mg kg⁻¹)

Cd (µM)	IAA (µM)				Cd (µM)	IAA (µM)			
	0	1	10	Ort.		0	1	10	Ort.
0	1541	1529	1537	1536	0	11136	10390	11584	11037
50	1528	1490	1532	1517	50	11003	10329	11562	10965
100	1383	1552	1483	1473	100	11748	12529	12500	12259
150	1545	1541	1563	1550	150	12430	13588	13139	13052
200	1531	1562	1551	1548	200	12488	13188	11722	12466
Ortalama	1506	1535	1533		Ortalama	11761	12005	12101	

Çizelge 7. Bitki kükürt içerikleri (mg kg⁻¹)

Cd (µM)	IAA (µM)			
	0	1	10	Ort.
0	2285	2060	1905	2083 C
50	2311	2243	2594	2383 BC
100	3368	2877	3020	3088 AB
150	4029	3567	3460	3685 A
200	3322	3791	3187	3433 A
Ortalama	3063	2908	2833	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: P ≤ 0,01 göre önemli

Bitkinin mikro element içerikleri

İndol asetik asit kullanımı sonucu elde edilen bitki demir ve mangan içerikleri incelendiğinde, bitki demir değerlerinin artan Cd dozuna paralel olarak azalış gösterdiği görülmektedir (Çizelge 8). Demir içeriğinde meydana gelen bu değişim istatistiki anlamda önemlidir. Bitki tarafından alınan demir miktarı yapılan IAA uygulaması ile azalmış istatistiki anlamda bir farklılık belirlenmemiştir. Farklı Cd birikimi olan ortamda, bitki mangan değerlerinin artan Cd dozu ile azalış gösterdiği görülmektedir. Bu değişim istatistiki anlamda farklılık meydana getirmemektedir. Bitki mangan değerleri yapılan IAA uygulaması ile azalış göstermiştir. Kontrol bitkileri ile kıyaslandığında 200 µM Cd uygulamasında 10 µM IAA mangan alımında % 23 azalmaya neden olmuştur. Ancak bu değişim istatistiki anlamda bir farklılık meydana getirmemiştir.

Çizelge 8. Bitki demir ve mangan içerikleri (mg kg⁻¹)

Cd (µM)	IAA (µM)				Cd (µM)	IAA (µM)			
	0	1	10	Ort.		0	1	10	Ort.
0	136	142	99	126 A	0	47	40	43	43
50	199	78	98	125 A	50	38	32	35	35
100	122	109	103	111 AB	100	43	40	39	41
150	110	53	69	77 BC	150	33	35	44	38
200	57	72	87	72 C	200	35	36	27	33
Ortalama	125	91	91		Ortalama	40	37	38	

*Büyük harfler ortalamaları göstermekte ve aynı harfler arasındaki fark önemli değildir. *: P ≤ 0,01 göre önemli

Sonuç

Denemeden elde edilen verilere göre bitki de en fazla yaş ve kuru ağırlık kontrol dozunda elde edilirken en az ağırlık 200 µM Cd dozunda belirlenmiş olup uygulanan kadmiyum dozları bitki yaş ve kuru ağırlığının önemli ölçüde azalmasına neden olmuştur. Uygulanan IAA dozu düzenli olmayan bir şekilde kök yaş ve kuru ağırlığını arttırmıştır bu artış rakamsal olarak elde edilmiş olmasına rağmen net verilere ulaşamamıştır. Uygulanan kadmiyum dozları bitki boyunu artmasına neden olurken yaprak eninin azalmasına neden olmuştur. Yapılan Cd uygulamalarına bağlı olarak bitki tarafından alınan P, K, Mg, Ca, S artış gösterirken, Fe ve Mn'da azalma meydana gelmiştir. Kadmiyum ile kirli alanlarda yapılan IAA uygulaması sonucu K, Ca ve Mg alınımı artış gösterirken P, S, Fe ve Mn alımı azalmıştır.

Bu sonuçlara göre yüksek konsantrasyonlarda Cd bulunan ortamlarda yapılan IAA uygulamasının stresi hafiflettiğine dair kesin veriler ulaşamamıştır. Kadmiyum kirliliğinin belirli limitlerde olduğu alanlarda marul yetiştirilmek durumunda kalındığında daha detaylı doz çalışmaları ile belirlenecek olan IAA dozları bitkinin kadmiyumdan etkilenmesini azaltmak için uygulanabileceği tespit edilmiştir.

Kaynaklar

- Alloway BJ, 1995. Heavy Metal in Soils. Blackie Academic and Professional, New York.
- Bashmakov DI, Pynenkova NA, Sazanova KA, Lukatkin AS, 2012. Effect of the Synthetic Growth Regulator Cytodef and Heavy Metals on Oxidative Status in Cucumber Plants. *Russian Journal of Plant Physiology* 59(1): 59-64.
- Belkhadi A, Hediji H, Abbes Z, Nouairi I, Barhoumi Z, Zarrouk M, Chaibi W, Djebali W, 2010. Effects of Exogenous Salicylic Acid Pre-Treatment on Cadmium Toxicity and Leaf Lipid Content in *Linum usitatissimum* L. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 73: 1004-1011.
- Benavides MP, Gallego MS, Tomaro LM, 2005. Cadmium Toxicity in Plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology* 17(1): 21-34.
- Choudhary SP, Bhardwaj R, Guptac BD, Duttac P, Guptac RK, Biondi S, Kanwarb M, 2010. Epibrassinolide Induces Changes in Indole-3-Acetic Acid, Abscisic Acid and Polyamine Concentrations and Enhances Antioxidant Potential of Radish "Seedlings Under Copper Stress. *Physiologia Plantarum* 140: 280-296.
- Hoagland DR, Arnon DI, 1950. The Water-Culture Method for Growing Plants without Soil. California Agricultural Experiment Station, Berkeley.
- İlay R, Kavdır Y, Sümer A, 2013. The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *International Biodeterioration & Biodegradation* 85: 254-259.
- Jones JB, Wolf B Jr, Mills AH, 1991. Plant Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc., Georgia, USA.
- Kabata-Pendias A, Mukherjee AB, 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer, Berlin, Germany.
- Khan S, Cao Q, Zheng YM, Huang YZ, Zhu YG, 2007. Health risks of heavy metals in contaminated soils and food crops irrigated with wastewater in Beijing, China. *Environmental Pollution* 152: 686-692
- Kovacic J, Gruz J, Hedbavny J, Klejdus B, Strnad M, 2009. Cadmium and Nickel Uptake are Differentially Modulated by Salicylic Acid in *Matricaria chamomilla* Plants. *Journal Agriculture Food Chemistry* 57: 9848-9855.
- Marschner H, 2008. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Second Edition. London.
- Öktüren F, Sönmez S, 2005. Bitki Besin Maddeleri ile Bazı Bitki Büyüme Düzenleyicileri (Hormonlar) Arasındaki İlişkiler. *Derim* 22 (2).
- Pais I, Jones JB Jr, 2000. The Handbook of Trace Elements. Published by St. Lucie Pres, Boca Raton, Florida.
- Sandalio LM, Dalurzo HC, Gomez M, Romero-Puertas MC, del Rio LA, 2001. Cadmium-Induced Changes in the Growth and Oxidative Metabolism of Pea Plants. *Journal of Experimental Botany* 52 (364): 2115-2126.
- San-Francisco S, Houdusse F, Angel M, Zamarrenõ Garnica M, Casanova E, Jose M, Mina G, 2005. Effects of IAA and IAA Precursors on The Development, Mineral Nutrition, IAA Content and Free Polyamine Content of Pepper Plants Cultivated in Hydroponic Conditions. *Scientia Horticulturae* 106: 38-52.
- Tassi E, Pouget J, Petruzzelli G, Barbafieri M, 2008. The Effects of Exogenous Plant Growth Regulators in the Phytoextraction of Heavy Metals. *Chemosphere* 71: 66-73.
- Wang H, Shan X, Wen B, Owens G, Fang J, Zhang S, 2007. Effect of Indole-3-Acetic Acid on Lead Accumulation in Maize (*Zea Mays* L.) Seedlings and the Relevant Antioxidant Response. *Environmental and Experimental Botany* 61: 246-253.
- Yang Y, Wang QL, Geng MJ, Guo ZH, Zhao Z, 2011. Effect of Indole-3-Acetic Acid on Aluminum-Induced Efflux of Malic Acid from Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant and Soil* 346: 215-230.
- Yazıcı G, 2014. Kadmiyum birikimi üzerine marul (*Lactuca sativa*) bitkisinde indol asetik asidin etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale.
- Zengin KF, Munzuroğlu Ö, 2003. Fasulye fidelerinin (*Phaseolus vulgaris* L.) kök, gövde ve yaprak büyümesi üzerine kadmiyum (Cd⁺⁺) ve Civa (Hg⁺⁺)'nın Etkileri. *C.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 24 (1).
- Zhang X, Zhang X, Gao B, Li Z, Xia H, Li H, Li J, 2014. Effect of Cadmium on Growth, Photosynthesis, Mineral Nutrition and Metal Accumulation of an Energy Crop, King Grass (*Pennisetum americanum* x *P. purpureum*). *Biomass and Bioenergy* 67: 179-187.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler

Nutullah Özdemir *

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139 Samsun

Özet

Bu araştırma, Samsun ili 19 Mayıs İlçesi Engiz yöresinde farklı topoğrafik pozisyonlarda bulunan, mera, orman ve tarım arazisi olarak kullanılan yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile hacim ağırlığı değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek üzere yürütülmüştür. Çalışmada aynı hat üzerinde ve farklı topoğrafik pozisyonlarda yer alan, orman, mera ve tarım arazisi olarak kullanılan arazilerden alınan 28 adet yüzey (0-20 cm) toprak örneği kullanılmıştır. Toprakların kil, organik madde, katyon değişim kapasitesi, kireç, EC, kıvam limitleri, tarla kapasitesi, solma noktası değerleri ile hacim ağırlığı değerleri arasında önemli negatif; kum içeriği değerleri ile de önemli pozitif korelasyonlar saptanmıştır. Toprakların silt içerikleri ile seçilen parametreler arasında ise önemli bir ilişki elde edilmemiştir. Topoğrafik yapı ve arazi kullanım şeklinin temel toprak özelliklerini ve hacim ağırlığı değerlerini etkilediği belirlenmiştir. Düze yakın konumlarda, orman ve mera örtüsü altında bulunan toprakların eğimli pozisyonlarda yer alan ve tarım arazisi olarak kullanılan topraklara göre daha düşük hacim ağırlığı değerlerine sahip oldukları tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Hacim ağırlığı, arazi kullanım şekli, tekstür, organik madde.

Relationship between bulk density and some physical and chemical soil properties in different topographic shape and land use conditions

Abstract

This research was carried out to determine the relationships between bulk density criteria and some physical and chemical properties of soils formed on different topographic positions in Engiz District of 19 Mayıs County, Samsun. In this study, 28 surface soil (0-20 cm) were taken from the lands used as forest, pasture and agricultural field located on the same line and different topographic positions. The values of clay, organic matter, cation exchange capacity, total CaCO₃, EC, consistency limits, field capacity and wilting point had significant negative correlations with bulk density, sand content had a significant positive correlation with bulk density. There is no significant relation between silt content and selected parameters. It was determined that topographic position and land management influenced basic soil properties and bulk density. Soils located on flat positions, forest and pasture were lower bulk density than soils located on slope position and soils used in agricultural practices.

Keywords: Bulk density, land use, soil texture, organic matter.

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Doğal koşullardaki toprak ağırlığının kapladığı hacme oranı olarak ifade edilen hacim ağırlığı değerleri toprağın dinamik bir özelliği olup tarımsal açıdan oldukça önemli bir parametredir (Aşkın ve Özdemir, 2003; Demir ve Gülser, 2015; Özdemir ve ark., 2018). Hacimsel bileşimini mineral ve organik bileşenler (katılar) ile bunlar arasındaki boşluklarda bulunan hava ve suyun oluşturduğu bu yapıda katı bileşenler bitkilerin gelişimleri için tutunma ortamı ve ihtiyaç duyulan besin elementlerini sağlarken ihtiyaç duyulan su ve oksijen gözenekler içerisinde depolanan söz konusu bileşenlerden temin edilirler.

Hacim ağırlığı değerleri toprağın tekstürü, organik madde içeriği, mineral bileşenlerin yapısı, iklim koşulları ve arazi yönetimine ilişkin faktörler tarafından etkilenmektedir (Gülser ve ark., 2008; Chaudhari ve ark., 2013; Özdemir ve ark., 2018). Hacim ağırlığı değerleri toprakta sıkışmanın kontrolü, su geçirgenliği, bitki kök bölgesine uygulanacak besin elementi miktarının hesaplanması, toprak suyunun derinlik olarak ifade

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 19 19

E-posta : nutullah@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 14 Şubat 2019

Kabul Tarihi : 13 Kasım 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668593

edilmesi kadar modern tarım sistemlerinin planlanmasında da ihtiyaç duyulan bir parametredir (Özdemir, 1998; Gülser ve ark., 2016).

Toprak tekstüründen önemli ölçüde etkilenen hacim ağırlığı değerleri killi topraklarda 1.00 ile 1.40 g/cm³ ve kumlu topraklarda ise 1.40 ile 1.80 g/cm³ arasında değişmekte olup killi tekstüre sahip topraklarda 1.30-1.40 g/cm³, killi tın tekstüre sahip topraklarda 1.40-150 g/cm³ ve kumlu tın tekstürüne sahip topraklarda ise 1.70-180 g/cm³'ün üzerindeki değerler kök gelişimini sınırlandırmaktadır (Rosolem ve ark., 2002; Chaudhari ve ark., 2013). Bununla birlikte bitki karakterine bağlı olarak bazı bitkiler daha sıkı yapılı ve daha yüksek hacim ağırlığına sahip topraklarda gelişebilirler (Rosolem ve ark., 2002). Bu farklılığın bilinmesi bitki yönetim tedbirlerinin seçimi ve erozyon kontrolü açısından önemlidir.

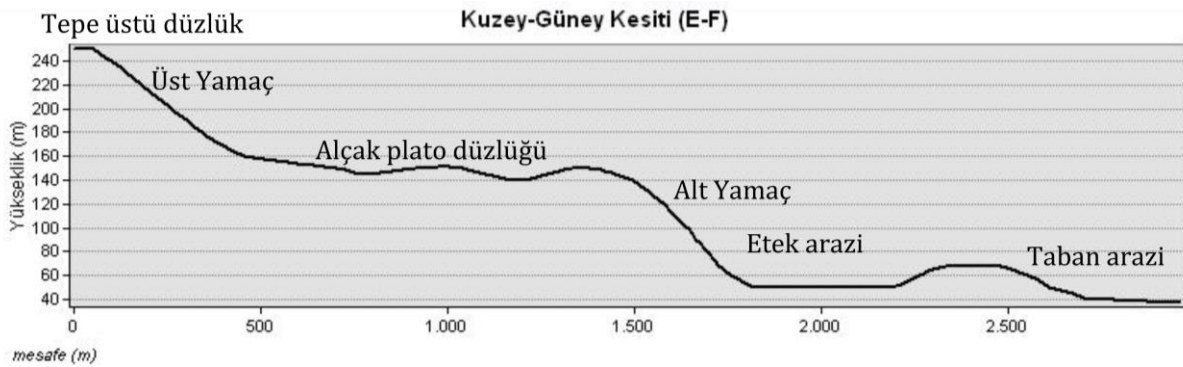
Hacim ağırlığı ve organik madde sık sık birlikte değerlendirilmekte olup organik madde artışının hacim ağırlığı değerlerini azalttığı tespit edilmiştir (Gülser, 2004; Joerg ve Körschens, 2009; Özdemir ve ark., 2018). Organik maddedeki artış topraktaki mikrobiyal aktivite ve besin konsantrasyonunu değiştirir. Sonuçta ayrışma ürünlerinin strüktürel gelişimi teşvik etmesi ve mevcut besinler ve bitki gelişiminin desteklenmesi toprakta hacim ağırlığı değerlerinin değişmesinde önemli bir rol oynayabilir. Nath (2015) Hindistanın Dibruigarh bölgesinde çay tarımının yapıldığı alanlarda hacim ağırlığının organik madde, tekstür ve bitki besin elementlerine olan bağımlılığını irdelemiştir. Araştırmacı yaptığı çalışma sonucunda hacim ağırlığı değerleri ile toprağın pH, elektriksel iletkenlik, toplam organik madde ve makro besin elementi değerleri arasında negatif kum içeriği değerleri arasında ise pozitif bir ilişkinin var olduğunu göstermiştir.

Jeolojik ve pedolojik toprak oluşturan faktörlerden dolayı, herhangi bir arazi pozisyonunda toprak özelliklerinin mekânsal değişkenliği doğada var olmakla birlikte çeşitliliğin bir kısmının kültivasyon, aşırı otlatma, doğal örtünün tahribi ve diğer yönetim uygulamalarıyla önemli ölçüde değişime uğrayabileceği tespit edilmiştir (Iqbal ve ark., 2005; Dengiz ve ark., 2009). Söz konusu uygulamaların hacim ağırlığı ve diğer toprak özellikleri üzerindeki etkisinin belirlenmesi sürdürülebilir bir arazi yönetimi açısından oldukça önemlidir (Gülser ve ark., 2016). Bu araştırma, Samsun İli 19 Mayıs İlçesi Engiz yöresinde farklı topoğrafik yapılarla bulunan, mera, orman ve tarım arazisi olarak kullanılan yüzey topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile hacim ağırlığı değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek üzere yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma Samsun İli 19 Mayıs İlçesi sınırları içerisinde, Karadeniz ile Canik Dağları'nın alçak tepeleri arasında kalan, farklı topoğrafik konumlarda şekillenmiş (Şekil 1) 14 farklı arazi ünitesinden alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri (n=28) kullanılarak (Çizelge 1) yürütülmüştür. Örneklem noktalarının seçiminde Dengiz ve ark (2016) tarafından yürütülen bir etüt çalışması ve karar örnekleme esas alınmıştır. Araştırma alanında Karadeniz iklimi hâkim olup yazlar serin, kışlar ılık ve yağışlı geçer. Sıcaklık eksi dereceye hemen hemen hiç düşmez. Ancak güneye doğru gidildikçe yükselen tepe ve yamaçlarda, bilhassa Nebyan dağı eteklerinde dört mevsimin bütün özellikleri görülmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 15°C, yıllık ortalama yağış ise 676.5 mm'dir. Jeolojisini taban ve yamaç arazilerin oluşturduğu bölgede alüvyonlar bulunmakla birlikte dik yamaçlarla ayrılmış taraçalarda eski alüvyonlar görülmektedir. Taban araziler IV, jeolojik zamana ait alüvyonlardır. Yamaç arazilerde neojen devre ait sedimenter kayalar ve Eosendevrine ait flišler yer almıştır (Samsun İli Çevre Durum Raporu, 2008).



Şekil 1. Kuzey-Güney Doğrultusunda Örnekleme Alanının Kesiti

Yöntemler

Hacim ağırlığı silindir yöntemi (Demiralay, 1993), Mekanik analiz "Bouyoucos Hidrometre" yöntemi (Gee ve Bauder, 1986), organik madde "Walkley-Black" yöntemi (Kacar, 1994), toprak reaksiyonu (pH) toprak-su süspansiyonunda (1:2.5) cam elektrotlu pH-metre (Bayraklı, 1987), elektriksel iletkenlik (EC) değerleri pH

ölçümünün yapıldığı örneklerde cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti kullanılarak (Bayraklı, 1987), toplam kireç (CaCO_3) "Scheibler Kalsimetresi" ile (Kacar, 1994), değişebilir katyonlar atomik absorpsiyon spektrofotometresi ile (Sağlam, 1997), katyon değişim kapasitesi (KDK) "Bower" yöntemine göre (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), tarla kapasitesi (0.33 atmosferdeki nem yüzdesi) ve solma noktası değerleri (15 atmosferdeki nem yüzdesi) basınçlı tabla aleti kullanılarak (Demiralay, 1993), likit limit (LL) değerleri, 40 no'lu (0.42 mm) elekten geçen toprak örnekleri kullanılarak Cassagrande aleti aracılığı ile (Sowers, 1965), plastik limit (PL) değerleri likit limitin tayini için hazırlanan toprak örnekleri kullanılarak nemli toprağın 3 mm'lik iplikçikler haline getirilirken dağılmaya başladığı anda sahip olduğu nem miktarı esas alınarak (Sowers, 1965), plastiklik indeksi likit limit değerinden plastik limit değerinin çıkarılmasıyla (Sowers, 1965) belirlenmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesinde SPSS bilgisayar paket programı ile yararlanılmıştır (Yurtsever, 1984).

Çizelge 1. Araştırma konusu toprak örneklerinin alındıkları yerler

Örn.alanı	Enlem ('K)	Boylam ('D)	Yük. (m.)	Arazi kull.şekli
1	41°29.126	36°2.762	37	Buğday tarlası
2	41°28.743	36°2.101	108	Buğday tarlası
3	41°28.808	36°2.31	36	Mısır tarlası
4	41°28.575	36°2.418	44	Buğday tarlası
5	41°28.385	36°2.494	71	Mera alanı
6	41°28.345	36°2.452	72	Mera alanı
7	41°28.271	36°2.236	128	Orman alanı
8	41°28.188	36°2.211	138	Buğday tarlası
9	41°28.109	36°2.186	130	Buğday tarlası
10	41°27.75	36°2.368	174	Buğday tarlası
11	41°27.671	36°2.371	185	Buğday tarlası
12	41°27.571	36°2.294	218	Orman alanı
13	41°27.419	36°2.084	268	Mera alanı
14	41°27.439	36°2.135	258	Orman alanı

Bulgular ve Tartışma

Toprak özellikleri

Araştırma konusu topraklar ince ile orta derecede kaba arasında değişen bir tekstür aralığında yer almaktadırlar. Toprakların kum içerikleri %14.03 ile %59.76, silt içerikleri %22.07 ile 43.5, kil içerikleri ise %17.97 ile %57.26 arasında değişmektedir. Toprakların pH değerleri genellikle hafif asit ve hafif alkalin arasında bulunmakta olup, ortalama 6.7'dir (Çizelge 2). Topraklar kireç içerikleri yönünden az (%0.82) ile fazla kireçli (%19.67) olarak tanımlanan aralıkta yer almaktadırlar. Toprakların organik madde içerikleri %1.91 ile %5.55 arasında, değişmekte olup yeterlilik yönünden orta düzeye yakın organik madde içeriğine sahiptirler. Topraklarda katyon değişim kapasitesi 29.10 ile 57.80 me/100g toprak arasındadır. Değişebilir sodyum içeriği %15'in altında olup alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Hazelton ve Murphy, 2007).

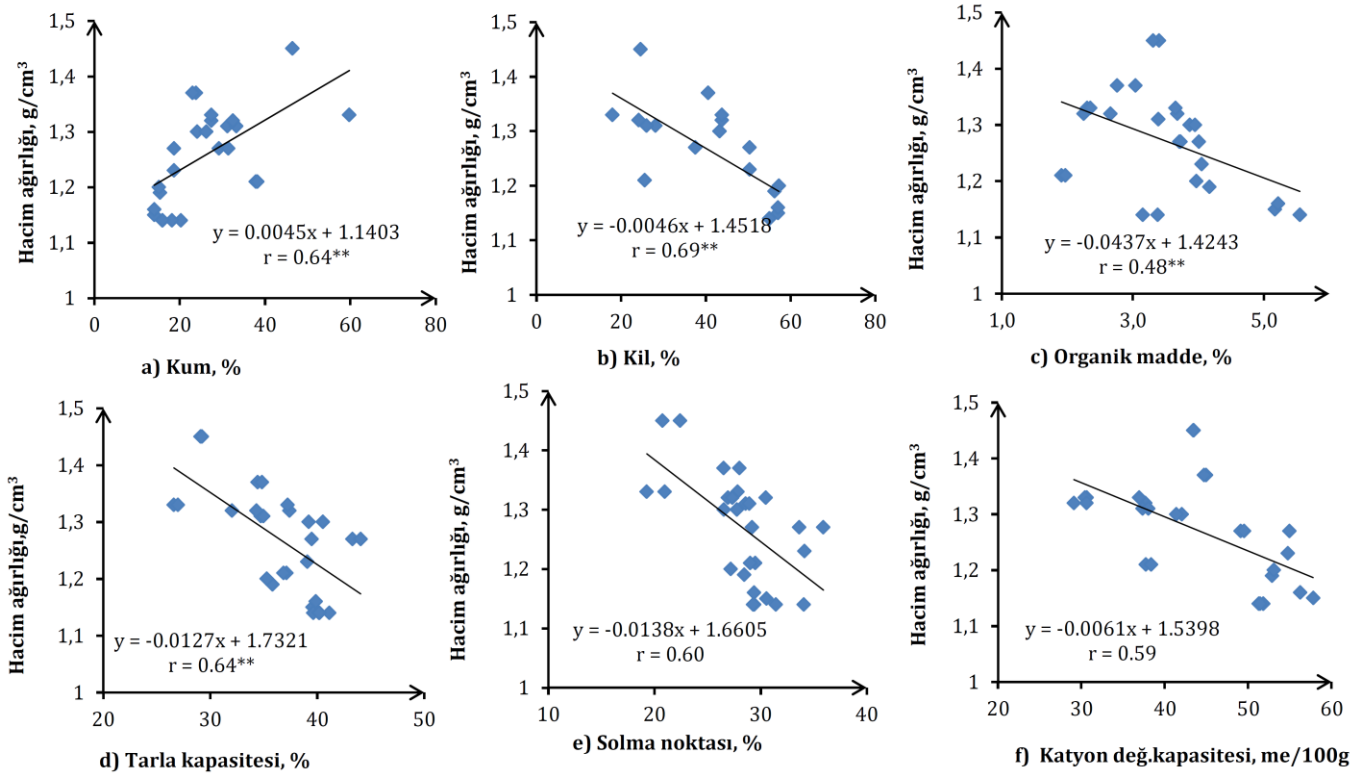
Çizelge 2. Araştırma alanı topraklarına ait tanımlayıcı istatistikler.

Toprak özellikleri	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart sapma
Kum, %	14.03	59.76	29.02	13.84
Silt, %	22.07	43.35	31.77	6.09
Kil, %	17.97	57.26	39.76	14.15
pH (1:2.5)	5.19	7.50	6.70	0.46
EC, ds/m	0.174	0.738	0.494	0.17
OM, %	1.91	5.55	3.67	1.07
TK, %	26.6	40.53	36.46	4.96
SN, %	19.26	35.91	28.30	4.39
Na, me/100g	0.35	0.96	0.700	0.24
DNa, %	1.20	1.66	1.58	2.61
KDK, me/100g	29.10	57.80	44.27	9.19
CaCO_3 , %	0.82	19.67	3.03	4.66
LL, %	36.94	61.29	50.66	7.20
PL, %	23.58	34.43	28.47	3.13
PL, %	7.57	32.38	22.19	7.88
Hacim ağırlığı, g/cm ³	1.14	1.45	1.27	0.096

EC: elektriksel iletkenlik, OM; organik madde, TK; tarla kapasitesi, SN; solma noktası, FS; faydalı su, DNa; değişebilir sodyum, KDK; katyon değişim kapasitesi, LL; likit limit, PL; plastik limit, PI; plastiklik indeksi.

Hacim ağırlığı ile bazı toprak özellikleri, arazi kullanımı ve konum arasındaki ilişkiler

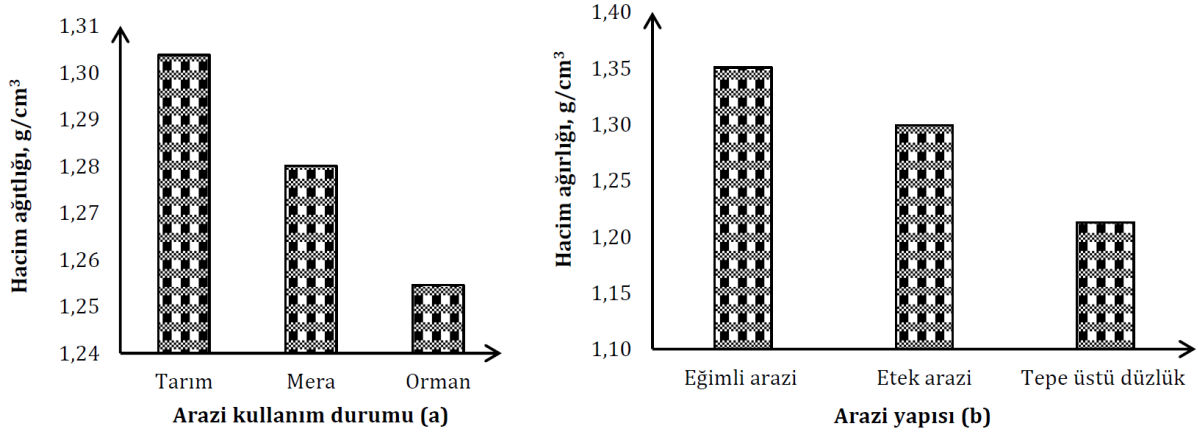
Farklı topoğrafik pozisyonlarda oluşmuş, toprak işlemeli tarım arazisi, mera ve orman alanı olarak kullanılan arazilerden alınan toprak örneklerinde belirlenen bazı toprak özelliklerine ilişkin istatistiksel değerler Çizelge1'de, hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler Şekil 2'de, arazi kullanım durumu (a) ve arazi yapısı (b) ile hacim ağırlığı arasındaki ilişkiler ise Şekil 3'de verilmiştir. Bu verilerin irdelenmesinden de anlaşılacağı üzere araştırma konusu örneklerde hacim ağırlığı değerleri 1.14 g/cm³ ile 1.45 g/cm³ arasında değişim göstermektedir. Toprağı oluşturan yapısal bileşenler ve toprak yönetim uygulamalarından önemli ölçüde etkilenen hacim ağırlığı değerleri strüktürde meydana gelen değişmeyi yansıtmakta olup yüksek hacim ağırlığı değerleri porozitenin azalmasına, infiltrasyonun düşmesine, yüzey akışın artışına, kök gelişiminin kısıtlanmasına ve erozyonunun tetiklenmesine neden olarak sürdürülebilir tarımsal üretimi kısıtlamaktadır. Killi tekstüre sahip topraklarda 1.30-1.40, killi tın tekstüre sahip topraklarda 1.40-1.50 ve kumlu tın tekstürüne sahip topraklarda ise 1.70-1.80 g/cm³'ün üzerindeki değerler kök gelişimini kısıtlamaktadır (Reichert ve ark., 2003; Keller ve Hakansson, 2010). Araştırma konusu topraklar bu açıdan irdelendiğinde killi tekstüre sahip ve toprak işlemeli tarım alanı olarak kullanılan alana ait iki örnek (1.30, 1.37 g/cm³) ile ormandan açılan alana ait 1 örnek (1.32 g/cm³) söz konusu sınır değerlerin üzerinde bir hacim ağırlığına sahip olup tarımsal açıdan kök gelişimini kısıtlayıcı ve erozyonu artırıcı değerlere sahiptirler.



Şekil 2. Hacim ağırlığı değerleri ile bazı toprak (a-kum, b-kil, c-organik madde, d-tarla kapasitesi, e-solma noktası, f-kasyon değişim kapasitesi) özellikleri arasındaki ilişkiler

Arazinin topoğrafik yapısı, kullanım şekli ve toprak özellikleri ile hacim ağırlığı değerleri arasındaki ilişkiler irdelendiğinde, genellikle düz ve düze yakın konumlarda şekillenmiş olan arazilere ait örneklerin kil, silt+kil ve organik madde içeriklerinin yüksek, hacim ağırlığı değerlerinin düşük olduğu, eğimli pozisyonlarda yer alan ve toprak işlemeli tarım arazisi olarak kullanılan alanlara ait örneklerin ise organik madde ve kil içeriklerinin düşük, kum içeriklerinin ve hacim ağırlıklarının yüksek olduğu belirlenmiştir. Hacim ağırlığı değerlerinin arazi yapısı ve arazi kullanım şeklinden etkilendiği, ortalama değerler dikkate alındığında toprakların orman (1.254) < mera (1.280) < tarım (1.303) alanı şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir (Şekil 3a). Arazi yapısı açısından ise toprakların tepe üstü düzlük (1.213) < etek arazi (1.299) < yamaç arazi (1.350) (Şekil 3b) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir. Ortaya çıkan bu durum muhtemelen topoğrafik yapı ve arazi kullanım şeklinin ortak etkileri ile su düzenin değişimi, erozyonun hızlanması, toprak oluşumunun yavaşlaması ve bu değişimin hacim ağırlığı değerlerine yansması ile ilişkilidir. Arazi kullanımındaki dönüşümlerin hacim ağırlığı üzerine etkilerini araştıran Korkaç ve ark. (2018) mera arazilerinin kavaklık alana dönüştürülmesi sonucunda organik karbon, kil, kum, agregat stabilitesi

değerlerinin etkilendiğini ve hacim ağırlığı değerlerinde önemli ölçüde düşüş meydana geldiğini, Aşkın (2002) ise temel toprak özelliklerinin arazinin topoğrafik yapısından önemli ölçüde etkilendiğini belirlemiştir.



Şekil 3. Hacim ağırlığı değerleri ile arazi kullanım şekli (a) ve arazi yapısı (b) arasındaki ilişkiler

Toprakların kil içeriği ($r=-0.685$), kanyon değişim kapasitesi ($r=-0.585$), tarla kapasitesi ($r=-0.635$), solma noktası ($r=-0.595$), likit limit ($r=-0.679$), plastiklik indeksi ($r=-0.644$) değerleri ile hacim ağırlığı değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli negatif, kum içeriği ile ($r=0.638$) de % 1 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Yine toprakların organik madde içeriği ($r=-0.474$), kireç ($r=-0.419$), plastik limit limit ($r=-0.446$) değerleri ile hacim ağırlığı değerleri arasında %5 düzeyinde önemli negatif korelasyonlar elde edilmiştir (Çizelge 3). Aşkın ve Özdemir (2003), Urbanek ve Horn, (2006), Gülser ve ark., (2016), Dengiz ve Coşkun (2016), Gülser ve ark., (2018) yapmış oldukları çalışmalarda bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri ile hacim ağırlığı arasındaki ilişkileri ve bu ilişkilerin zamansal ve konumsal değişimini irdelenmişlerdir. Araştırmacılar hacim ağırlığı ve toprak özellikleri arasında önemli istatistiksel ilişkilerin bulunduğunu, ilişkinin konumdan etkilendiğini saptamışlardır. Toprakların silt ve faydalı su içeriği ile hacim ağırlığı değerleri arasında önemli bir ilişki kaydedilememiştir.

Çizelge 3. Araştırma konusu toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile hacim ağırlığı arasındaki ilişkiler

	HA	Kum	Silt	Kil	OM	Kireç	KDK	TK	SN	LL	PL	PI
Kum	0.628**											
Silt	0.231	-0.07										
Kil	-0.685**	-0.910**	-0.347									
OM	-0.474*	-0.664**	-0.369	.775**								
Kireç	-0.419*	-0.392*	-0.235	.455*	0.306							
KDK	-0.582**	-0.754**	-0.349	.853**	.737**	.405*						
TK	-0.625**	-0.747**	0.036	.684**	.561**	0.119	.624**					
SN	-0.585**	-0.689**	0.207	.558**	.439*	0.12	.539**	.885**				
FS	-0.255	-0.325	-0.306	.432*	.389*	0.034	0.338	.503**	0.044			
LL	-0.679**	-0.774**	-0.244	.830**	.578**	.449*	.800**	.783**	.729**	0.327		
PL	-0.446*	-0.636**	0.07	.572**	.375*	.568**	.500**	.548**	.587**	0.085	.783**	
PI	-0.644**	-0.620**	-0.434*	.764**	.552**	0.198	.780**	.712**	.596**	.423*	.836**	0.314

OM; organik madde, KDK; kanyon değişim kapasitesi, TK; tarla kapasitesi, SN; solma noktası, FS; faydalı su, LL; likit limit, PL; plastik limit, PI; plastiklik indeksi; *, %5 düzeyinde önemli, **, % 1 düzeyinde önemli

Sonuç

Samsun İli, 19 Mayıs İlçesi, Engiz bölgesinde farklı topoğrafik yapılarda ve aynı hat üzerinde oluşmuş, mera, orman ve tarım arazisi olarak kullanılan topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile hacim ağırlığı değerleri arasındaki ilişkileri belirlemek üzere yürütülen çalışma sonucunda; toprakların kil, kum, organik madde içeriği, kanyon değişim kapasitesi, likit limit, plastik limit, tarla kapasitesi, solma noktası gibi temel toprak özellikleri ile hacim ağırlığı, değerleri arasında istatistiksel bakımdan önemli ilişkiler elde edilmiştir. Toprak özellikleri ve hacim ağırlığı değerlerinin arazi kullanım şekli ve yapısından etkilendiği tespit edilmiştir. Eğimli alanlarda yer alan toprakların kum içeriğinin yüksek, organik madde içeriğinin düşük, hacim ağırlıklarının çoğunlukla yüksek, düz ve düze yakın konumlarda yer alan toprakların ise kil ve organik madde içeriklerinin yüksek olduğu, hacim ağırlıklarının ise düşük olduğu tespit edilmiştir. Aynı zamanda arazi kullanım şekli ile bitki örtüsünün de toprak özelliklerini ve hacim ağırlığı değerlerini etkilediği tespit

edilmiştir. Orman ve mera örtüsü altındaki alanların tarım arazisi olarak kullanılan alanlara göre daha düşük hacim ağırlığı değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Sürdürülebilir arazi yönetimine ilişkin planlamalar yapılırken topoğrafik yapı, erozyon arazi, arazi kullanım şekli ilişkisinin dikkate alınmasında yarar bulunmaktadır.

Kaynaklar

- Aşkın T, Özdemir N, 2003. Soil bulk density related to soil particle size distribution and organic matter content. *Agriculture* 9 (2): 52-55.
- Aşkın T, 2002. Toprak aşınabilirliğinin topoğrafik pozisyonla ilişkili olarak jeostatistiksel tekniklerle değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Bayraklı F, 1987. Toprak ve bitki analizleri. OMÜ, Ziraat Fak., Yayın No:38, Samsun, 131-135.
- Chaudhari R, Dodha V, Vidya D, Chakravarty M, Maity S, 2013. Soil bulk density as related to soil texture, organic matter content and available total nutrients of Coimbatore soil. *International Journal of Scientific and Research Publications* 3(2): 1-8.
- Demir Z, Gülser C, 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science* 4: 185–190.
- Demiralay İ, 1993, Toprak fiziksel analizleri, Atatürk Üniv, Ziraat Fak, Yayınları No: 143, Erzurum, :90-95.
- Dengiz O, Özdemir N, Öztürk E, Yakupoğlu T, 2009. Doğu Karadeniz Bölgesi fındık arazilerinin tarımsal kullanıma uygunluk sınırının belirlenmesi, pilot çalışma; Ünye-Tekiraz beldesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 24(3): 174-183.
- Dengiz O, Coşkun A, 2016. Farklı topografik pozisyon ve arazi örtüsü ve arazi kullanımı altında toprakların oluşumu ve agregat stabilite değerlerinin belirlenmesi. Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, TÜCAUM, 13-14 Ekim, Ankara.
- Gülser C, Ekberli I, Candemir F, Demir Z, 2016. Spatial variability of soil physical properties in a cultivated field. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5(3): 192-200.
- Gülser C, İç S, Candemir F, Demir Z, 2008. Effects of rice husk application on mechanical properties and cultivation of a clay soil with and without planting. 29 October-01 November, Kuşadası, Turkey. *Adnan Menderes Ün. Ziraat Fak. Dergisi, Özel sayı: 217-223.*
- Gülser C, 2004. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *O.M.Ü. Ziraat Fak. Dergisi*, 19(3), 19-23.
- Gee G, Bauder JW, 1986. Partial-Size Analysis, p. 383-411, In A, Klute (ed.) *Methods of soil analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, 2nd ed, Agron, Monogr, 9, ASA and SSSA, Madison, WI, USA.
- Hazelton P, Murphy B, 2007. Interpreting soil test results: What Do All the Numbers Mean (2nd Edition), CSIRO Publishing, Collingwood, Australia.
- Joerg R, Körschens, M, 2009. Calculating the effect of soil organic matter concentration on soil bulk density. *Soil Science Society of America Journal* 73(3), 876-885.
- Iqbal J, Thomasson JA, Jenkins JN, Owens PR, Whisler FD, 2005. Spatial variability analysis of soil physical properties of alluvial soils. *Soil Science Society America Journal* 69(4): 1338-1350.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III, Toprak Analizleri, A,Ü, Ziraat Fak, Eğitim Araş. ve Geliştirme Vakfı Yay, No:3, Ankara.
- Keller T, Hakansson I, 2010. Estimation of reference bulk density from soil particle size distribution and soil organic matter content. *Geoderma*, 154 (3): 398-406.
- Korkanç SY, Şahin H, Özden AO, Özkurt B, 2018. Arazi kullanımı dönüşümlerinin toprakların organik karbon depolama ve bazı özellikleri üzerindeki etkileri: Niğde yöresi örneği. *Türkiye Ormanlık Dergisi*, 19(4), 362-367.
- Nath TN, 2015. Physico-chemical properties and its relationship with soil bulk density of Roadside Tea Cultivated Soils in Dibrugarh District of Assam, INDIA. *Chem Sci Rev Lett*, 4(14), 746-752.
- Özdemir N, Ekberli İ, Kop Durmuş ÖT, 2018. Bazı toprak özellikleri ile kütle yoğunluğunun tahmini için pedotransfer modeller. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 6(1): 46 – 51.
- Özdemir N, 1998. Toprak fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 30 Samsun.
- Reicher, JM, Reinert DJ, Baida, JA, 2003. Soil quality and sustainability of agrossistems. C. *Ambiente* 27: 29–48 (in Portuguese with English abstract).
- Rosolem CA, Foloni JS, Tiritan CS, 2002. Root growth and nutrition accumulation in cover crops as affected by soil compaction. *Soil and Tillage Research* 65: 109-115.
- Samsun İli Çevre Durum Raporu, 2008. Çevresel etki değerlendirme. <https://www.yumpu.com/tr/.../> Samsun.
- Sağlam MT, 1997. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 189, Ders Kitabı No: 5, 2, Baskı, Tekirdağ.
- Sowers GT, 1965. Consistency. *Methods of soil analysis, Part I SSSA-ASA, Madison-Wisconsin USA*, pp.349-397.
- Urbanek E, Horn R, 2006. Changes in soil organic matter, bulk density and tensile strength of aggregates after percolation in soils after conservation and conventional tillage. *Int. Agrophysics*, 20: 245-254.
- U.S. Salinity Lab Staff, 1954. *Diagnosis and Improvement, of saline and alkali soils, USDA Agriculture Handbook*, No: 60.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel İstatistik Metodlar. Tarım ve Köyişleri Bak, Köy İşleri Gen, Müd. Teknik Yayın No: 56.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Toprağa karıştırılan pirina kompostu ve arıtma çamurunun mikrobiyal popülasyona ve solucan (*Eisenia fetida* L.) davranışlarına etkisi

Cafer Türkmen* , Remzi İlay, Nuri Burak Aslantekin, Yasemin Kavdir

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 17020 Çanakkale

Özet

Günümüzde tarımsal ürünler ve kentleşmenin artmasıyla tarımsal sanayi ve kentsel atıklar giderek artmıştır. Bu durum, atıkların bertaraf edilmesi ve farklı amaçlarla yeniden değerlendirilmesi konularına yönelik bilimsel çalışmaları gerektirmiştir. Çanakkale’de zeytinyağı üretimi sonrası açığa çıkan Pirinadan (P) elde edilen kompost ile ileri biyolojik atıksu arıtma tesislerinde üretilen Arıtma Çamurunun (AÇ) materyal olarak kullanıldığı bu çalışmada materyaller toprağa ağırlıkça %0, %1 ve %3 seviyelerinde karıştırılmıştır. Karışımlar iki boyutlu (2D) şeffaf cam düzeneklere alınmış, tarla kapasitesine kadar nemlendirilen düzeneklere üçer adet solucan (*Eisenia fetida* L.) bırakılmış ve düzenekler üç gün 18 °C’de inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası 2D düzeneklerindeki solucan hareketlerine bağlı galeri alanları (GA-mm²) ve mikroorganizma sayıları (MOS) belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, %0 (kontrol) grubunda 2D düzenegin her iki tarafındaki GA ve MOS arasındaki farkların istatistik bakımdan önemli olmadığı anlaşılmıştır (p>0,05). Bir tarafında kontrol diğer tarafında karışımların olduğu düzeneklerden, %1 AÇ, %1 P ve %3 P olan topraklarda GA aralarındaki farkların olduğu (p<0,05), ancak MOS değerleri bakımından uygulamaların hiçbirinde önemli fark olmadığı (p>0,05) anlaşılmıştır. Solucanların toprağa karıştırılan farklı organik materyallere yönelimlerinin farklı olduğu galeri alanlarındaki farklardan anlaşılmış, ancak uygulama yapılan tüm topraklarda MOS sayılarındaki değişimin önemsiz olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arıtma çamuru, pirina, kompost, solucan, mikroorganizma, toprak.

Microbial population and earthworm behavior (*Eisenia fetida* L.) in olive pomace compost and sewage sludge applied soil

Abstract

Today, with the increase of agricultural products and urbanization, agricultural industry and urban wastes are increasing. This situation necessiated new scientific studies on the waste disposal and evaluation of wastes for different purposes. Olive pomace (P) compost and sludge (AC) from wastewater treatment plants mixed with soil at the rates of 0%, 1% and 3% w/w. Mixtures were filled up into 2-dimensional (2-D) clear glass assemblies (terrarium) and water was added to maintain the moisture level at the field capacity. Each treatment received three earthworms (*Eisenia fetida* L.) and the terrariums were placed in the incubator for three days at 18 °C. Gallery areas resulted from earthworm movements (GA-mm²) and microorganism numbers (MOS) were determined after the incubation. According to the results, no significant difference was found between the GA and MOS values on both sides of the 2D glass plate in the 0% (control) group (p> 0.05). GA values were found to be significant (p <0.05) in the soil with 1 %AC, 1% P and 3% P compared to control treatment. On the other hand MOS numbers were not statistically significant (p> 0.05). Worms have different orientations towards different organic materials mixed into the soil which effected on gallery areas. However it has been found that the change in MOS numbers was not significant in all soils.

Keywords: Sewage sludge, olive pomace, compost, earthworm, microorganism, soil.

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Son yüzyılda artan dünya nüfusunun gıda ihtiyacı tarımsal ürünlerin artırılmasını gerektirmiş bu sebeple “birim alandan daha yüksek verim alma” amacı ile topraklarımız bozunmaya başlamıştır. Ülkemizde de

* Sorumlu yazar:

Bu makale “II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu”nda (14-15 Aralık 2017 Ziraat Fakültesi/Çanakkale) poster bildiri olarak sunulmuş olup, sempozyum bildiri özetleri kitapçığında benzer özeti basılmıştır.

Tel. : 0 286 218 00 18

Geliş Tarihi : 23 Eylül 2019

e-ISSN : 2146-8141

E-posta : turkmen@comu.edu.tr

Kabul Tarihi : 13 Aralık 2019

DOI : 10.33409/tbbbd.668632

giderek artan nüfus ve kentleşme sonucu, başta tarımsal üretime dayalı organik atıklar olmak üzere kentsel katı atıklarda da önemli artışlar olmuştur (Anonim, 2016a).

Atık yönetimi ile ilgili Avrupa Birliği uyum yasaları gereği olarak ülkemizde belediyelere önemli görev ve yükümlülükler yüklenmiştir. Bu kapsamda kentlerde katı atıkların düzenli depolanması ve atık suların arıtılmaları için arıtma tesisleri kurulmaları sağlanmıştır. Bu atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları için Bruce ve Davis (1988), "tüm geleneksel atık su arıtma işlemlerinin kaçınılmaz son ürünüdür" ifadesini kullanmışlardır.

Ülkemizde organik kökenli evsel katı atıklar ve atık su arıtma tesislerinden elde edilen arıtma çamurları, organik atıklar içerisinde önemli miktarları oluşturmaktadır. Çevre Bakanlığı'mızca "tehlikeli katı atıklar" sınıfında görülen arıtma çamurlarının önemli bir kısmı bilinçli veya bilinçsiz olarak tarım alanlarında kullanılarak bertaraf edilmeye çalışılmaktadır (Arcak ve ark., 2000)

Türkiye İstatistik Kurumu'nun yapmış olduğu belediye atık su istatistikleri anketine göre, kanalizasyonlarla 4,5 milyar m³ atık su gelmekte ve bunun 3,8 milyar m³'ü atık su arıtma tesislerinde arıtılmaktadır. Arıtıldıktan sonra organik kısmı ayrılan atık suyun %44,9'u denizlere, %45'i akarsulara, %2'si barajlara, %1,4'ü göl/göletlere, %0,4'ü araziye ve %6,3'ü diğer alıcı ortamlara aktarılmakta ve yılda 299.000 ton kuru arıtma çamuru oluşmaktadır (Anonim, 2016a).

Arıtma çamurları; kurutularak fabrikalarda yakıt olarak tüketilmekte, tarım alanlarında toprak düzenleyici olarak yönetmeliklerin izin verdiği sınırlı miktarlarda kullanılmakta ve tehlikesiz görülenler katı atık düzenli depolama alanlarında depolanmaktadır. Ancak yine de binlerce ton arıtma çamurunun nerede ve nasıl bertaraf edileceği sorusu ülkemizde de sıklıkla gündeme gelmektedir.

Önemli tarımsal ürünlerimizden zeytin ve zeytinyağı üretimi özellikle İspanya, İtalya, Yunanistan, Suriye, Türkiye ve Tunus gibi Akdeniz ülkelerinde önemli bir sosyo-ekonomik rol oynamaktadır. Dünya zeytinyağı üretiminin %98'i Akdeniz ülkeleri tarafından yapılmaktadır (IOOC, 2011). Zeytinyağı üretiminde genellikle 3 yöntem kullanılmakta olup seçilen üretim metoduna göre atık miktarlarının oranları arasında farklıklar bulunabilmektedir (İlay, 2009). Türkiye'de zeytinyağı üretimi sonucunda açığa çıkan katı atığa "pirina" denilmektedir. Zeytinyağı üretimi için kullanılan 1 ton zeytinden, geleneksel yöntemde 400 kg, 2 fazlı sistemde 800-950 kg ve üç fazlı sistemlerde ise 500-600 kg pirina açığa çıkmakta olup, ülkemizde ortalama yıllık 268000 ton pirina elde edilmektedir (İlay, 2009). Üretim sistemlerine bağlı olarak farklı oranlarda ortaya çıkan yan ürünlerin miktarlarının fazla olması, bertarafının zor olması ve depolanma sorunları nedeniyle ciddi çevresel problemlere yol açmaktadır (Niaounakis ve Halvadakis, 2004; Azbar ve ark., 2004; İlay, 2009; İlay ve ark., 2013).

Roig ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, iki fazlı ve üç fazlı zeytinyağı üretim atıklarını farklı metotlarla değerlendirmişler ve önerilen metotlar içinde en uygun yöntemin kompostlaştırma işlemi olduğunu, bu yöntemin diğer yöntemlere göre daha pratik olduğunu, ekonomik değerinin yüksek olduğunu ve organik tarımda çok önemli rol oynayabileceğini belirtmişlerdir.

Kavdir ve Killi (2008), yaptıkları çalışmada pirinanın belli bir orana kadar toprağa direkt uygulanabileceğini fakat hayvan gübreleri ile beraber kompostlaştırılması ile atıkların değerinin artacağını bildirmişlerdir.

Topraklara çeşitli doğal organik materyallerin veya kompostlanmış organik maddelerin uygulanması tarımsal ürünlerde verim artışları yanında, toprak ıslahı amacıyla da kullanılmaktadır (Öztürk ve ark., 2010; Özdemir ve Durmuş, 2016). Organik maddeler toprakta agregatlaşmayı artırarak toprak pH stabilizasyonunu ve infiltrasyon hızını artırır (Özdemir ve Durmuş, 2016). Toprak organik madde kapsamı, pH ve EC gibi toprağın kimyasal özelliklerini ve dolayısıyla topraktaki mikroorganizma faaliyetini etkileyerek enzim aktivasyonunda da bazı önemli değişiklikler meydana getirmektedir (Sofi ve ark., 2016; Zhongjun ve ark., 2017)

Baker ve ark. (2003), toprakta besin maddesi döngülerinde solucanların fiziksel ve biyokimyasal etkilerinin çok önemli olduğunu, bu durumun ekosistemdeki tüketiciler ve ayrıştırıcıların toprağa bağlılığını artırdığını belirtmişlerdir.

Ekosistemlerin devamlılığı için canlılarda biyoçeşitlilik çok gereklidir. İnsanların hayatı bu faktörlere bağımlıdır. Ekosistemler içinde "devamlı doğurganlık" önemli bir kavram olmaya başlamıştır ve bu kavram toprak organizmaları ile sıkça anılır olmuştur (Lee, 1985; Busby ve ark., 2017). Günümüzde artık sürdürülebilir tarım, ekosistem ve insan sağlığı için toprağın ruhundan ve çevre ahlakından bahsedilmeye başlanmıştır (Thompson, 2017).

Solucanlar, topraklardaki canlı biokütlenin en önemli üyelerinden olup “ekosistem mühendisleri” olarak adlandırılırlar (Blouin ve ark., 2013). Solucanlar topraktaki bitki atıklarını tüketip sonrasında toprakla birleştirilmiş olarak tekrar boşaltmak suretiyle toprak agregatlarının oluşumuna ve dayanıklılığına katkıda bulunur ve şekilde bitki gelişimi için toprak fiziksel şartlarının iyileştirilmesinde önemli rol oynarlar (Kavdir ve İlay, 2011). Solucanlar toprakta su geçirgenliğini ve poroziteyi artırmaktadırlar. Bu yönleriyle solucanlar tarım alanlarında yüzeye uygulanan organik materyallerin, kirecin ve gübrelerin toprağa karışımını sağlarlar ve bu karışım sürecini hızlandırır. Bitki kök gelişimine önemli katkıları ile kök hastalıklarını önemli miktarda düşürürler (Anonim, 2017).

Lumbricus terrestris cinsi solucanlar önemli bir kirlilik indikatörü olarak kabul edilmektedir (Anonim, 2017). Bu tür solucanların özellikle kirlilik unsurlarını biyoakümüasyonu nedeniyle kuşlara ve diğer solucanla beslenen kara canlılarına taşınmasındaki potansiyelleri yüksek olmaktadır. Bu potansiyele dikkat çekilen toprak solucanlarının iyi bilinen örneklerinden olan *Lumbricus* ailesinin dünyada 500 ten fazla türü olup ülkemizde 75 kadarı tespit edilmiştir, ancak ülkemizde *L. terrestris* cinsine ait 2014 yılı itibariyle bir tür kaydı olmadığı da belirtilmektedir (Mısırlıoğlu, 2014).

Topraklara kompost ve organik madde katmak, besin maddelerinin uzun süre tutulmalarını ve yavaş salınımlarını sağlayarak ürün verimi artırır. Aynı zamanda toprak mikrobiyal biokütlesini artırır ve toprakların fiziksel özelliklerini geliştirir (Bertan ve ark., 2003; Öztürk ve ark., 2010). Dominguez ve Edwards (2011), benzer olarak bitkinin toprakta yer alan mikro ve makro besin elementlerini daya iyi ve uzun sürede kullanması amacıyla yönelik olarak vermikompost'un bitkilerin istediği zamanda ve formda alabilecekleri besin maddeleri içerdiğini ve yavaş salınımlı olduğunu belirtmişlerdir.

Solucanların taze organik materyallerce zengin, nemli ve sıcak yerlerde fazlaca bulunduğu eskiden beri bilinmektedir (Evans, 1947; Fuller, 1954). Son yıllarda solucanların toprak kalitesini belirleme yönüyle biyolojik indikatör olarak ele alınma düşüncesi, bilim adamlarını bu yöndeki araştırmalara (Evans, 1947; Graff, 1953; Fuller, 1954; Dunger, 1983; Paoletti ve ark., 1998; Fründ ve ark., 2009; Lowe ve ark., 2016; Dawood ve ark., 2017) yönelten önemli bir gelişme olmuştur.

Yapılan bir başka çalışmada; solucanların açtıkları galeri alanlarının bilinmesinin topraklarda bu canlıların ekolojik olarak yönelimlerinin belirlenmesinde ve bu işlem için kullanılan 2D sisteminin, pahalı cihaz-donanım gerektiren yöntemlere göre daha ekonomik ve ekolojik bir yöntem olabileceği bu nedenle 2D yöntemi seçilerek solucanlarla ilgili ekolojik çalışmaların yaygınlaştırılması ve farklı bakış açılarıyla sorgulanması gerektiği belirtilmiştir (Türkmen ve ark., 2013; 2018).

Toprak kalitesi kriterlerini belirleme çalışmaları içinde önemli fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özellikleri sayılmaktadır. Bunlar içinden azot mineralizasyonu, mikrobiyal biyomas, toprak solunumu ve toprak solucanları önemli biyolojik parametreler olarak ifade edilmektedir. Benzer şekilde çok sayıda fiziksel ve kimyasal toprak kalite kriterlerinin de sıklıkla incelen özelliklerden olduğu bildirilmektedir (Karlen ve ark., 2003; Gülser ve Kızılkaya, 2013; Bünemann ve ark., 2018). Bunlardan sadece toprak kimyasal kalite ölçütleri kapsamındaki bir özellik olan ağır metallerin incelenmesi için bile Atomik Absorbsiyon Spektrofotometresi gibi pahalı cihazlar ve donanımlar gerekmektedir. Biyolojik kalite ölçütlerinden olan solucanların sayıları, türleri ve doğal ortamlarındaki hareketlerinin belirlenmesi de oldukça zor, pahalı ve uzmanlık gerektiren yöntemlerdendir. Ancak materyal ve metot kısmında detayları açıklanan 2D düzeneği sistemi ile solucan yönelimlerinin ölçülmesini temel alan kolay ve masrafsız bir yöntemle çalışmalar yaparak halen biyolojik indikatör olarak ele alınan solucanlar ek olarak; kaliteli toprakların teşhisinde, topraklara karıştırılacak organik/inorganik materyallerin solucanlara etkilerinin öngörülmesinde ve hatta diğer toprak kalite parametreleriyle solucan yönelimlerinin korelasyonlarının yapılması gibi birçok yararlı çalışmalara kapı açılabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışma, *Eisenia fetida* türü toprak solucanı kullanarak topraklara karıştırılan iki farklı organik atık olan arıtma çamuru ve pırına kompostunun solucanların yönelimlerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Daha önce Ankara kenti atıksularından elde edilen arıtma çamurunu solucanlara yedirerek vermikompost üretimi sağlanmış (Kızılkaya ve ark., 2012), ancak Çanakkale kenti atıksularından elde edilen arıtma çamuru ve Çanakkale yöresi zeytinlerinin işlenmesi sonucu elde edilen pırınanın solucan yönelimlerine etkilerinin 2D düzeneği kullanılarak incelendiği ilk çalışma olmuştur.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada kullanılan solucanlar, son yıllarda piyasada çok rastlanan ve vermikompost yapımında en etkin türlerden biri olan *Eisenia fetida* olmuştur. Çalışmada Çanakkale Belediyesi İleri Biyolojik Atıksu Arıtma

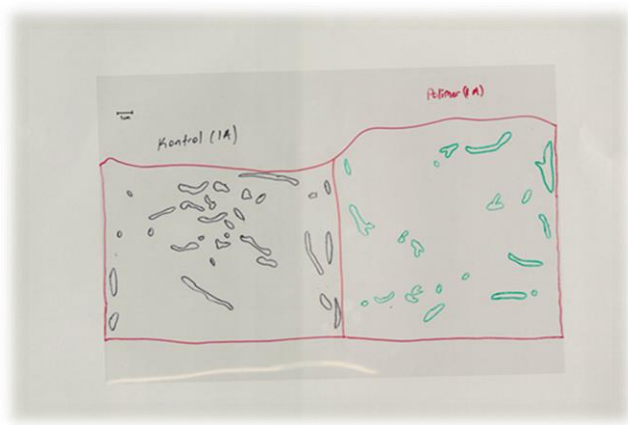
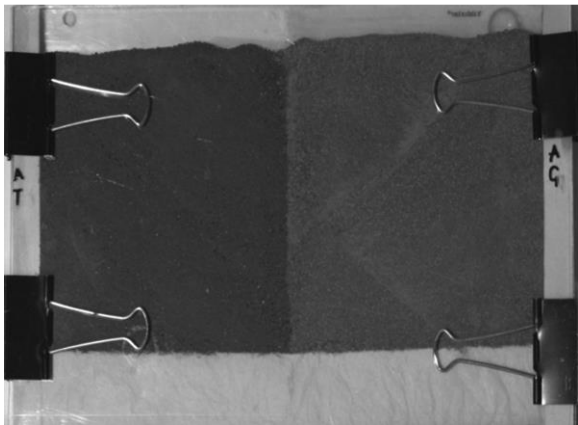
Tesisi'nden temsilen alınan arıtma çamuru kurutulup homojenize edildikten sonra 4 mm'lik elekten geçirilerek kullanılmıştır. Pirina ise Gökçeada (Çanakkale)'da bulunan Elta Tarım İşletmesi'nden elde edilmiş ve ahır gübresi ile karıştırılarak kompostlaştırılmış, kurutulmuş daha sonra 4 mm'lik elekten elenerek homojen hale getirilen kısımdan alınarak kullanılmıştır. Çizelge 1'de kullanılan materyallerin ve toprağın temel özellikleri ve bazı besin elementleri verilmiştir. Denemede 2D sistem için gerekli toprak ise ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Yerleşkesi'ndeki tarla denemeleri için ayrılan parsellerden alınmış, kurutulup ezildikten sonra 2 mm'lik elekten geçirilerek kullanılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan materyallerin bazı özellikleri ve toplam element içerikleri*

İncelenen Özellikler	Pirina Kompostu	Arıtma Çamuru	Toprak
Organik madde (%)	61,57	42,73	1,81
pH	7,90	6,39	8,01
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	299	420	639
N (%)	1,98	4,36	0,070
P (%)	0,04	1,92	0,093
K (%)	0,57	0,173	0,165
Fe (ppm)	1881	1261	2341
Cu (ppm)	10,05	127,78	8,96
Mn (ppm)	189	260,69	0,33
Zn (ppm)	53	785,85	42,44
CaCO ₃ (%)	-----	-----	11,86
Bünye	-----	-----	Tın (%51 Kum, %35 Silt, %14 Kil)

*: Veriler; İlay ve ark. (2013), Kavdır ve ark. (2010) ve T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Toprak-Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitü Müdürlüğü Analiz Raporu (Anonim, 2016b) ile Bölümümüz laboratuvarlarında yapılan analiz verilerinden alınmıştır/üretilemiştir. Analizler ise; Kacar ve Kütük (2010), EPA-3052 (1996) ve Müftüoğlu ve ark. (2014)'e göre yapılmıştır.

Denemede kullanılan 2D terrarium düzeneği (Evans, 1947), A4 kâğıt ebatlarına göre kesilmiş camlardan hazırlanmıştır. Kesilen camların her iki tarafından arasına 4'er mm'lik ahşap çıta, camların alt tarafına ise toprağın dökülmemesi için temiz bir bez konularak oluşturulmuş ve dört köşesinden birer kısaç ile sıkıştırılmıştır (Dunger, 1983; Leibner ve ark., 2008; Fründ ve ark., 2009; Fründ ve ark., 2011). Hazırlanan bu düzeneklerin tam ortasından iki cam arasına girecek uygun bir çubuk yardımıyla düzenekler iki bölmeye ayrılmıştır. Tüm düzeneklerin ayrılan bir bölüme 2 mm'den elenmiş 100'er gram kontrol toprağı, diğer kısmına ise belirli oranlarda (%0, %1, %3) organik materyal katılan 100'er gram topraklar konulmuştur (Şekil 1).



Şekil 1. 2D düzeneğinin görüntüsü ve asetat üzerine galeri alanlarının alınması (orijinal fotoğrafı).

Üçer tekrarlı olarak 2D sistemlere yerleştirilen karışımlar tarla kapasitesine kadar nemlendirildikten sonra düzeneklerin her birinin ortasından eşit ağırlıkta üçer solucan yerleştirilmiştir. Bu işlemler her iki organik atık için tekrar edilmiştir. Oluşturulan 2D cam düzenekler su dolu küvetlere yerleştirilmiş ve toprağın tarla kapasitesine kadar doymuş hale gelmesi sağlanmıştır. Hazır hale gelen düzeneklerdeki camlar arasındaki toprak üzerine düzeneğin tam ortasından ortalama ağırlıkları eşit olacak şekilde 3'er solucan bırakılmıştır.

Solucanlar sisteme yerleştirildikten sonra siyah bir bant yardımı ile açık kalan üst kısımlar kapatılmış ve havalanması için bant üzerine küçük delikler açılmıştır. Tüm düzenekler hazırlandıktan sonra solucanlar karanlıkta ve +18 °C'ye ayarlanmış inkübatörde üç gün bekletilmiştir. Bu süre sonunda laboratuvar ortamına alınan solucanların açtığı galerileri asetat kâğıdı üzerine renkli ince uçlu asetat kalemleri yardımıyla

çizilmiştir. Asetatlara alınan alanlar kapalı ve taralı hale getirildikten sonra solucanların açtığı tünel alanları WinRHIZO Basic Pro-2007 kök programı yardımıyla (WinRHIZO Basic Pro-2007, Regent Instruments Inc., Quebec) 1 cm² referans okuması yapılarak ölçülmüştür (Gallagher ve ark., 2015).

İstatistik analizlerde; kontrol grubu ile diğer gruplar arasındaki galeri alanları bakımından MINITAB 16.0 paket programı ile varyans analizine tabi tutulmuş (ANOVA) ve gruplar arasındaki farklılıkları LSD testi ile ortaya konulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Araştırma sonucu elde edilen verilere göre, hiçbir uygulama yapılmayan kontrol grubunda 2D düzeneğin her iki tarafındaki GA ve MOS değerleri arasındaki farkların önemli olmadığı tespit edilmiştir ($p>0,05$). Bir tarafında kontrol diğer tarafında karışımların olduğu düzeneklerden; %1 AÇ, %1 P ve %3 P olan topraklarda GA değerleri arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu (Şekil; 2,3,4), ancak MOS değerleri dikkate alındığında uygulamaların arasında önemli fark olmadığı ($p>0,05$) anlaşılmıştır (Çizelge 2). Solucan galerilerinin büyük kısmı %1 pirina kompostu ilave edilen 2D terrariumda (düzenekte) oluşmuştur, bu da organik açıdan zengin toprak için solucanın net bir tercihi olduğunu göstermektedir. Benzer sonuçlar Felten ve Emerling (2009), Türkmen ve ark. (2013) ve Türkmen ve ark. (2018) tarafından farklı atıklar ve solucan türleri için bildirilmiştir.

Solucanların toprağa karıştırılan farklı organik materyallere yönelimlerinin farklı olduğu galeri alanlarındaki farklardan anlaşılmış, ancak uygulama yapılan tüm topraklarda MOS sayılarındaki değişimin önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Solucanlar bazen kirletici maddeleri hissedebilirler ve genellikle kirli topraklardan kaçınma eğilimindedirler (Stephenson ve ark., 1998). Bu nedenle solucanların pirina kompostuna yönelmesi, bu kompostun zararlı olmadığı veya solucanlar için itici bir madde olmadığına göstergesi olabilir.

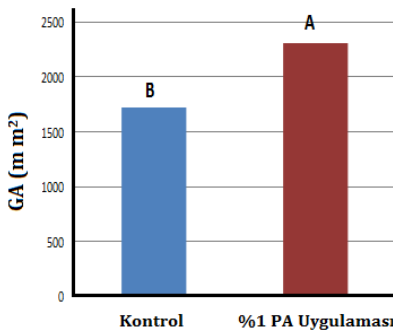
Çizelge 2. Çamur ve pirina uygulamalarının galeri alanı ve mikroorganizma sayılarına etkileri.

	Galeri alanı (mm ²)			Mikroorg. Sayısı (Adet/g Toprak)		
	Toprak	Uygulama	P değeri	Toprak	Uygulama	P değeri
Kontrol	1386	1380	0,976	$3,38 \times 10^6$	$3,40 \times 10^6$	0,972
%1 Çamur	1128 B	1486 A*	0,008	$4,16 \times 10^6$	$7,06 \times 10^6$	0,199
%3 Çamur	1067	1416	0,093	$5,77 \times 10^6$	$5,91 \times 10^6$	0,947
%1 Pirina kompostu	1722 B	2307 A	0,018	$5,05 \times 10^6$	$3,56 \times 10^6$	0,286
%3 Pirina kompostu	1222 B	1911 A	0,005	$3,88 \times 10^6$	$4,75 \times 10^6$	0,651

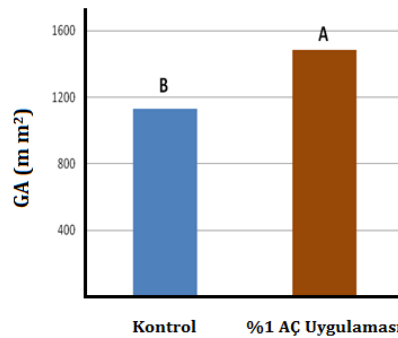
*:Aynı satırdaki farklı harfler, uygulamalar arasındaki istatistiksel farkı belirtmektedir ($p<0,05$).

Çizelge 2'ye göre *E. fetida* türünün uygulama alanları içerisinde, toprağa %1 oranında karıştırılan pirina kompostunda en çok galeri alanı (2307 mm²) oluştururken, toprağa %3 oranında karıştırılan çamur ise en az galeri alanı (1416 mm²) oluşturduğu görülmektedir.

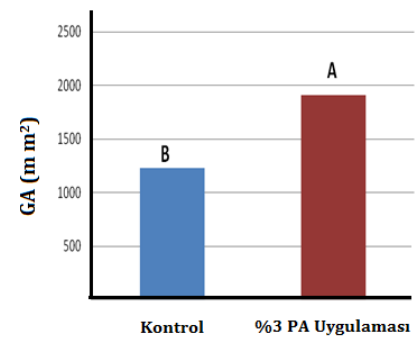
Çizelge 2'ye göre *E. fetida* türünün uygulama alanları içerisinde, toprağa %1 oranında karıştırılan çamur ile en çok mikroorganizma sayısı ($7,06 \times 10^6$) olurken, toprağa %1 oranında karıştırılan pirina kompostu ile en az mikroorganizma sayısı ($3,56 \times 10^6$) oluştuğu görülmektedir.



Şekil 2. *Eisenia fetida* solucanlarının kontrol (katkısız toprak) ile %1 pirina kompostu uygulanan topraktaki galeri alanları (mm²).



Şekil 3. *Eisenia fetida* solucanlarının kontrol (katkısız toprak) ile %1 atık çamur uygulanan topraktaki galeri alanları (mm²).



Şekil 4. *Eisenia fetida* solucanlarının kontrol (katkısız toprak) ile %3 pirina kompostu uygulanan topraktaki galeri alanları (mm²).

Sonuç

Bu araştırmada solucanların toprağa karıştırılan farklı organik materyallere göre yönelimlerinin de farklı olduğu galeri alanlarındaki uygulama seviyelerine bağlı olarak değişen farklardan anlaşılmış olup, uygulama yapılan tüm topraklardaki MOS sayılarındaki değişimin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Mikroorganizma sayılarındaki değişimlerin sayısal olarak farklı olmasına rağmen (Çizelge 2) bu farkların önemsizliği; 2D sistemler içindeki solucanların hareketli olması nedeniyle fazla tekrarla çalışma şansının az olmasına ve toprağa katılan organik materyallerin her ikisinin de üç günlük deneme süresi içinde ayrışıp parçalanmasının mümkün olmaması nedenine dayandırılabilir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen verilere göre; solucanların temel ekosistemleri olan toprak ortamına katılan organik materyallere verdiği tepkilerin ölçülebilir olduğu anlaşılmıştır. Son yıllarda sürdürülebilir tarım ve çevre kavramları kapsamında giderek önemi artan toprağın kalitesi, kirliliği ve verimliliği çalışmalarında solucanların bu tür tepkilerinin gösterge olarak kullanılabilmesi düşünülmelidir. Kısa zamanda 2D sistemin ve solucanların kullanıldığı bu metotla toprak özellikleri ve kalitesi hakkında fikirler elde edilebilir, bu metot daha da geliştirilebilir ve diğer toprak özelliklerine ve canlılarına etki edebilecek katkı maddeleriyle yeni çalışmalar kurgulanabilir.

Kaynaklar

- Anonim, 2016a. TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu), Belediye Atıksu İstatistikleri Haber Bülteni, Sayı: 24875.
- Anonim, 2016b. T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Toprak-Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitü Müdürlüğü Analiz Raporu, Yenimahalle/Ankara.
- Anonim, 2017. http://www.bugday.org/portal/haber_detay.php?hid=150 (Erişim tarihi; 24.12.2017).
- Arcak S, Türkmen C, Karaca A, Erdoğan E, 2000. A Study on potential agricultural use of sewage sludge of Ankara wastewater treatment plant. Proceeding of International Symposium on Desertification, 13-17, Konya.
- Azbar N, Bayram A, Filibeli A, Muezzinoglu A, Sengul F, Ozer A, 2004. A review of waste management options in olive oil production. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 34(3), pp.209-247.
- Baker GH, Amato M, Ladd J, 2003. Influences of Aporrectodea trapezoides and A. rosea (Lumbricidae) on the uptake of nitrogen and yield of oats (*Avena fatua*) and lupins (*Lupinus angustifolius*). *Pedobiologia*. 47: 857–862.
- Bertan E, Sort X, Soliva M, Trillas I, 2003. Composting winery waste: Sludge and grape talks, 3 July, Barcelona-Spain.
- Blouin M, Hodson ME, Delgado EA, Baker G, Brussaard L, Butt KR, Dai J, Dendooven L, Peres G, Tondoh JE, Cluzeau D, Brun JJ, 2013. A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*. 64: 161–182.
- Bruce AM, Davis RD, 1988. Sewage Sludge Disposal: Current and Future Options. *Water Science Technology* 21(10-11): 1113–1128.
- Busby PE, Soman C, Wagner MR, Friesen ML, Kremer J, Bennett A, Dangl JL, 2017. Research priorities for harnessing plant microbiomes in sustainable agriculture. *PLoS biology*, 15(3), e2001793.
- Bünemann EK, Bongiorno G, Bai Z, Creamer RE, De-Deyn G, De-Goede R, Pulleman M, 2018. Soil quality–A critical review. *Soil Biology and Biochemistry*, 120, 105-125.
- Dawood M, Wahid A, Hashmi MZ, Mukhtar S, Malik Z, 2017. Use of earthworms in biomonitoring of soil xenobiotics. In: Hashmi M., Kumar V., Varma A. (eds) *Xenobiotics in the Soil Environment*. Soil Biology Vol. 49, pp. 73-88.
- Dominguez J, Edwards C, 2011. Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting. In: *Vermiculture Technology* (Edited by Clive A. Edwards, Norman Q. Arancon and Rhonda Sherman) Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management, CRC Press, pp. 27–40.
- Dunger W, 1983. *Tiere im Boden*. A. Ziemsen Verlag, Wittenberg Lutherstadt.
- Environmental Protection Agency (EPA) Method-3052, 1996. Microwave Assisted Acid Digestion of Siliceous and Organically Based Matrices. <https://www.epa.gov/sites/production/files/2015-12/documents/3052.pdf>.
- Evans AC, 1947. A Method for studying the burrowing activities of earthworms. *Annals and Magazine of Natural History*, 11: 643-650.
- Felten D, Emmerling C, 2009. Earthworm burrowing behaviour in 2D terraria with single-and multi-species assemblages. *Biology and Fertility of Soils*, 45(8), 789-797.
- Fründ HC, Graefe U, Tischler S, 2011. Earthworms as Bioindicators of Soil Quality. In: Karaca A. (ed.) *Biology of Earthworms*. Soil Biology. Springer Berlin Heidelberg Vol. 24, pp.261-278.
- Fründ HC, Wallrabenstein H, Leibner S, Blohm R, 2009. Developing a soil quality test with 2D terraria and Aporrectodea caliginosa. Workshop Kommission III der Deutschen Bodenkundlichen Gesellschaft "Experimenting with Earthworms." Trier, Germany: Veranstalter: Kommission III der DBG 20-21.03.2009. <http://eprints.dbges.de/90/2/Fruend>.
- Fuller H, 1954. *Die Regenwürmer*. Die Neue Brehm-Bücherei, Heft 140 (Nachdruck). Wittenberg: A. Ziemsen Verlag.
- Gallagher FJ, Caplan JS, Krumins JA, Grabosky JC, 2015. Root Growth Responses to Soil Amendment in an Urban Brownfield. *Ecological Restoration* 33(1) p: 10-13.
- Graff O, 1953. *Die Regenwürmer Deutschlands*. Hannover. Schaper.

- Gülser C, Kızılkaya R, 2013. Concept of soil quality. A 437 Актуальные проблемы науки и агропромышленного комплекса в процессе европейской интеграции, Международная науч.-практичес, 273.
- IOOC (International Olive Oil Council), 2011. <http://www.internationaloliveoil.org/> (accessed 01.12.11).
- İlay R, 2009. Zeytin Katı Atığının Fasulye ve Ayçiçeği Bitkilerinin Gelişimi Üzerine Etkilerinin Saptanması. Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi-FBE, ÇANAKKALE
- İlay R, Kavdır Y, Sumer A, 2013. The effect of olive oil solid waste application on soil properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) *International Biodeterioration & Biodegradation* 85: 254-259.
- Kacar B, Kütük C, 2010. Gübre Analizleri. Nobel Yayın No: 1497, Fen Bilimleri: 102, Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 59, Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Ankara.
- Karlen DL, Doran JW, Weinhold BJ, Andrews SS, 2003. Soil quality: Humankind's foundation for survival. *Journal of Soil and Water Conservation* 58.
- Kavdır Y, İlay R, 2011. Earthworms and Soil Structure, In: A.Karaca (ed.), *Biology of Earthworms, Soil Biology*, Vol 24, pp.39-50. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Kavdır Y, Killi D, 2008. Influence of olive oil solid waste applications on soil pH, electrical conductivity, soil nitrogen transformations, carbon content and aggregate stability. *Bioresource Technology* 99, 2326-2332.
- Kavdır Y, Turhan H, Camcı Çetin S, Kavdır I, Genç L, Killi D, 2010. Zeytin Katı Atığının (Pirina) Toprağa Doğrudan ve Kompost Yapılarak Uygulanmasının, Agregat Stabilizasyonu ve Bitki Gelişimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TUBITAK Proje No: 1060371 sonuç raporu.
- Kızılkaya R, Hepsen Turkey FS, Turkmen C, Durmus M, 2012. Vermicompost effects on wheat yield and nutrient contents in soil and plant. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 58(sup1), S175-S179.
- Lee KE, 1985. Earthworms, Their ecology and relationships with soils and land use. Academic Press, 411s. Sydney.
- Leibner S, Fründ HC, Schacht H, Blohm R, 2008. Standardisierung und Validierung eines Bodenqualitätstests auf Basis der Bodennutzung durch Regenwürmer. - Berichte der DBG, <http://www.dbges.de>
- Lowe CN, Butt KR, Cheynier KY-M, 2016. Assessment of avoidance behaviour by earthworms (*Lumbricus rubellus* and *Octolasion cyaneum*) in linear pollution gradients. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 124: 324-328.
- Mısırlıoğlu M, 2014. Toprak Faunası. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Yayın no;929; Fen Bil. No; 082, I.Basım, Haziran-2014, Ankara.
- Müftüoğlu NM, Türkmen C, Çıkılı Y, 2014. Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizler (2. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Ankara Dağıtım Kültür Mah. Mithatpaşa Cad. No: 74 B01/02 Kızılay-Ankara,
- Niaounakis M, Halvadakis CP, 2004. Olive-mill Waste Management—Literature Review and Patent Survey. Typothito-George Dardanos, Athens.
- Özdemir N, Durmuş ÖTK, 2016. Organik düzenleyicilerin asit, nötr ve alkalın toprakların agregat stabilitesi üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1), 22-26.
- Öztürk İ, Demir İ, Altınbaş M, Arıkan OA, Çiftçi T, Çakmak İ, Öztürk L, Yıldız Ş, Kiriş A, 2010. Kompost el kitabı, İTÜ-İSTAÇ ortak basımı,
- Paoletti MG, Sommaggio D, Favretto MR, Petruzzelli G, Pezzarossa B, Barbafieri M, 1998. Earthworms as useful bioindicators of agroecosystem sustainability in orchards and vineyards with different inputs. *Applied Soil Ecology*, 10: 137-150.
- Roig A, Cayuela ML, Sánchez-Monedero MA, 2006. An overview on olive mill wastes and their valorisation methods. *Waste Management*, 26(9), pp.960-969.
- Sofi JA, Lone AH, Ganie MA, Dar NA, Bhat SA, Mukhtar M, Dar MA, Ramzan S, 2016. Soil microbiological activity and carbon dynamics in the current climate change scenarios: A review. *Pedosphere*. 26: 577-591.
- Stephenson GL, Kaushik A, Kaushik NK, Solomon KR, Steele T, Scroggins R, 1998. Use of an avoidance-response test to assess the toxicity of contaminated soils to earthworms. In: Sheppard, S.C., Bembridge, J.D., Holmstrup, M., Posthuma, L. (Eds.) *Advances in Earthworm Ecotoxicology*. SETAC Press, Boca Raton, FL, pp. 67-81.
- Thompson PB, 2017. *The spirit of the soil: Agriculture and environmental ethics*. Taylor & Francis.
- Türkmen C, Şahin E, Dardeniz A, Müftüoğlu NM, 2018. Toprağa Karıştırılan Asma Budama Atıkları Kompostu ve Çay Çöpü Kompostunun *Eisenia fetida* ve *Octodrilus transpadanus* (Annelida-Clitellata) Topraksolucanı Yönelimlerine Etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 5(3), 273-279.
- Türkmen C, Temel E, Çatal G, Sincen M, Mısırlıoğlu M, 2013. Bazı Atık ve Toprak Düzenleyicilerin Toprakta Solucan Davranışlarına Etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi* 1 (1): 79-86.
- Zhongjun JIA, Kuzyakov Y, Myrold D, Tiedje J, 2017. Soil Organic Carbon in a Changing World. *Pedosphere* 27(5), 789-791.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Tek yıllık yem bitkisi yetiştiriciliği altındaki su tutucu uygulanmış topraktan meydana gelen sediment ve yüzey akış

Tuğrul Yakupoğlu^{1,*}, Erdem Gülümser², Medine Çopur Doğrusöz³, Uğur Başaran³

¹Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Yozgat

²Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bilecik

³Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Yozgat

Özet

Küresel ısınmanın beraberinde getirdiği iklim değişikliği bütün ekosistemleri olduğu gibi tarımsal ekosistemi de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin başta sayılabileceklerinden biri tarımda su yetersizliğidir. Bu çalışmanın amacı, mısır (*Zea mays* L.) ve soya (*Glycine max* L.) yetiştiriciliği yapılan bir yarı-kurak iklim bölgesi tarım toprağında meydana gelen yüzeyel akışlar ve toprak kaybı üzerine, Natural Aquatic® isimli samanlı su tutucunun farklı dozlarının etkilerinin laboratuvar koşullarında, yapay yağış altında belirlenmesidir. Bu amaçla, erozyon tavalalarına yerleştirilmiş kil bünyeli bir toprağa farklı dozlarda samanlı su tutucu uygulanmıştır. Bitki yetiştiriciliği periyodunda ve sonrasında bir hafta boyunca tavalalar kontrollü şartlarda tutulmuştur. Bitkiler tavalardan uzaklaştırıldıktan bir hafta sonra tavalaların üzerine 360 mm h⁻¹ yoğunlukta yapay yağış 4 dakika süre ile yağdırılmıştır. Değişken olarak yüzeyel akışın başlama zamanı, kalınlığı ve bu akışla meydana gelen toprak kaybı ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, yüzeyel akışın başlaması için geçen süre ile oluşan akışın kalınlığı birbiri ile ilişkilidir. Taşınan toprak miktarına kullanılan su tutucu dozunun etkisi istatistiksel bakımdan önemlidir ($P < 0.05$). Bitkisiz ve mısır yetiştirilen gruplar için toprak ve su kayıplarını azaltmada %0.2 ve %0.4 uygulamaları en etkili dozlar iken soya yetiştirilen grupta en etkili uygulama %1 dozudur.

Anahtar Kelimeler: Erozyon, mısır, soya, su tutucu polimer, toprak, yapay yağış.

Sediment and runoff from the soil amended superabsorbent polymer under annual forage crop grown

Abstract

Climate change brought about by global warming adversely affects all ecosystems as well as agricultural ecosystems. One of these negative effects is the of water deficiency in agriculture. The objective of this study was to investigate the effects of different doses of a superabsorbent mixed straw called Natural Aquatic® on runoff and soil loss from a semi-arid climate zone agricultural soil cultivated with corn (*Zea mays* L.) and soybean (*Glycine max* L.) under rainfall simulation. For this purpose, different doses of superabsorbent polymer were applied to a clay soil placed in erosion pans. The pans were kept under controlled conditions during the plant breeding period and a week after this period. One week after the plants were removed from the pans, artificial rainfall with 360 mm h⁻¹ intensity was poured on the pans for a duration 4 minutes. As variables, runoff starting time, runoff quantity, and the soil loss generated by this flow were measured. According to the results obtained, runoff starting time and runoff quantity was related to each other. The effect of the superabsorbent application dose on soil amount transported from pans was statistically significant ($P < 0.05$). For non-plant and corn-cultivated groups, 0.2% and 0.4% were the most effective doses in reducing soil and water losses, while the most effective application was a 1% dose in soybean grown group.

Keywords: Erosion, maize, soybean, rainfall simulation, soil, superabsorbent polymer.

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Küresel ısınmanın beraberinde getirdiği iklim değişikliği bütün ekosistemleri olduğu gibi tarımsal ekosistemi de olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkilerin başta sayılabileceklerinden biri kuraklıktır. Bitki yetiştirme periyodu boyunca etkili kök derinliğinde yeterli su bulunmaması ürünün niceliğini ve niteliğini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle kil miktarının düşük ve organik maddenin az olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerin çoğu toprakları düşük su tutma kapasitesi ile karakterize edilirler (Yu

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 354 242 10 28

E-posta : tugrul.yakupoglu@bozok.edu.tr

Geliş Tarihi : 01 Ekim 2018

Kabul Tarihi : 25 Ekim 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668644

ve ark., 2012). Yüzey toprağının su tutma kapasitesi düşük olduğunda toprağa gelen su (yağış, sulama) kök bölgesinin altına aşırı drene olmaktadır (Fan ve ark., 2005).

Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yapılan tarım için toprağın su tutma kapasitesini artırmaya yönelik birçok uygulama geliştirilmiştir. Bu uygulamalardan bir tanesi de superabsorbent polimer olarak bilinen su tutucuların kullanımınıdır. Yüksek su tutma kapasiteleri nedeniyle "su tutucu" olarak isimlendirilen hidrojel, tarımsal üretimi için temel sorunlardan birinin su kıtlığı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerin topraklarında bitkinin büyüme ve gelişimini desteklerler (Johnson ve Piper, 1997; Lobo ve ark., 2006). Genel olarak çapraz bağlı bir polimer zincirinden oluşan bu superabsorbent polimerler, geleneksel absorbent materyallerin tuttuğundan çok daha fazla suyu bünyelerinde tutabilirler (Esposito ve ark., 1996; Raju ve ark., 2003). Bu su tutucular kendi ağırlıklarının beş yüz katına kadar su tutabilmekte olup (Kazanskii ve Dubrovskii, 1992) toprağa uygulandığında toprakların su tutma kapasitesini iki katına kadar artırabilirler (Bhardwaj ve ark., 2007; Karimi ve ark., 2009).

Yürütülen birçok çalışmada; su tutucu polimerlerin kullanımı ile bitkinin su stresinin azalabildiği, toprağın su tutma kapasitesinin arttığı, ardışık sulamalar arasındaki zamanın uzayabildiği, bitki gelişim oranı ve performansı ile kök ağırlığının arttığı gibi birçok yararlar sağlandığı belirtilmiştir (Pill ve Jacono, 1984; Baker, 1990; Hutterman ve ark., 1999; Viero ve ark., 2002; Han ve ark., 2005; Ekebafe, 2011; Yu ve ark., 2012).

Nnadi ve Brave (2011) su tutucu polimer kullanarak yürüttükleri bir çalışmada, yetiştirildiği toprağa su tutucu ilave edilmeyen bitkilerin su stresi periyodu boyunca dehidrasyon belirtileri gösterdiğini, su tutucu uygulanan toprakta yetiştirilen bitkilerin ise daha sağlıklı olduklarını gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar ayrıca biyopolimer olarak isimlendirilen biyolojik kökenli polimerlerin petrol türevi olan polimerlerin yerini alabileceğini ve bunun çevre açısından daha güvenli olduğunu açıklamışlardır.

Su tutucunun konu edildiği başka bir çalışmada (Bhardwaj ve ark., 2007) kumlu bir toprağın hidrolik iletkenliği ve su tutması üzerine hem sudaki elektrolit konsantrasyonu hem de superabsorbent polimerin özellikleri etki etmiştir. Bahsi geçen çalışmada araştırmacılar, su tutucu karıştırılmış kumlu toprağa musluk suyu verildiğinde toprak-hydrogel karışımında serbest boşluk hacmi azaldığı için başlangıçta hidrolik iletkenliğin düştüğünü, sonrasında ise şişen superabsorbent granüllerinden suyun drene olması sonucu su hareketi için yarıyışlı por büyüklüğündeki artışla hidrolik iletkenliğin artarak sabit bir değere ulaştığını belirlemişlerdir.

Tarımdaki fazlaca olumlu katkısının yanı sıra su tutucu materyallerin henüz açıklanamamış birçok yönü bulunmaktadır. Kullanımının yüksek maliyetli olması, toprak fiziksel özellikleri, su yarıyışlılığı ve verim üzerine olumlu etkilerinin her yönüyle açıklığa kavuşturulamamış olması ve topraktaki etki sürelerinin değişken olması, bu materyallerin en büyük açmazlarıdır. Öte yandan superabsorbent polimerlerin su sağlamada bitkiye faydalı olmadığı yönünde hatta bitki yaşamına ve ürüne zarar verdiği yönünde bazı sonuçların elde edildiği bildirilmektedir (Ingram ve Yeager, 1987; Busscher ve ark., 2009; Han ve ark., 2010; Yu ve ark., 2012).

Yukarıda sıralanan olumsuzlukların, henüz superabsorbent materyalin farklı şartlarda ve değişik dozlarda denenmemiş olmasından kaynaklandığını düşünülmektedir. Çalışmalarda farklı bitki, polimer dozu, polimer çeşidi, iklim koşulları, sulama rejimi kombinasyonlarının henüz yeterince denenmemiş olmasının, bu polimerlerin kullanımı konusunda çiftçilerin cesaretini kırdığı, bu nedenle de maliyetlerin düşmediği kanaati oluşmuştur. Denemelerin sınırlı olması birtakım çalışma sonuçlarının tutarlı bir şekilde açıklanmasının önüne geçmektedir. Öte yandan, erozyon çalışmalarında kullanılan PAM, PVA gibi polimerler bir yana, kendi ağırlıklarının on katına kadar su tutup anında şişen su tutucu polimerlerin (superabsorbent polimerlerin) eğimli arazilerde toprak ve su kayıpları üzerine etkileri ile ilgili çalışma yok denecek kadar azdır. Sıralanan düşünceler ve gerçeklerden hareketle, bu çalışmanın amacı, mısır (*Zea mays* L.) ve soya (*Glycine max* L.) yetiştiriciliği yapılan bir yarı-kurak iklim bölgesi tarım toprağından meydana gelen yüzeysel akışlar ve taşınan sediment miktarı üzerine, Natural Aquatic® isimli samanlı su tutucunun farklı dozlarının etkilerinin laboratuvar koşullarında, yapay yağış altında belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Denemede kullanılan topraklar

Bu çalışmada kullanılan topraklar, Yozgat Bozok Üniversitesi Tarımsal Araştırma ve Uygulama Merkezi (TUAM) denetiminde bulunan Yozgat ili Merkez ilçesi Topçu mevkiinde yer alan deneme arazilerinden alınmıştır. Söz konusu arazinin koordinatları 39°45'08"N ve 34°48'13"E olup deniz seviyesinden yüksekliği 1265 m'dir. Toprakların alındığı yörenin uzun yıllar (1929-2017) iklim verilerine göre yıllık ortalama

sıcaklığı 9°C iken yıllık yağış ortalaması 560.9 mm olup (MGM, 2018) bölge yarı-kurak iklim bölgesidir. Arazide işlemeli tarım yapılmaktadır. Toprak almada bozulmuş toprak örneği alma esasları izlenmiş ve topraklar 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Denemede kullanılan toprakların bazı özellikleri Çizelge 1’de sunulmuştur. Deneme toprağı kil bünyeli, reaksiyon bakımından nötr, hafif tuzlu, orta kireçli, organik madde seviyesi orta, Na zararı bulunmayan bir topraktır (Yakupoğlu, 2018).

Çizelge 1. Natural Aquatic® su tutucunun bazı özellikleri (Anonim 2018a,b)

Özellik	Ölçüm değeri	Özellik	Ölçüm değeri
pH	6.7	Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	9.55
Organik madde (%)	59.1	Pb ($\mu\text{g g}^{-1}$)	2.49
Nem (%)	6.7	Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	26.8
Suda Çözünebilir K ₂ O (%)	5.7	Hg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.028
Su tutma kapasitesi	222 kat	Cr ($\mu\text{g g}^{-1}$)	<0.01
Cd ($\mu\text{g g}^{-1}$)	0.71	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)	2.07

Denemeye konu olan su tutucu polimer

Çalışmada kullanılan polimer çapraz bağlı, akrilik asit potasyum akrilat kopolimeridir. Bu polimerin bileşimine belirli oranda saman ilave edilmiş ve Natural Aquatic® isimli su tutucu elde edilmiştir. Bu superabsorbent bileşimindeki saman sayesinde daha doğal bir yapıya sahiptir. Samanın bileşimi ortalama değerlere göre % 65-75 selüloz, % 15-20 hemiselüloz ve pentozanlar, %5-10 lignin, % 1-3 mum ve protein, % 2-10 silis gibi mineraller ve az miktarda nişastadan oluşmaktadır. Samanla geliştirilen bu su tutucunun içerisinde farklı oranlarda C, H, O ve K ile saman ve samandan gelebilecek elementler bulunmaktadır. Natural Aquatic® polimerin samanla modifiye edilmesinin amacı su tutma kapasitesi çok daha yükseltebilmek ve kısmen organik materyallerden oluşan bir su tutucu geliştirmek istenmesidir. Natural Aquatic® su ve besin tutabilen kullanımı kolay bir toprak katkı maddesidir. Bu ürün, yağmur ve sulama sularını bünyesine alarak hacminin 200-300 katı suyu bitki kök bölgesinde muhafaza eder. Natural Aquatic® ayrıca bitki kök bölgesinde sürekli hazır bir su deposu görevi üstlenerek bitkinin ihtiyacı olan suyu bitkinin tüketimine sunar. Ürünün bazı özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir (Anonim 2018a,b).

Çizelge 2. Deneme toprağının bazı özellikleri (Yakupoğlu, 2018)

Değişken	Kil (g kg ⁻¹)	*Silt (g kg ⁻¹)	Kum (g kg ⁻¹)	Tekstür sınıfı	**pH	**Tuz (%)	CaCO ₃ (%)	OM (%)	ESP (%)
Ölçüm değeri	476	138	386	C	7.09	0.178	7.15	2.49	< 15
Değişken	Total N (%)	P ($\mu\text{g g}^{-1}$)	***K ($\mu\text{g g}^{-1}$)	***Ca ($\mu\text{g g}^{-1}$)	***Mg ($\mu\text{g g}^{-1}$)	****Fe ($\mu\text{g g}^{-1}$)	****Cu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	****Zn ($\mu\text{g g}^{-1}$)	****Mn ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Ölçüm değeri	0.15	78	728	7060	5604	8.08	2.84	0.62	4.07

*Partikül büyüklük dağılımında USDA ölçütleri esas alınmıştır, **pH ve tuzluluğu hesaplama için EC_{25°C} saturasyon çamurunda ölçülmüştür, ***Amonyum asetat ile ekstrakte edilebilir formudur, ****DTPA ile ekstrakte edilebilir formudur

Yetiştirilen bitkiler

Denemede tek yıllık yem bitkilerinden baklagil olan soyanın (*Glycine max* L.) Yemsoy çeşidi ve buğdaygil olan mısırın (*Zea mays* L.) Cadız çeşidi kullanılmıştır. Söz konusu bitkilere ait tohumlardan soya, Doğu Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, mısır ise Torunoğlu Tohumculuk firmasından alınmıştır.

Denemenin kurulması ve yürütülmesi

Araziden alınan toprak örnekleri hava kuru duruma geldikten sonra ahşap tokmakla dövülüp 4 mm’lik elekten geçirilmiştir. Denemenin yürütülmesindeki bazı aşamaları gösteren resimler Şekil 1 olarak sunulmuştur. Elenmiş topraklar boyutları 250 x 250 x 150 mm (boy-en-derinlik) olan ve tabanındaki drenaj deliklerinin üzeri kaba filtre kağıdı ile örtülen metal toprak tavalarına yerleştirilmişler ve tavalara konulan toprakların ağırlıkları belirlenmiştir. Samanlı su tutucu Natural Aquatic® tavalara kuru ağırlık esasına göre kontrol dahil 6 farklı dozda (% 0, 0.1, 0.2, 0.4, 0.8 ve 1 w/w) uygulanmış ve kuru iken homojen olarak karışması sağlanmıştır. Denetler ve karışımlar tekrar tavalara yerleştirilmiştir. Bu işlem yapılırken toprağın ıslanırken yüksek kil içeriğinden gerekse uygulanacak su tutucu polimerin su aldığı şişerek hacmi artacağından toprak üst seviyesi tavanın yüzey akış toplama önlüğü yüksekliğinin biraz altında bırakılmış ve yüzeyi düzeltilmiştir (Şekil 1a). Daha sonra yukarıda özellikleri verilen 5 adet soya ve 10 adet mısır tohumu ekimi yapılan tavalara çeşme suyu ile tarla kapasitesine getirilmiştir. Bazı karşılaştırmaların yapılabilmesi için su tutucu polimer dozları uygulanan fakat tohum ekimi yapılmayan bir seri daha hazırlanmıştır. Deneme süresince tavalara 350 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ PPFD ışık, 24/20°C gündüz/gece sıcaklık, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık ve % 60/70 gündüz/gece nem (Sinsewat ve ark., 2004) şartlarında tutulmuştur

(Şekil 1b). Kontrol saksılarında nem tarla kapasitesinin yaklaşık yarısına düştüğünde tavalar tekrar çeşme suyu ile tarla kapasitesine getirilmiştir. Bitki çıkışından sonra tavalarda seyreltme işlemi yapılmış ve her bir tavada soyadan 3, mısırdan ise 5 bitki bırakılmıştır (Şekil 1c). Çalışma bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak kurulmuş, ana parsellerde bitkilere, alt parsellerde samanlı su tutucu Natural Aquatic® polimerin dozlarına yer verilmiştir. Bitkiler beş haftalık iken deneme sonlandırılmıştır. Toprak yüzeyinden kesilerek bitkiler uzaklaştırıldıktan sonra tavalar bir hafta süre ile tekrar aynı kontrollü koşullarda tutulmuş ve bu periyottan sonra sediment ve yüzeysel akış ölçümlerine geçilmiştir.

Su ve toprak kaybı ölçümleri

Toprak tavalarına % 9 eğim verilerek 4 dakika süre ile yoğunluğu 360 mm h^{-1} olan yapay yağış uygulaması yapılmıştır (Şekil 1d). Deneme toprağı yüksek kil içeriğine sahip olduğundan ve superabsorbent polimerler çok fazla miktarda su tutabildiğinden, Natural Aquatic® polimerin yapay yağış altında toprak ve su kayıplarına nasıl etki edeceğini açıklamada daha tutarlı sonuçlar vereceği öngörüldüğünden yüksek intensiteli yağışla çalışılmıştır. Yağmurlama işleminde Eijkelkamp firması tarafından seri üretimi yapılan mini yağış simülatörü (Ürün Kodu: M1.09.06.E, type LUW, Eijkelkamp Agrisearch Equipment, 6987 ZG Giesbeck, Netherlands) kullanılmıştır. Aynı simülatör birçok araştırmacı tarafından benzer amaçlarla yüksek yağış intensitesi ve değişik yağmurlama süreleri ile kullanılmıştır (Parlak, 2012, Martin ve ark., 2010, Nciizah ve Wakindiki 2014, Yakupoğlu, 2017).



Şekil 1. Denemenin kurulması, yürütülmesi ve ölçümlere ait fotoğraflar (a: Su tutucu polimer uygulanmış toprak tavalarının bir bölümüne ait görünüm, b: Kontrollü koşullardaki toprak tavaları, c: Gelişen soya ve mısır bitkileri, d: Yapay yağış altında yüzeysel akış ve toprak kaybı ölçümü)

Bu drop-former tipindeki yapay yağmurlayıcı, 49 adet damla oluşturucu taşıyan bir yağmurlama haznesi ile bu haznedeki basıncı düzenleyen 2.3 L hacimli su yükü ünitesinden oluşmaktadır. Damlatıcıların uzunluğu $10 \pm 1 \text{ mm}$, iç çapları ise $0.6 \pm 0.08 \text{ mm}$ 'dir. Etkili yağmur alanı 0.0625 m^2 , damla uçuş uzunluğu 40 cm 'dir. Ürün katalogunda kalibrasyon için verilen 360 mm h^{-1} intensiteli yağış yağdırıldığında, bir damlanın kütlesi 0.106 g ve çapı 5.9 mm olmakta, yağın birim kinetik enerjisi ise $4 \text{ J m}^{-2} \text{ mm}^{-1}$ olmaktadır (Eijkelkamp, 2015).

Simülâtörün yağdırdığı yağışın yoğunluğu, kullanılan yağmurlama suyunun viskozitesinden ve zamanla kapillar yağmurlama başlıklarının çeşitli nedenlerle tıkanmasından etkilenmektedir (Yakupoğlu, 2017). Bu nedenle her çalışma gününün başlangıcında aletin kalibrasyonu yapılmıştır. Kalibrasyonda mükemmel akış koşulları olan 375 ml dk⁻¹lık akış yoğunluğu sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla üretici firma tarafından önerilen su yükü haznesindeki hava alma borusunun yüksekliği Eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmış (Eijkelkamp, 2015) ve simülâtörde hava borusu yüksekliği ayarlanmıştır.

$$h=100-0.65 \times t$$

[Eş. 1]

Burada:

100 : Kalibrasyona başlangıcında 375 ml dk⁻¹lık yağışı yağdırmak için en uygun h değeri, mm

0.65 : Sıcaklık için ortalama düzeltme faktörü (1°C'lik sıcaklık değişimi yaklaşık 4 ml dk⁻¹lık bir akış değişimine neden olmaktadır)

T : yağmurlama suyunun sıcaklığı, °C

Yağmurlamada saf su kullanılmıştır. Yağışın başlaması ile birlikte zaman tutulmaya başlanmış ve yüzey akışın başladığı süre kaydedilmiştir. Yağmurlama süresinin sonunda tavanın önlüğüne yerleştirilen toplama kabı, sedimentin çökmesi amacıyla bir gece süre ile dinlenmeye bırakılmıştır. Dinlenme süresinden sonra yüzey akış suyu sifonlanarak hacmi ölçülmüş, geri kalan sediment ise 105°C'sıcaklıkta sabit ağırlığa ulaşıncaya kadar etüvde kurutulmuş kütlesi ölçülmüştür. Uygulamaların ölçülen değişkenler üzerine etkinliklerinin değerlendirilmesinde ANOVA, etkin konuların birbiri ile karşılaştırılmasında ise Duncan testi kullanılmıştır. Bu istatistiksel değerlendirmelerin yapılmasında SPSS Version 20 paket programı kullanılmıştır (Efe ve ark., 2000).

Bulgular ve Tartışma

Denemeyi teşkil eden erozyon tavalarından 360 mm h⁻¹ intensiteli ve 4 dakika süreli yapay yağış altında oluşan yüzeysel akış (YA) ve oluşan bu yüzeysel akışla taşınan toprak miktarı (YATT) bağımlı değişkenlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'de verilmiştir. Söz konusu çizelgeye göre YA 0.37-7.17 mm arasında, YATT ise 20-405 g m⁻² arasında değişmiştir.

Çizelge 3. Tanımlayıcı istatistikler

Değişkenler	N	En düşük	En yüksek	Ortalama	Standart hata
YA	18	0.37	7.17	2.8861	2.12359
YATT	18	20	405	143.92	107.330

YA: Yüzey akış miktarı (mm), YATT: Yüzeysel akışla taşınan toprak miktarı (g m⁻²)

Yapay yağış altında, her bir tavada yüzey akışın başlama zamanı bitkiler ve samanlı su tutucu dozlarına göre Şekil 2'de sunulmuştur. Adı geçen şekle göre, bitki yetiştirilmeyen tavalara uygulanan su tutucunun düşük dozları yüzeysel akışın başlamasını kontrole göre geciktirmiş, ancak yüksek su tutucu dozları yüzeysel akışın kontrolden daha erken başlamasına neden olmuştur. Mısır bitkisi yetiştirilen tavalarda, samanlı su tutucunun %1 dozunun uygulandığı tava hariç yüzeysel akış kontrole göre daha geç başlamıştır. Soya yetiştirilen tavalarda ise uygulanan su tutucu polimer dozu arttıkça yüzey akışın başlaması daha da gecikmiştir. Şekil 2'ye göre yüzeysel akış en erken mısır bitkisi yetiştirilen %1 su tutucu uygulanmış tavada yağışın başlamasından 42 sn. sonra başlamıştır. Bitki yetiştiriciliği yapılmayan, su tutucunun %0.8 ve %1 dozlarının uygulandığı erozyon tavalarda da yüzeysel akış erken başlamıştır (sırasıyla 43. ve 44. saniyeler). Yüzeysel akışın en geç başladığı erozyon tavaları soya yetiştirilmiş olan ve yüksek doz su tutucu uygulanan tavalarda olup yağış başladıktan 200 sn. sonra %1 su tutucu uygulanan tavada yüzey akış başlamıştır.

Yapay yağış altında oluşan yüzey akış (YA) ve bu yüzeysel akışla taşınan toprak miktarı (YATT) veri kümesine uygulanan ANOVA sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Çizelge 4'e göre ölçülen değişkenler üzerine bitkilerin bir etkisi olmamış ancak samanlı su tutucu uygulama dozunun YATT'ye etkisi $P < 0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Tavalardan taşınan toprak miktarına etkileri bakımından dozların karşılaştırıldığı Duncan testi sonuçları Çizelge 5'de sunulmuştur. Bahsi geçen çizelgeye göre, en fazla YATT su tutucu uygulanmayan tavalardan oluşmuş (304.67a) bunu aralarında istatistiksel olarak fark bulunmayan en düşük ve en yüksek su tutucu dozları (%1 ve %0.1) uygulanan tavalarda izlemiştir. En az YATT ise istatistiksel bakımdan birbirinin aynı olan ara dozların (%0.8, %0.4 ve %0.2) uygulandığı tavalardan oluşmuştur.

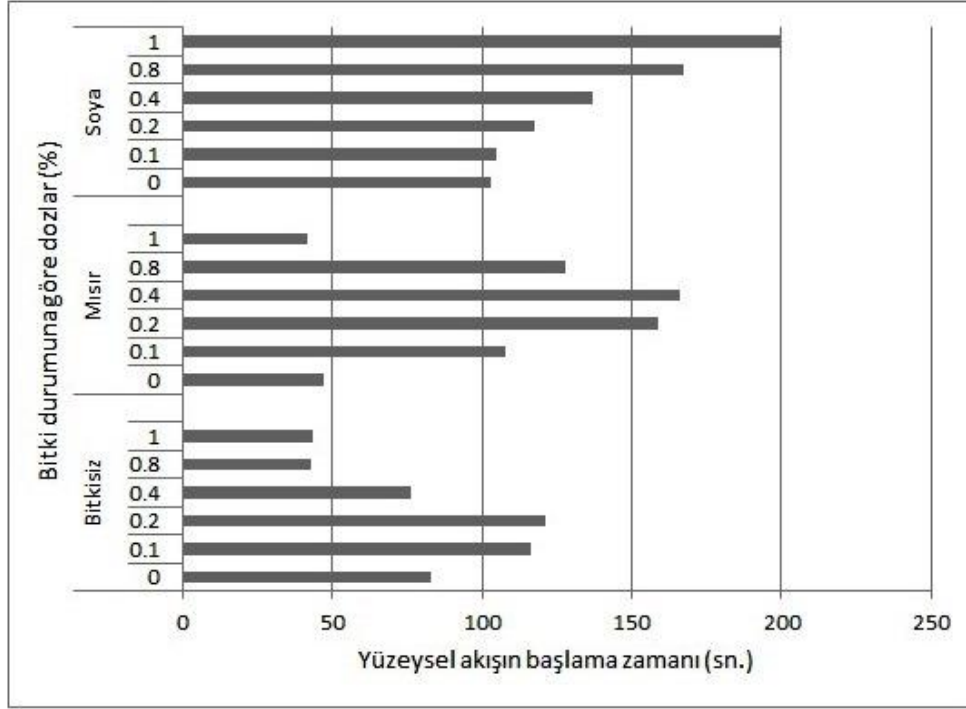
Çizelge 4. Ölçülen değişkenlere ait ANOVA sonuçları

Varyasyon kaynağı	Bağımlı değişken	KT	SD	KO	F	Önemlilik
Bitki	YA	16.234	2	8.117	2.420	0.139
	YATT	5539.137	2	2769.568	0.394	0.690
Doz	YA	26.887	5	5.377	1.603	0.245
	YATT	119946.892	5	23989.378	3.410	0.047

YA için $R^2 = 0.562$, YATT için $R^2 = 0.621$

KT: Kareler toplamı, SD: Serbestlik derecesi, KO: Kareler ortalaması, F: Hesaplanan F değeri

YA: Yüzeysel akış, YATT: Yüzeysel akışla taşınan toprak miktarı



Şekil 2. Bitki durumu ve uygulamalara göre erozyon tavalarında yüzeysel akışın başlama zamanı

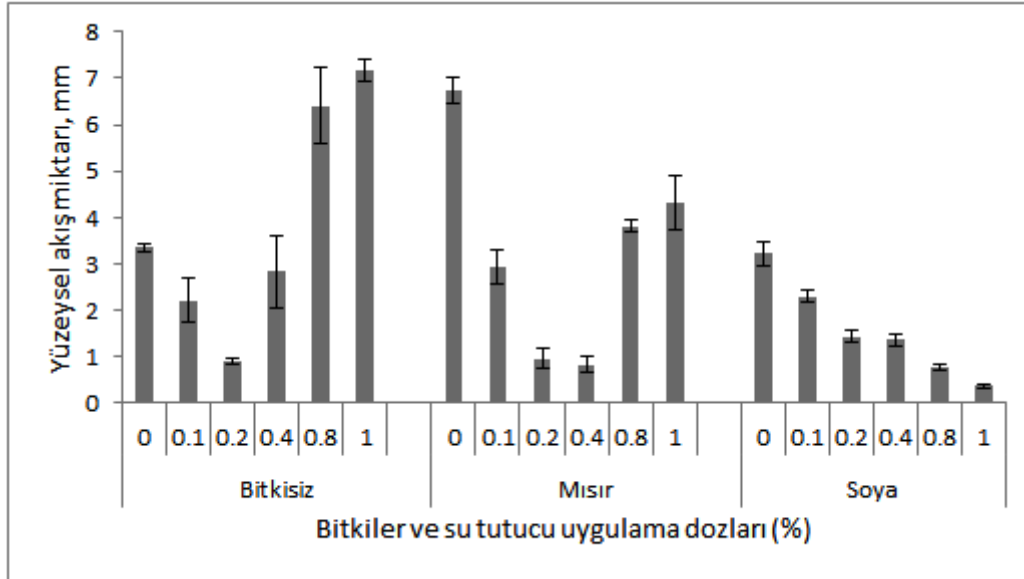
Çizelge 5. Tavalardan taşınan toprak miktarına etkileri bakımından dozların Duncan ile çoklu karşılaştırması

Doz (%)	YATT ($g\ m^{-2}$)
0.2	67.68b
0.4	76.41b
0.8	89.86b
0.1	153.39ab
1	171.50ab
0	304.67a

$\alpha = 0.05$, Hata terimi= 7034.892

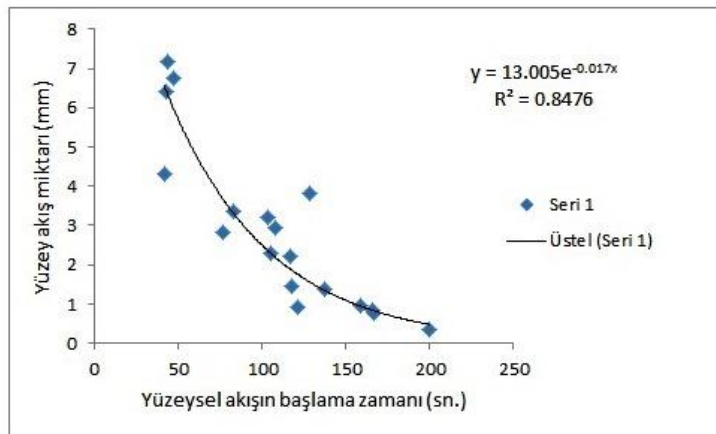
YATT: Yüzeysel akışla taşınan toprak miktarı

Her ne kadar varyasyon kaynaklarının yalnızca birinin ölçülen değişkenlerden sadece YATT üzerine etkisi istatistiksel bakımdan anlamlı çıksa da erozyon tavalarından yapay yağış altında meydana gelen toprak ve su kayıplarını bitkiler ve samanlı su tutucu dozları üzerinden ayrı ayrı incelemekte büyük fayda vardır. Bitkiler ve uygulamalara göre erozyon tavalarından meydana gelen ortalama YA miktarları sütun grafikler halinde Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3'den de görüleceği üzere bitkısiz grubunda en fazla YA, samanlı su tutucunun en yüksek dozu olan %1 uygulama tavaasında (7.17 mm), en düşük YA ise %0.2 uygulama tavaasında meydana gelmiştir. Bitki yetiştirilmemiş erozyon tavalarında YA miktarını kontrole göre azaltma bakımından samanlı su tutucunun düşük dozları etkili olmuş, en düşük miktarda YA %0.2 su tutucu uygulanmış tavadan (0.90 mm) meydana gelmiştir. Şekil 3'e göre mısır yetiştirilmiş olan tavalarda YA'yı kontrole göre azaltmada bütün dozlar etkili iken en etkili dozlar %0.2 ve %0.4 olmuştur (oluşan YA kalınlığı sırasıyla 0.95 ve 0.84 mm). En yüksek ve en düşük dozların etkinlikleri diğer dozlardan daha düşük seviyede kalmıştır. Soya yetiştirilmiş olan erozyon tavaları üzerinden Şekil 3 incelendiğinde samanlı su tutucunun artan dozlarına karşılık YA'nın düzenli bir azalış gösterdiği görülmektedir. Bu tavalarda içerisinde en yüksek YA 3.22 mm ile kontrol tavaasından meydana gelirken, en düşük YA 0.37 mm ile %1 doz uygulanmış tavadan saptanmıştır.



Şekil 3. Bitkiler ve uygulamalara göre erozyon tavalardan meydana gelen yüzeysel akışlar

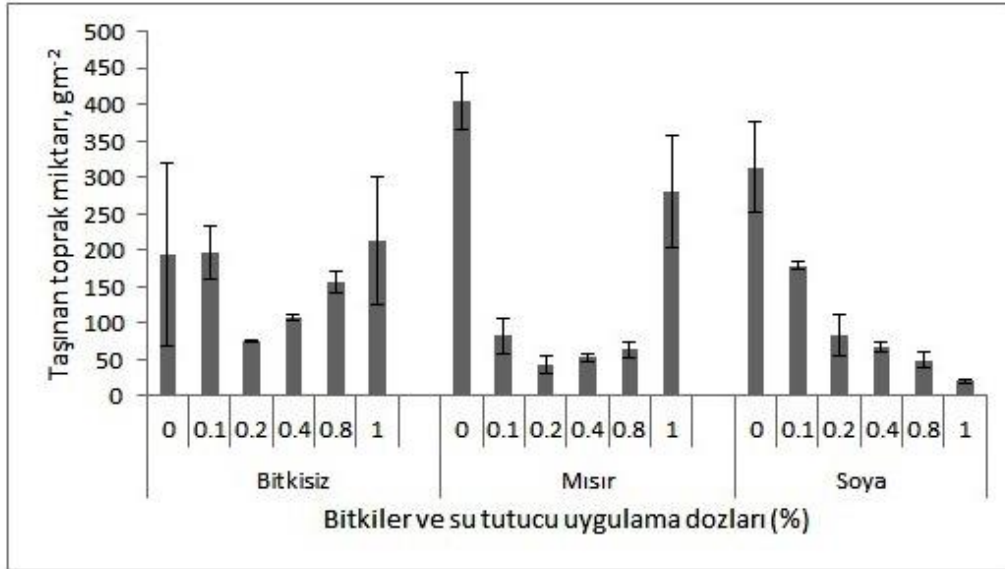
Elde edilen bu sonuçlar, yüzey akışın yağışın başlamasından ne kadar sonra başladığı ile ilişkilidir çünkü yağış süresi her bir uygulama için eşit olduğundan yüzeysel akışın başlaması için geçen süre akışın kalınlığını etkilemektedir. Yüzey akışın başlama zamanı ile YA arasındaki ilişki grafiği Şekil 4’de verilmiştir. Söz konusu şekle göre akışın başlaması için geçen süre ile YA miktarı arasında üstel bir ilişki ($R^2= 0.85$) vardır. Yani yüzey akışın başlaması için geçen süre uzadıkça YA dramatik olarak azalmaktadır. Akışın kalınlığının, akışın başlama süresi uzadıkça azaldığı, yapay yağış koşullarında yürütülen birçok çalışmada (Yakupoğlu ve Öztaş, 2016; Yakupoglu, 2017) tespit edilmiştir. Öte yandan YA miktarlarının birbirinden farklı olması, samanlı su tutucunun farklı dozlarda uygulanmış olmasına, bitki gruplarında YA seyrinin farklı olması da yetiştirilen bitkilerin kök sistemlerinin farklı olmasına atfedilebilir. Yağmurlama öncesi toprak nem içerikleri benzer olduğundan, ağırlık esasına göre farklı dozlarda uygulanan samanlı su tutucu erozyon tavalarda değişik miktarlarda yağış suyunu bünyelerinde tutmuşlardır. Sadece polimer uygulanan ve polimer uygulamasıyla birlikte mısır yetiştirilen erozyon tavalarda samanlı su tutucunun özellikle %0.2 ve %0.4 dozlarının yüzeysel akışı azaltmadaki başarısı; en düşük dozun yeterince su absorbe edememesine ve en yüksek dozun da aşırı su absorblayarak gereğinden fazla şişme sonucu toprak gözeneklerini tıkaması nedeniyle infiltrasyon oranını düşürmesine atfedilebilir. Bu anlamda, çok yüksek olmamakla birlikte, mısır, polimerin düşük ve yüksek dozlardaki olumsuz etkisini azaltmıştır. Soya yetiştirilen tavalarda ise artan samanlı su tutucu dozlarının seyrine uyumlu olarak YA azalmıştır. YA üzerinde bitkilerin etkisinin farklı olması, bitkilerin kök sistemlerindeki farklılığa atfedilebilir. Nitekim mısır saçak ve yüzlek soya ise kazık ve derin bir kök gelişimine sahiptir. Mısır kökleri üst toprakta yoğunlaşırken, soyanın kökleri profil boyunca daha dengeli dağılmış, üstelik derinlere inen kazık kökler toprağın infiltrasyon yeteneğini olumlu etkilemiştir. Nitekim baklagiller sahip oldukları kazık kökleri vasıtasıyla toprağın su alma hızını ve miktarını arttırmaktadır (Eser ve ark., 1998).



Şekil 4. Tavalardan meydana gelen yüzey akış ve yüzey akışın başlama zamanları arasındaki ilişki grafiği

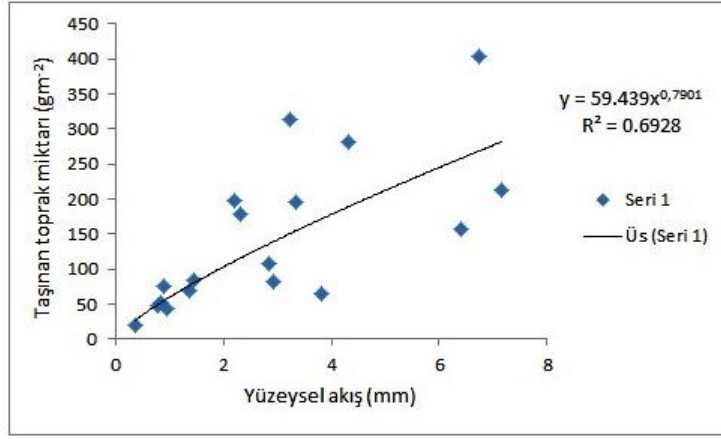
Her toprağın karakteristiğine göre farklı olmakla birlikte, bu tip polimerlerin genellikle %0.1-%0.5'lik dozları tavsiye edilmekte (Nciizah ve Wakindiki, 2014), bünyelerinde aşırı miktarda su tuttuğuna dikkat çekilmektedir (Barbucci ve ark., 2000). Bu çalışmada, çok düşük ve çok yüksek dozlarda su tutucu uygulandığında, daha fazla yüzeysel akış meydana gelmiş olmasının, %9 eğim verilmiş tavalarda, azalan infiltrasyon ya da yetersiz su tutulması neticesinde gerçekleştiği düşünülmektedir.

Bitkiler ve uygulamalara göre erozyon tavalardan meydana gelen ortalama YATT değerleri Şekil 5'de sütun grafikler halinde sunulmuştur. Bahsi geçen şekle göre, uygulanan samanlı su tutucunun YATT'ye etkisi YA üzerine olan etkisi ile benzerlik göstermiştir. Bitki yetiştirilmemiş ve mısır yetiştirilmiş tava grupları incelendiğinde, en düşük YATT'lerin orta doz samanlı su tutucu uygulamaları (%0.2 ve %0.4) yapılan tavalardan gerçekleştiği görülmektedir. Soya yetiştirilmiş grup incelendiğinde ise bütün polimer uygulama dozlarının kontrole göre YATT'yi azaltmada başarılı olduğu, samanlı su tutucu dozu azaldıkça YATT'nin arttığı belirlenmiştir. Bitkisiz grubunda en yüksek YATT'ler samanlı su tutucu uygulanmayan tava ile en düşük ve en yüksek doz olan %0.1 ve %1 dozlarının uygulandığı tavalardan sırasıyla 194, 198 ve 214 g m⁻² şeklinde gerçekleşmiştir. Mısır grubunda en yüksek YATT kontrol tavasından (405 g m⁻²) ve en yüksek doz olan %1'in uygulandığı tavadan (281g m⁻²) gerçekleşmiştir. Gerek bitki yetiştirilmemiş gerekse mısır yetiştirilmiş olan tavalarda YATT'yi azaltmada en etkili samanlı su tutucu dozu %0.2 olmuştur (bitkisizde 75 g m⁻² ve mısırdaki 43 g m⁻²). Soya yetiştirilen tavalarda ise durum biraz farklıdır. Bu grupta en yüksek YATT kontrol tavasından oluşmuş (314 g m⁻²), samanlı su tutucu dozu arttıkça yapay yağış altında yüzeysel akışla oluşan toprak kaybı azalmış ve en düşük YATT %1 doz uygulamasının yapıldığı erozyon tavasından (20 g m⁻²) meydana gelmiştir.



Şekil 5. Bitkiler ve uygulamalara göre erozyon tavalardan meydana toprak kayıpları

Eğimli koşullarda oluşacak toprak kayıpları elbette ki yağış özellikleri ve toprak özelliklerine sıkı sıkıya bağlıdır (Kay ve Angers, 2000; Kinnell, 2005). Ancak bu çalışmada tek tip toprak kullanıldığından ve tek tip yapay yağış yağdırıldığından, dozların taşınan toprak miktarı üzerine etkilerini oluşan yüzeysel akış miktarları üzerinden tartışmak daha yerinde olacaktır. Erozyon tavalardan meydana gelen YATT'nin oluşan YA ile benzerlik göstermesi, genellikle YA miktarı ile YATT arasındaki ilişkiye atfedilebilir. Eğimli koşullarda yağış altında oluşan yüzeysel akışlar ve bu yüzeysel akışlarla taşınan toprak miktarı arasında çeşitli ilişkilerin tespit edildiğine dair birçok yayınlanmış eser bulunmaktadır (Poessen ve Ingelmo-Sanchez, 1992; Zheng ve Gao, 2001; Kılıç ve Yönter, 2005; Yakupoğlu, 2017). Bu çalışmada da YA ve YATT arasında bir üs ilişki tespit edilmiş ($R^2 = 0.69$), ilişkiye ait dağılım grafiği Şekil 6'da sunulmuştur. Adı geçen şekle göre YA kalınlığı arttıkça erozyon tavalardan oluşan YATT miktarı da artmış, bir noktadan sonra YA miktarındaki artışa karşılık YATT'nin artışı azalarak devam etmiştir. Başlangıçtaki düzenli artış, soyanın, samanlı su tutucunun yüksek dozunun neden olduğu yukarıda anlatılan olumsuz etkilerini baskılamış olmasından kaynaklanabilir. Yüzeysel akış miktarının artışı ile birlikte bir noktadan sonra eğrinin giderek eğilmesi ise bitkisiz ve mısır tava gruplarında, en düşük ve en yüksek uygulama dozlarının en kalın yüzeysel akışlara neden olmuş olmasına atfedilebilir.



Şekil 6. Tavalardan meydana gelen yüzeysel akış ve bu akışla taşınan toprak miktarı arasındaki ilişki grafiği

Toprağa agregat stabilizeri olarak uygulanan polimerlerin dozları yetersiz geldiğinde birçok toprak dinamiği ve dış faktörlere bağlı olarak bazen yüzeysel akışları artabilmektedir (Yolcu, 2001; Yakupoglu ve ark., 2012). Bu çalışmada kullanılan superabsorbent polimer her ne kadar agregat stabilize edici olmayıp bir su tutucu olsa da %0.1 uygulama dozu yetersiz geldiği için bitkisiz grubunda yeterli suyu tutulamadığından kontrole göre bir miktar fazlaca yüzey akış oluşmuş olabilir. Samanlı su tutucu dozlarının erozyon tavalardan taşınan toprak miktarına etki etmesi, oluşan yüzeysel akışın miktarına bağlı olduğu gibi topraktaki gözenek büyüklük dağılımları ile de ilintilidir (Yu ve ark., 2011). Denemede kullanılan toprak kil bünyelidir (Çizelge 1). Genel olarak su tutma kapasitesi yüksek olan bu topraklarda samanlı su tutucunun yüksek dozları gözeneklerin çok çabuk tıkanmasına ve böylelikle hidrolik iletkenliğin düşmesine neden olmuş olabilir. Toprak özellikleri, su tutucunun topraktaki etkinliğini değiştirebilmektedir (Huttermann ve ark., 2009). Bitki köklerinin agregasyon üzerine çok çeşitli etkileri bilinmektedir (Degens, 1997; Angers and Caron, 1998). Bitki yetiştirilmiş olan erozyon tavalarda düşük dozun herhangi bir sorun çıkarmamış olması, mısır ve soya köklerinin agregasyona katkı sağlayarak tavalardaki toprakların gözenek sürekliliğini sağlamış olabileceğine atfedilebilir.

Sonuç

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, toprak ve su kayıplarına etkisi bakımından, yarı-kurak iklim bölgesi topraklarında Natural Aquatic® isimli samanlı su tutucu polimerin %0.2 ve %0.4 dozları, eğimin %9'u aşmadığı, mısır yetiştiriciliğinin yapılacağı kil bünyeli topraklar için uygundur. Eğimin < %9 olduğu soya yetiştirilecek alanlarda ise daha yüksek dozlar kullanılabilir. Günümüz koşullarında henüz ekonomik bir uygulama olmamakla birlikte, yarı-kurak iklim bölgelerinde nadas alanlarına bu su tutucuların uygulanması tercih edilirse, %9'a kadar eğimli alanlar için bu polimerin %0.8 ve üzeri uygulama dozu aşırı toprak ve su kayıplarına neden olacağından dolayı sakıncalıdır. Su tutucu polimerlerin topraktaki davranışları ve değişik koşullarda vereceği davranışlarla ilgili henüz büyük bilinmezlikler bulunmaktadır. Konunun daha çok aydınlığa kavuşabilmesi için Natural Aquatic® superabsorbentinin ara dozları denenmeli, değişik toprak tiplerine göre içeriğindeki saman oranı kalibre edilmeli, farklı özelliklerdeki yapay yağışlar altında ve değişik eğim gruplarında denemeler yapılmalıdır. Bir sonraki aşamada denemeler parsel boyutuna taşınarak doğal yağışlar altında, farklı eğimli arazilerde, değişik bitkilerin yetiştirileceği çalışmalar yürütülmelidir.

Teşekkür

Bu çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı (Başvuru numarası: 1919B011700972) altında desteklenen bir projenin materyali kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan samanlı su tutucu olan Natural Aquatic® polimeri, Doç. Dr. Orhan Hazer aracılığı ile Bozok Üniversitesi Teknoparkı Hazerfen Kimya Şirketi'nden temin edilmiştir. Adı geçen kurum, kuruluş ve kişilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Angers DA, Caron J, 1998. Plant-induced changes in soil structure: processes and feedbacks. *Biogeochemistry*, 45: 55-72.
- Anonim 2018a. Natural Aquatic® internet sayfası. Available from URL: <http://www.naturalaquatic.com.tr/tr>
- Anonim 2018b. Türk Akreditasyon Kurumu tarafından yapılan Natural Aquatic® analiz sonuçları Available from URL: <http://www.naturalaquatic.com.tr/tr/sayfa/9/analiz-raporu.aspx>

- Baker SW, 1990. The use of amendment materials to improve grass establishment on a polypropylene, needle punched reinforcement. *Journal Sports Turf Research Institute*, 66: 76-88.
- Barbucci R, Magnani A, Consumi, M, 2000. Swelling behavior of carboxymethylcellulose hydrogels in relation to cross-linking, pH and charge density. *Macromolecules*, 33: 7475-7480.
- Bhardwaj A, Shainberg I, Goldstein D, Warrington DN, Levy GJ, 2007. Water retention and hydraulic conductivity of cross-linked polyacrylamides in sandy soils. *Soil Science Society of America Journal* 71: 406-4012.
- Busscher WJ, Bjerneberg DL, Sojka RE, 2009. Field application of PAM as an amendment in deep-tilled US southeastern Coastal Plain soils. *Soil & Tillage Research* 104(2): 215-220.
- Degens BP, 1997. Macro-aggregation of soils by biological bonding and binding mechanisms and the factors affecting these: a review. *Australian Journal of Soil Research* 35: 431-459.
- Efe E, Bek Y, Şahin M, 2000. SPSS'de Çözümleri ile İstatistik Yöntemler II. Yayın No: 73, KSÜ Yayınları, Kahramanmaraş.
- Eijkelkamp, 2015. Manual. Available from URL: <http://Pkd.Eijkelkamp.Com/Portals/2/Eijkelkamp/Files/Manuals/M1-0906e%20rainfall%20simulator.Pdf>
- Ekebafte LO, Ogbeifun DE, Okieimen FE, 2011. Polymer Applications in Agriculture. *Biokemistri* 23(2): 81-89.
- Eser D, Adak M.S, Biesantsz A, 1998. Orta Anadolu koşullarında farklı toprak işleme, mercimek buğday ve nadas-buğday ekim nöbeti sistemlerinde mercimek ve buğdayda kök uzunluğu yoğunluğu ile toprakta infiltrasyon ölçümleri. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 22: 483-489.
- Esposito F, Del Nobile A, Mensitieri G, Nicholais L, 1996. Water sorption in cellulose-based hydrogels. *Journal of Applied Polymer Science* 60: 2403-2407.
- Fan T, Stewart BA, Payne WA, Yong W, Luo J, Gao Y, 2005. Long-term fertilizer and water availability effects on cereal yield and soil chemical properties in northwest China. *Soil Science Society of America Journal* 69: 842-855.
- Han YG, Yang PL, Xu L, 2005. Experimental studies on increase of yield and soil moisture of fruit tree by using superabsorbent polymers. *Scientia Agricola* 38: 2486-2491.
- Han YG., Yang PL, Luo YP, Ren SM, Zhang LX, Xu L, 2010. Porosity change model for watered superabsorbent polymer-treated soil. *Environmental Earth Sciences* 61: 1197-1205.
- Huttermann A, Orikiriza JB, Agaba H, 2009. Application of superabsorbent polymers for improving the ecological chemistry of degraded or polluted lands. *CLEAN – Soil, Air, Water* , 37: 517-526.
- Huttermann A, Zommodi, M, Reise K, 1999. Addition of hydrogels to soil for prolonging the survival of *Pinus halepensis* seedlings subjected to drought. *Soil & Tillage Research* 50: 295-304.
- Ingram DL, Yeager TH, 1987. Effects of irrigation frequency and a water absorbing polymer amendment on *Ligustrum* growth and moisture retention by a container medium. *Journal of Environmental Horticulture* 5: 19-21.
- Johnson MS, Piper CC, 1997. Cross-linked, water-storing polymers as aids to drought tolerance of tomatoes in growing media. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 178: 23-27.
- Karimi A, Noshadi M, Ahmadzadeh M, 2009. Effects of super absorbent polymer (Igeta) on crop, soil water and irrigation interval. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*. 12:415-420.
- Kay BD, Angers DA, 2000. "Soil Structure" in Handbook of Soil Science. Editör: Sumner, M.E. Crc Press, Boca Raton, FL. pp. 229-276.
- Kazanskii KS, Dubrovskii SA, 1992. Chemistry and physics of agricultural hydrogels. *Advances in Polymer Science* 104: 97-133.
- Kılıç M, Yönter G, 2005. Yağışla meydana gelen toprak kaybının yüzey akış miktarı ve yağış süresine bağlı değişiminin modellenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 42(1):97-106.
- Kinnell PIA, 2005. Raindrop-Impact-induced erosion processes and prediction: a review. *Hydrological Processes*, 19: 2815-2844.
- Lobo D, Torres D, Gabriels D, Rodriguez N, Rivero D, 2006. Effect of organic waste compost and a water absorbent polymeric soil conditioner (hydrogel) on the water use efficiency in a *Caspium annum* (green paper) cultivation. Agroenviron2006 Conference, 453-459, September 4-7, Ghent, Belgium.
- Martin C, Pohl M, Alewell C, Körner C, Rixen C, 2010. Interrill erosion at disturbed alpine sites: Effects of plant functional diversity and vegetation cover. *Basic and Applied Ecology*, 11: 619-626.
- MGM, 2018. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü resmi internet sitesi. Available from URL: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=YOZGAT>
- Nciyah AD, Wakindiki IIC, 2014. Rainfall pattern effects on crusting, infiltration and erodibility in some African soils with various texture and mineralogy. *Water SA*, 40: 57-63.
- Nnadi F, Brave C, 2011. Environmentally friendly superabsorbent polymers for water conservation in agricultural lands. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 2(7): 206-211.
- Parlak M, 2012. Determination of soil erosion over different land uses by mini rainfall Simulator. *Journal of Food, Agriculture & Environment*, 10: 3&4, 929-933.
- Pill WG, Jacono CC, 1984. Effects of hydrogel incorporation in peat-lite on tomato growth and water relations. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 15: 799-810.
- Poessen J, Ingelmo-Sanchez F, 1992. Runoff and sediment yield from topsoils with different porosity as affected by rock fragments cover and positions. *Catena*, 19(5): 451-474.

- Raju KM, Raju MP, Mohan YM, 2003. Synthesis of superabsorbent copolymers as water manageable materials. *Polymer International* 52: 768-772.
- Sinsewat V, Leipner J, Stamp P, Fracheboud Y, 2004. Effect of heat stress on the photosynthetic apparatus in maize (*Zea mays* L.) grown at control or high temperature. *Environmental and Experimental Botany*, 52: 123-129.
- Viero PWM, Chiswell KEA., Theron JM, 2002. The effect of a soil amended hydrogel on the establishment of *Eucalyptus grandis* clone on a sandy clay loam soil in Zululand during winter. *Southern African Forestry Journal* 193: 65-75.
- Yakupoğlu T, 2017. Dzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması. Proje Sonuç Raporu. TÜBİTAK, Proje No: 1130555.
- Yakupoglu T, 2017. Effect of some polymeric materials on runoff and sediment quantity generated from Typic Xerochrept depending on initial aggregate size under sequential simulated rainfall. 1st World Conference on Soil and Water Conservation under Global Change (CONSOWA2017), Abstract Book: 106, June 12-16, Lleida, Spain.
- Yakupoğlu T, 2018. Bozok yöresinde araştırma amaçlı kullanılan tarım arazilerinin bazı toprak özellikleri ve bölgesel kalkınmaya katkı sağlayacak araştırmalar açısından çeşitli öneriler. III. Uluslararası Bozok Sempozyumu. 3-5 Mayıs, 2018, Yozgat, Türkiye.
- Yakupoglu T, Oztas T, 2016. Effect of polyacrylamide and polyvinyl alcohol on runoff and sediment from an Entisol under simulated rainfall. Eurosoil-2016, Number: 101. October 16-21, İstanbul.
- Yakupoglu, T., Özdemir, N., Dengiz, O., 2012. The effect of PAM and PVA applications on runoff and soil losses under simulated rainfall. International Scientific-Practical Conference on Rational Use of Soil Resources and the Environment. 526-530, November 15-16, Almaty, Kazakhstan.
- Yolcu G, 2001. Bazı Polimerlerin Laboratuar Koşullarında Toprak Özellikleri ile Birlikte Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Üzerine Etkileri. Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Yu J, Shainberg I, Yan YI, Levy GJ, Mamedov AI, 2011. Superabsorbents and semiarid soil properties affecting water absorption. *Soil & Water & Conservation*, 75(6): 2305-2313.
- Yu J, Shi JG, Dang PF, Mamedov AI, Shainberg I, Levy GJ, 2012. Soil and polymer properties affecting water retention by superabsorbent polymers under drying conditions. *Soil Science Society of America Journal* 76(5): 1758-1767.
- Zheng FL, Gao XT, 2001. Effects of up-slope runoff on erosion processes at down-slope shallow gully erosion areas. *Sustaining the Global Farm* (eds. Stott DE, Mohtar RH, Steinhardt GC) pp. 737-741.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Ultramafik topraklardaki *Alyssum Pateri* subsp. *Pateri* bitkisinin ekolojisi ve ağır metal tolerans sınırının belirlenmesi

Turgay Dindaroğlu, Emre Babur *, Bülent Laz

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, Kahramanmaraş

Özet

Günümüzde sağlıklı gıda temininin önündeki en büyük engellerden birisi küresel bir sorun haline gelen toprak kirliliğidir. İnsan etkisi ya da anakayanın ayrışması sonucu topraklardaki ağır metal konsantrasyonunun artması toprak kirliliğinin başlıca kaynaklarını oluşturmaktadır. Genel olarak Ultramafik regolitlerden oluşan topraklar, nikel veya mangan gibi ağır metallerin hiperakümüasyonu gibi özel adaptasyonlara sahip bitkilere ve yüksek endemizm floralarına sahip olduğu bilinmektedir. Genellikle bu bitkiler besin elementi eksikliği veya fitotoksik iz elementlerine özelliklerine yüksek nikel (Ni) konsantrasyonlarına sahiptir. Bu araştırma hiperakümülatör olarak bilinen *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin farklı bir yetişme ortamındaki ekolojisi ve ağır metal tolerans sınırının belirlenmesi amacıyla Kahramanmaraş İlinde yürütülmüştür. Araştırma bulgularına göre ultramafik jeoekolojisinin aynı makro iklimde ve fakat değişik coğrafyalarda farklı özelliklere sahip olabildikleri anlaşılmıştır. Topraktaki toplam nikel (Ni) miktarı ortalama 7.08 ppm iken *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinde en yüksek Ni miktarı 4061.27 ppm, bitkinin üzerindeki gal oluşumunda ise 3653.62 ppm olarak tespit edilmiştir. Toplam Ca konsantrasyonu toprakta 1735.70 ppm iken, bitkide ortalama 21268.88 ppm, gal oluşumunda ise 21013.98 ppm olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin genel hiperakümülatör özelliğine ek olarak bitkide meydana gelen gal oluşumlarının da bitki kadar hiperakümülatör özellik taşıdığı ortaya konulmuştur. Endemik bitki türlerini bolca bulunduran bu alanlar koruma altına alınmalıdır. Başta madencilik, tarım ve traşlama kesimleri vb. ekosistemi strese sokacak faaliyetlerden kaçınılmalıdır. Ağır metal toplayıcı bitki türlerinin ise jeoekolojisi araştırılmalı ve fitoremediasyon bitkileri olarak ağır metalce yoğun alan toprakların ıslahında kullanımına önem verilmelidir.

Anahtar Kelimeler: Edafik endemizm, Adaptasyon, Edafik flora, Hiperakümülatör, Ekstrem ekosistemler, *Alyssum*

Determination of the ecology and heavy metal tolerance limits of *Alyssum Pateri* subsp. *Pateri* growing on ultramafic soils

Abstract

Today, one of the major global problems facing healthy food supply is soil pollution. Soil pollution caused by human is an important source of this problem, while soil pollution caused by heavy metals caused by decomposition of the bedrock is another part of the basic problem. In general, soils composed of ultramafic regolites are famous for hosting plants with special adaptations such as nickel or manganese hyperaccumulation and flora with a high level of endemism. It usually has nutrient deficiency or phytotoxic trace elements, especially high nickel concentrations. This research was carried out in Kahramanmaraş Province to determine the ecology and heavy metal tolerance limit of *Alyssum pateri* subsp. *pateri* plant known as nickel (Ni) accumulator. According to the research findings, it is understood that ultramafic geoecology can have different characteristics in the same macro climate but in different geographies. While total Ni content in soil was 7.08ppm, Ni content of *Alyssum pateri* subsp. *pateri* plant was 4061.27 ppm and 3653.62ppm in gal formation. While the total calcium (Ca) concentration was 1735.70 ppm in soil, it was determined as 21268.88 ppm in plant and 21013.98 ppm in gal formation. In addition to the general hyperaccumulatory properties of *Alyssum pateri* subsp. *pateri* plant, gal formation occurring in the plant has hyperaccumulatory properties as much as the plant. These areas with high endemism should be protected and some activities such as mining, agriculture and clear cutting that put stress on the ecosystem should be avoided. Geoecology of heavy metal accumulator plant species should be investigated and phytoremediation processes should be analyzed and recycled.

Keywords: Edaphic endemism, Adaptations, Edaphic flora, Hyperaccumulators, Extreme environments, *Alyssum*

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Bu makale "II. Çanakkale Tarımı Sempozyumu"nda (14-15 Aralık 2017 Ziraat Fakültesi/Çanakkale) poster bildiri olarak sunulmuş olup, sempozyum bildirisi özetleri kitapçığında benzer özeti basılmıştır.

Tel. : 0 530 964 17 71

Geliş Tarihi : 22 Eylül 2019

e-ISSN : 2146-8141

E-posta : emrebabur@ksu.edu.tr

Kabul Tarihi : 5 Kasım 2019

DOI : 10.33409/tbbbd.668650

Giriş

Toprak-bitki ve su ekosistemleri sürekli birbirleri ile etkileşim halinde oldukları için topraklardaki ağır metallerin bitkilere ve sulara karışması hem bitkisel verim ve ürün kalitesi üzerinde hem de sucul ekosistemlerin kalitesine ve hatta dolaylı olarak insan sağlığı üzerinde de çok önemli etkilere neden olmaktadır (Kocaer ve Başkaya, 2003).

Ağır metaller kayaçların mineral yapılarında doğal olarak bulunmaktadır. Anakayaların ayrışması sonucu oluşan topraklar, anakayanın türüne bağlı olarak bünyelerinde farklı oranlarda ve formlarda ağır metal bulundurulur. Ultramafik topraklar (yapısında yüksek oranda MgO ve FeO bulunduran kayaçlardan oluşan topraklar), farklı kimyasal ve fiziksel özellikler taşımaktadır. Tropik bölgelerdeki ultramafik topraklar ılıman ve Akdeniz bölgelerindekine göre elementel içerik, nem, organik madde miktarı ve toprak pedolojisi bakımından farklılık gösterebilir (Alexander, 2009; Vithanage ve ark., 2014). Bitki ve toprak mikroorganizmaları ultramafik toprakların edafik stres faktörlerini, diğer adaptasyonların yanı sıra, gerekli besin maddelerinin verimli bir şekilde alınması ve bazı fitotoksik elementlerin yüksek konsantrasyonlarının dışlanması veya tersine biriktirilmesi yoluyla tolere ederler (Palm ve Van Volkenburgh, 2014). Yüksek derecede endemik türlere sahip olan ultramafik topraklar, edafik endemizmin ekolojisinin belirlenmesi bilim insanlarına yeni araştırma ortamları sunmaktadır (Rajakaruna, 2004; Anacker, 2012). Yeni Kaledonya'da (Papua Yeni Gine, Solomon Adaları ve Fiji'yi de içeren Melanezya denilen Pasifik okyanusunun Okyanusya bölgesinde yer almaktadır) % 83'ü ultramafik topraklarla kaplı bölgede, 2150 endemik tür tespit edilmiştir (Jaffré ve L'Huillier, 2010). Ultramafik kayaçların en önemli temsilcisi ofiyolitler (bazı mafik, ultramafik kayaçlar ile bazı derin deniz çökellerinden oluşan grup) hidrasyon nedeniyle serpantin'e (yeşil renkli kayaç) dönüşmüşlerdir. Serpantinit anakayalarından oluşan toprakların hemen hemen tamamı ağır metaller bakımından zengindir. Bununla birlikte, serpantinit anakayasının minerolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri bakımından olumsuz toprak koşulları oluşturması nedeniyle ekosistem olarak oldukça hassas alanların en önemlilerinden birisidir. Bitkiler için yetişme ortamlarında en etkili toprak özellikleri kimyasal olanıdır (Kruckeberg, 1985). Serpantinit topraklarında özellikle kalsiyum (Ca) miktarı düşük, magnezyum (Mg) miktarı yüksektir (Walker, 1948; Vlamis ve Jenny, 1948; Kruckeberg, 1954; Laz ve ark., 2018). Bu ise bitki beslenmesinde önemli bir gösterge olan düşük Ca:Mg oranı ile karakterize edilmektedir (Walker ve ark., 1955; Proctor, 1970). Serpantinli topraklar içerdikleri düşük Ca konsantrasyonu nedeniyle "serpantin sendromu" diye isimlendirilen olumsuz yetişme ortamı koşuluna neden olmaktadır (Vlamis ve Jenny, 1948; Proctor, 1971). Bununla birlikte serpantinit toprakları Ni, Co, Cr gibi ağır metaller ile yüksek oranda Mg ve Fe içermesine karşın Ca, K, N, P vb. bazı esas bitki besin elementleri açısından ise fakirdir (Proctor ve Woodell, 1975; Brooks, 1987). Bu elementlerin yüksek konsantrasyonlarda bulunması bitki türleri için zehir etkisi oluşturur.

Serpantinit topraklarının organik madde miktarının ve fiziksel özelliklerinin (su tutuma kapasitesi, toz ve kil miktarı) zayıf olması nedeniyle tarımsal faaliyetler ve ormancılık uygulamaları açısından çok fazla tercih edilmezler (Brooks, 1987; Brady ve ark., 2005; Laz ve ark., 2018). Bu toprakların üzerleri genellikle çıplak ve vejetasyon açısından çok seyrek olsa da, flora açısından farklı endemik türler bolca bulunmaktadır (Brooks ve Yang, 1984; Batianoff ve Singh, 2001). Serpantinit alanlarında doğal olarak yetişen bitkilerin bu alanlara en iyi şekilde uyum sağladığı, ekstrem edafik koşullara, ağır metallerle karşı direnç gösterdiği ve adapte olduğu belirlenmiştir (Kruckeberg, 1985; Kruckeberg ve ark., 1999; Reeves ve ark., 2001; Adıgüzel ve Reeves, 2002; Avcı, 2005; Özdeniz ve ark. 2017).

Son yıllarda topraklarda ağır metal sorununun giderilmesi veya şiddetinin hafifletilmesi için hiperakümülatör bitkiler yarımıyla kirletici ağır metaller topraktan uzaklaştırılmaktadır. Bu yöntem *fitoremediasyon yöntemi* denmektedir. Bu bitkilerin bir kısmının bir arada kullanılması ile ağır metaller (Ag, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Zn), metalloidler (As, Se), radionükleidler (90Sr, 137Cs, 239Pu, 238U, 234U), ametaller (B) ve diğer organik bileşikler (Toplam Petrol Hidrokarbonlar (TPH), Polisiklik Aromatik Hidrokarbonlar (PAHs), Poliklorlu Bifeniller (PCBs), Pestisitler) olmak üzere birçok zehir eşliğine gelen maddeler ile mücadele edilebilmektedir. *Taraxacum officinale* (Karahindiba) ve *Alyssum pateri* subsp. *pateri* (Demetkevke) bitkileri buna örnek olarak verilebilir (EPA, 2000). Bu bitkilerin topraktan aldıkları ağır metallerin bir kısmı bitkinin vejetatif organlarında depolanmasının yanında bitki bünyesindeki enzimler aracılığı ile parçalanarak bozulmakta ve transpirasyon ile atmosfere verilmektedir (Aybar, 2015). *Thlaspi*, *Urtica*, *Chenopodium*, *Polygonum sachalase* ve *Alyssum* gibi bazı bitkiler Cd, Co, Cu, Ni ve Zn ... gibi ağır metalleri bünyelerinde biriktirebilmektedirler. Bu bitkilerin hafif ağır metal bulunan alanlarda yetiştirilmesi kirlenmiş toprakların temizlenmesinde dolaylı bir yöntem olarak kullanılabilir (Mulligan ve ark.,

2001). Lasat (2000), normal bitkilerde 100 ppm olan Zn konsantrasyonunun *Thlaspi caeruledcens* bitkisinde 26000 ppm'in üzerinde birikime sahip olduğunu tespit etmiştir. Raskin ve ark. (1994) göre kuru yaprak ağırlıklarının % 0,1'den fazla Ni, Co, Cu, Cr veya % 1 Zn ve Mn içeren bitkiler hiperakümülatör bitki olarak adlandırılmıştır.

Öncelikle *Brassicaceae* üyelerinin, Ni hiperakümülatör olduğu bilinmekle beraber farklı coğrafyalarda farklı tolerans aralıklarının bilinmesi adaptasyon yeteneklerini belirlenmesi açısından önemlidir. Ayrıca toprakta, bitkide ve gallerde ağır metal konsantrasyonlarının ve birbirleri ile olan ilişkilerinin saptanması türün ekolojisi açısından gereklidir. Bu çalışma Kahramanmaraş kent merkezine 20 km uzaklıktaki Denizli Köyü yeşil kuşak plantasyon sahasında (Ek-3) ultramafik anakayalar üzerinde oluşan topraklar üzerinde yoğun bir şekilde bulunan hiperakümülatör bitki olan *Alyssum pateri* subsp. *pateri*'nin fitoremediasyon potansiyelini ortaya koymak amacıyla ekolojisi, yetişme ortamı toprak özellikleri, ağır metal ve bazı bitki besin elementi konsantrasyonları belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma Sahasının Genel Özellikleri

Çalışma, Kahramanmaraş ilinin yaklaşık 20 km doğusundaki Denizli Köyü sınırları içerisinde bulunan Yeşil Kuşak Ek-3 Ağaçlandırma Sahasında gerçekleştirilmiştir. 2004-2005 yıllarında Kahramanmaraş-Gaziantep Karayolu üzerinde 1675 ha'lık alanda farklı türler kullanılarak ağaçlandırılmıştır (Şekil 1).

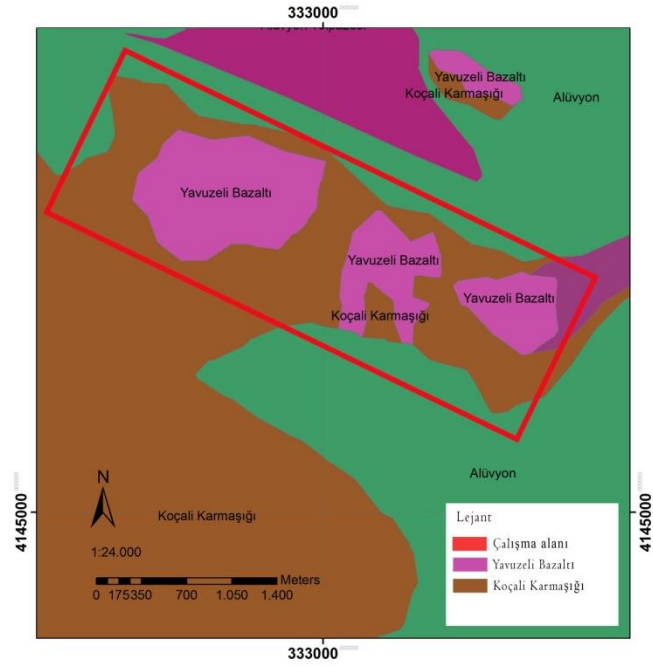


Şekil 1. Araştırma alanının konumu ve genel görünümü

Sahaya hızlı gelişen ve kuraklığa dayanıklı olduğu bilinen yabancı orijinli *Pinus brutia* var. *elderica*, yerel orijinli *Pinus brutia*, *Pinus pinea*, *Cupressus sempervirens*, *Prunus mahaleb*, *Pyrus communis*, *Pyrus elaeagnifolia*, *Amygdalus* sp. türleri dikilmiştir (Anonim, 1992). Ayrıca alanda doğal olarak yayılış gösteren *Quercus coccifera* (Kermes meşesi) türü de çalı formunda bulunmaktadır. Otsu bitkilerden ise alanda bolca bulunan *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, hiperakümülatör bitki türü mevcuttur. *Alyssum pateri* subsp. *pateri*, Brassicaceae familyasından *Alyssum* cinsine bağlı, çok yıllık ve sadece Türkiye'de doğal olarak serpantin anakayalar üzerinde yayılış gösteren endemik bir alttürdür. Ülkemizde özellikle iç Anadolu bölgesinde (Çankırı, Konya, Kayseri, Nevşehir) yaygın olan alttürün diğer yayılışları Kuzey Anadolu (Bolu, Kastamonu), Güney Anadolu (Antalya) ve Doğu Anadolu (Van, Erzincan, Ağrı) bölgelerinde yayılış göstermektedir. İran-Turan flora bölgesi elemanı olan bu türün habitatu; çam ormanları, makilik alanlar ve bozkır vejetasyonudur. Dikey yayılışı ise 500 ile 3000 m arasındadır (Dudley,1965; Mutlu, 2012).

Araştırma sahası ortalama 650 m rakımda, % 15-20 eğime sahip, ultramafik kayalar (serpantin it anakayası) alan üzerinde yaygın olarak bulunmaktadır. Akdeniz iklimi ile karasal iklim geçiş alanı üzerindeki araştırma sahası sıcak ve ılıman iklim görülmektedir (Köppen-Geiger iklim sınıflandırmasına göre Csa). Alanın yıllık ortalama sıcaklığı 16,1°C dir. Temmuz ayı 28,1 °C ile yılın en sıcak ayı, Ocak ayı ise 4,1 °C ile en soğuk aydır. Yıllık ortalama yağış miktarı 638 mm dir. Temmuz ayı 2 mm lik yağışla yılın en kurak ay iken Ocak ayı ise en fazla yağış alan aydır. Mutlak toprak derinliğinin 20-30 cm, fizyolojik derinlik ise maksimum 100 cm dir.

Araştırma alanının jeolojisi



Şekil 2. Araştırma alanı formasyon haritası (M.T.A., 2015)

Araştırma alanında Koçali Karmaşığı ve Yavuzeli Bazaltı olmak üzere iki formasyon birbirinin içerisine sokulum göstererek yüzeylenmektedir (Şekil 2). Koçali Karmaşığı (JKk) Jura-Alt kretase dönemine ait (Ateş ve ark., 2008) kristalize kireçtaşlarından oluşmaktadır.

Arazi Çalışmaları

Araştırma sahasında *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkilerinin yayılış gösterdiği yerlerden rastgele 5 deneme alanı belirlenmiş ve bu alanların içerisinden 100'er metre ara ile toprak ve bitki örnekleri toplanmıştır. Alınan toprak ve bitki örneklerinin fiziksel özellikleri KSÜ Orman Fakültesi Toprak ve Ekoloji Laboratuvarında, kimyasal özellikleri ise Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Toprak Laboratuvarında analiz edilmiştir. Çalışma sahasının anakaya teşhisinin yapılması için toprak numunelerinin alındığı noktalardan anakaya örnekleri toplanmış ve KSÜ Jeoloji Mühendisliği Bölümünde teşhis ettirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Araştırma alanında (a) anakaya (Serpantinit), (b) bitki ve (c) toprak örnekleme noktalarından bazı görünüşler

***Alyssum Pateri* Subsp. *Pateri* Bitki Örneklerinde Gal Oluşumu**

Bu bitkiler üzerinde Cecidomyiidae familyasına mensup gal sineklerinin bitki dokularını tahrip ederek yaralaması ve bitki üzerine yumurta bırakmaları üzerine küremsi, topuza benzer şekillerde galler meydana gelmektedir. Gal oluşumu genel olarak bitki dokularının tahribi ya da yaranma neticesinde mikroorganizma ya da çeşitli böcek, akar gibi eklem bacaklıların yumurta bırakması sonucunda oluşan anormal gelişmelerdir. Gal oluşumuna sebep olan organizma, yalnızca özelleşmiş olduğu bitki de gal oluşumu meydana getirebilir. Bu bakımdan muhtemelen bitkiler kendi iletim demetlerine zarar veren bazı organizmaları belli bölgelere hapsederek bu zarardan kurtulmaya çalışmaktadırlar (Demirsoy, 1999). Araştırma alanında *Alyssum Pateri* Subsp. *Pateri* bitki örnekleri üzerinde Gal Oluşumu Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Araştırma alanını büyük bir bölümünü kaplayan *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisi ve gal oluşumu.

Laboratuvar Çalışmaları

Araştırma sahasında 0-30 cm derinliğinden alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini belirlemek için hava kurusu hale gelinceye dek kurutulup, taş ve kökleri ayrılarak porselen havanda öğütülmüş ve 2 mm'lik elekten geçirilerek, numuneler polietilen plastik poşetlerde saklanmıştır. Alınan toprak örneklerinde; nem içeriği (gravimetrik yöntem), tane çapı (Tekstür hidrometre (Bouyoucos, 1962)), organik karbon (yaş yakma (Walkley-Black, 1934)), EC 1/5 toprak su çözeltisi (Janzen, 2004), pH (1:2.5) toprak su çözeltisi (Janzen, 2004) cam elektrotu metotları ile belirlenmiştir.

Bitki numuneleri sistematik olarak atılan noktalar tam ortaya gelecek şekilde (20 m x 20 m = 400 m²) alanlar belirlenmiş ve bitki örnekleri toprak ile birleştikleri yerlerden makas yardımı ile kesilerek toplanmıştır.

Topraklarda, bitkilerin gövde ve çiçek kısımlarında oluşan gallerdeki toplam makro ve mikro besin elementlerinden Al³⁺, B⁺, Ca⁺⁺, Cd⁺⁺, Co, Cr⁺⁺, Cu⁺, Fe⁺⁺, K⁺, Mg⁺⁺, Mn⁺⁺, Na⁺, Ni⁺⁺, P³⁺, Pb ve Zn⁺⁺ Agilent marka ICP cihazında ölçülmüştür (Anonim, 1982).

Bulgular ve Tartışma

Araştırma alanı yüzey toprak örneklerinin laboratuvar sonuçlarına göre; topraklar kumlu killi balçık tekstüründe, toprak reaksiyonu hafif alkali olup, ortalama pH değeri 7.44 tür. Toprakların organik karbon içerikleri de oldukça düşüktür (% 0.04-% 1.82). Toprakların değişebilir Mg konsantrasyonu ortalama 1339 ppm olarak belirlenmiş ve oldukça yüksektir. Fosfor konsantrasyonu ortalama 3.82 ppm olarak belirlenmiştir.

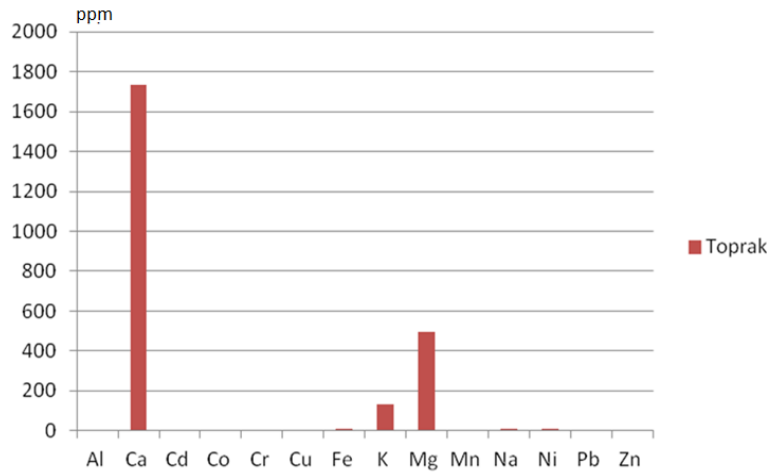
Toprak örneklerinde toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları Mg (ortalama ~ 498 ppm) haricinde diğer besin elementleri normal sınırlarda ve ağır metal konsantrasyonlarının ise Toprak Kirliliği Kontrol Yönetmeliğine (Anonim, 2019) göre düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Topraklardaki Ca ve K besin elementi yüksek konsantrasyondaki Mg ile antagonistik bir etkileşime girdiğinden bitkiler tarafından alına bilirlikleri zorlaşmaktadır. Bu nedenle bu topraklarda yetişen bitkilerde Ca ve K besin elementi eksiklikleri görülebilir (Proctor, 1971). Serpantin anakayasının bulunduğu alanlarda Ca konsantrasyonu genelde çok düşük bulunmaktadır (Proctor ve Woodell, 1975; Brooks, 1987). Ancak araştırma alanında "Koçali Karmaşığı" formasyonun ultramafik oluşumların içerisinde sokulum göstermesi sonucu genel kanaatin aksine yüksek bir Ca konsantrasyonu tespit edilmiştir (Şekil 5). Bu alanda Ca kaynağı Koçali Karmaşığı (JKk) Jura-Alt kretase dönemine ait (Ateş ve ark., 2008) kristalize kireçtaşlarıdır.

Çizelge 1. Toprak örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

DA	Al	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	Pb	Zn
	ppm													
1	0.180	2035.24	0.01	0.34	0.01	0.50	9.78	204.96	512.83	6.06	7.98	8.85	0.06	0.28
2	0.185	1697.71	0.01	0.16	0.02	0.44	6.48	97.88	505.44	4.48	10.89	4.97	0.11	0.30
3	0.203	1910.62	0.01	0.42	0.01	0.62	9.65	123.85	511.22	10.38	11.58	7.97	0.19	0.35
4	0.161	1664.78	0.01	0.07	0.01	0.37	4.44	84.69	504.61	2.08	9.34	4.00	0.03	0.23
5	0.148	1370.19	0.01	0.27	0.01	0.33	7.59	138.86	454.10	5.18	6.26	9.62	0.08	0.33

DA: Deneme Alanı



Şekil 5. Toprak örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

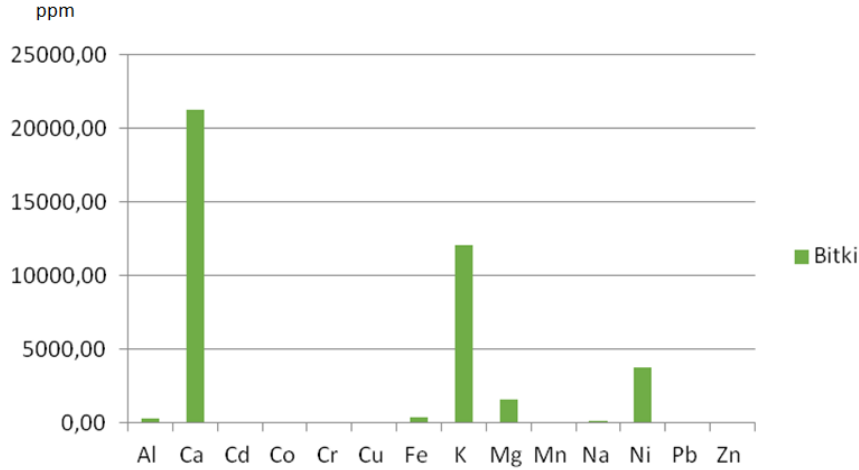
Topraktan bitkiye geçen ağır metal konsantrasyonları üzerinde en önemli etken bitki türü olmakla beraber, toprak özellikleri ve topraktaki ağır metal miktarı da önemlidir. Ayrıca bitkinin farklı organları da ağır metal birikiminde değişiklik gösterirler (Antonkiewicz ve Jasiewicz, 2002; Boyd, 1999). Bitki örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları Çizelge 2'de belirtilmiştir.

Çizelge 2. Bitki örneklerinde bazı toplam makro, mikro element ve ağır metal konsantrasyonları

DA	Al	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Zn
	ppm															
1	397,55	39,80	22174,86	0,63	5,35	12,66	2,28	683,15	11226,73	1755,32	28,15	242,04	3874,76	2082,84	3,50	45,39
2	224,51	27,65	16961,90	0,57	2,91	3,34	1,81	263,30	10479,40	1432,99	14,99	152,03	2999,20	1517,71	3,19	33,91
3	243,72	28,90	19905,51	0,96	3,46	3,80	2,30	277,24	11066,70	1536,57	16,88	161,68	3725,52	2199,20	5,63	47,20
4	307,58	32,61	23223,80	0,49	3,02	5,84	2,26	443,04	12570,52	1667,82	21,02	148,07	4047,57	2149,58	3,73	59,63
5	252,75	34,10	24078,31	0,41	3,94	3,98	1,78	337,65	15058,09	1645,62	21,14	175,79	4061,27	2088,83	3,60	45,01

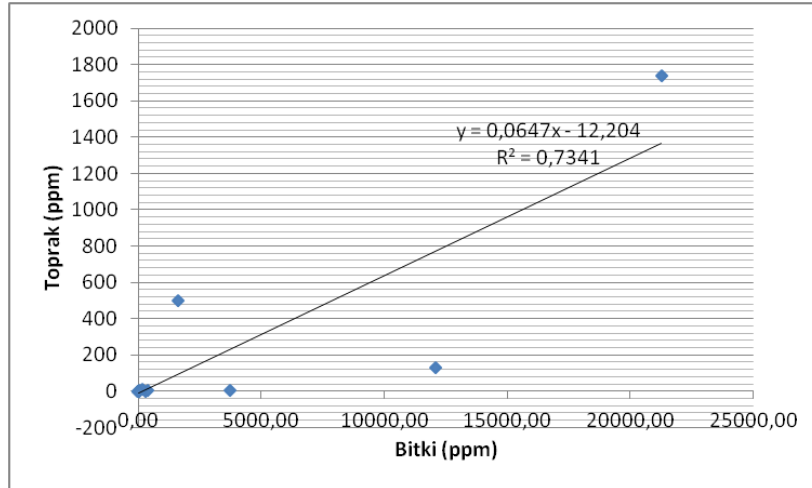
DA: Deneme Alanı

Ünver ve ark. (2009) ile Altınözlü ve ark. (2012) tarafından Türkiye’de yapılan araştırmalarda *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin Ni değişim aralık üst sınırının 1560 ppm olduğunu; Reeves ve Adıgüzel (2008) yaptıkları araştırmada Türkiye’de *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin ortalama Ni içeriğini 85 ppm olarak tespit edilmişken, bu araştırma sahasındaki bitki örneklerinde ortalama Ni konsantrasyonları 3741.66 ppm olduğu (Çizelge 2) tespit edilmiştir. Araştırma alanında benzer yüksek konsantrasyonlar Al, Ca, K, Mg, Na, Ni, P elementleri içinde tespit edilmiştir. Bu elementlerde toprakta bulunan miktarlardan çok daha fazlası bitki bünyesinde bulunmaktadır (Çizelge 2). Altınözlü ve ark (2012) yaptıkları çalışmada *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin Cd miktarının <2.3 ppm olduğunu belirtmişlerdir. Bu çalışmada ise Cd kapsamı <0.96 ppm olarak tespit edilmiştir. Bu bölgede söz konusu bitki Cd bakımından hiperakümülatör özellikte olmadığı anlaşılmıştır. Ancak bitki bünyesinde çok yüksek miktarlara varan Ca (24078.31ppm) ve K (15058.09 ppm) birikimi tespit edilmiştir (Şekil 6). Bölgedeki Ca kaynağı Koçali Karmaşığı (JKk) içerisinde bulunan kristalize kireçtaşlarıdır.



Şekil 6. Bitki örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

Bitki ve toprak örneklerinin toplam makro, mikro elementler ve ağır metal kapsamaları arasında $R^2=0.73$ gibi önemli ilişkiler belirlenmiştir (Şekil 7). Bu durumda bitkideki yüksek konsantrasyonun toprağa bağımlı olduğunu göstermektedir.



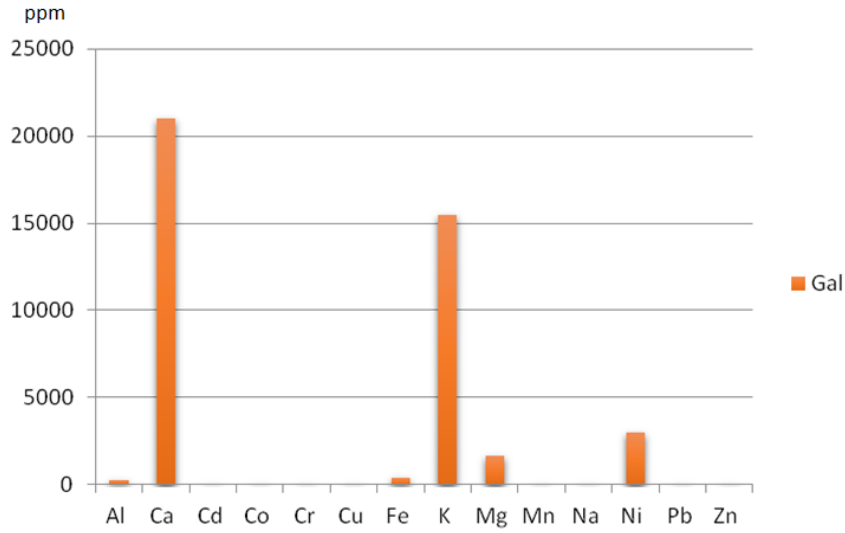
Şekil 7. Bitki ve toprak örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler

Bitki üzerinde oluşan Gal örneklerinde toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları incelenmiştir. Gal oluşumlarının da neredeyse bitki kadar Ni, Ca ve K kapsamına sahip oldukları tespit edilmiştir. Gal oluşumunda en yüksek Ni kapsamı 3653.62 ppm, K kapsamı en yüksek 26340.08 ppm, Ca kapsamı 22687.63 ppm ve Mg kapsamı 1710.80 ppm olarak belirlenmiştir (Çizelge 3 ve Şekil 8).

Çizelge 3. Gal örneklerinde toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

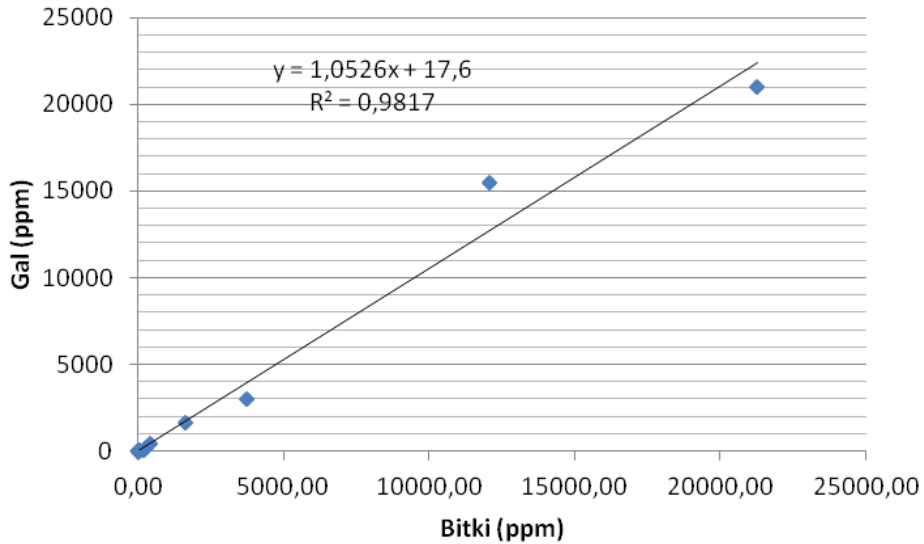
DA	Al	B	Ca	Cd	Co	Cr	Cu	Fe	K	Mg	Mn	Na	Ni	P	Pb	Zn
	ppm															
1	197,50	39,53	22415,67	0,24	2,91	3,54	2,31	331,30	26340,08	1705,15	23,21	60,27	2997,02	2420,25	2,00	36,93
2	226,89	38,55	20135,99	0,16	2,38	5,01	2,15	387,48	12328,58	1651,55	23,95	64,97	2520,57	2050,81	1,85	35,86
3	234,29	42,39	19230,69	0,19	2,66	3,35	3,99	320,45	10481,25	1570,48	23,32	73,47	3010,96	2483,84	1,83	51,41
4	273,46	49,72	22687,63	0,21	1,84	5,83	2,33	552,40	13999,30	1710,80	24,67	60,50	2945,08	2466,43	1,91	45,97
5	222,17	53,54	20599,91	0,26	3,30	3,57	2,36	469,02	14267,48	1677,33	29,87	73,99	3653,62	2696,30	2,34	48,49

DA: Deneme Alanı



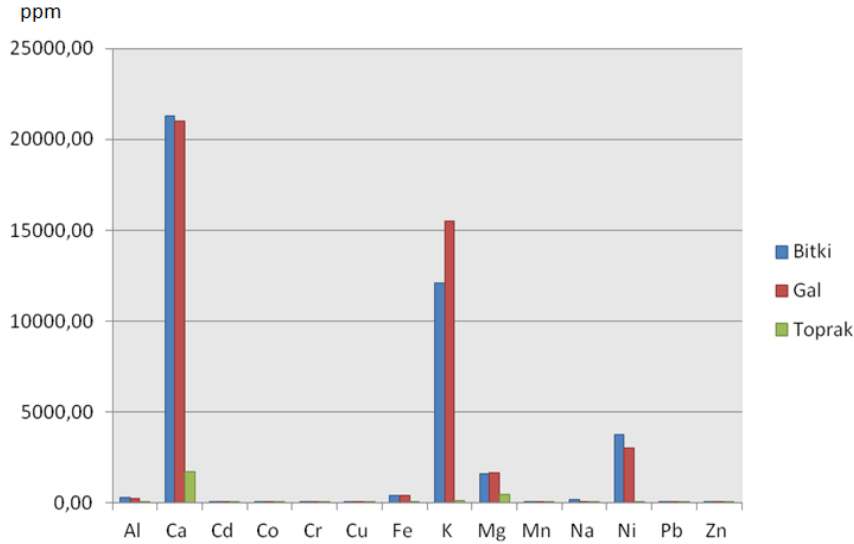
Şekil 8. Gal örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

Bitki ve gal örneklerinde tespit edilen toplam makro, mikro elementler ve ağır metal kapsamı arasında yapılan korelasyon testi sonucunda $R^2=0.98$ gibi önemli ilişki düzeyi belirlenmiştir (Şekil 9). Bu durum gal bünyesindeki yüksek konsantrasyonun bitkiye bağımlı olduğunu göstermektedir.



Şekil 9. Bitki ve gal örneklerinde tespit edilen bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları arasındaki ilişkiler

Gal oluşumu ve bitki bünyesindeki toplanan elementlerle toplandığında hiperakümülatör özellik daha güçlenmiş olmaktadır. Bu iki (bitki ve gal) özellik toplandığında Ni kapsamı en yüksek 6767.11 ppm, Ca kapsamı 42282.85ppm, Mg 3270.73 ppm ve K kapsamı 27563.63 ppm olarak belirlenmiştir (Şekil 10).



Şekil 10. Toprak, bitki ve gal örneklerinde bazı toplam makro, mikro elementler ve ağır metal konsantrasyonları

Ağır metalleri bünyesinde toplayabilen Brassicaceae familyasından *A. Pateri* subsp. *pateri*, *A. corsicum*, *A. peltarioides* subsp. *peltarioides*, *A. peltarioides* subsp. *virgatiforme*, *Alyssum tortuosum*, *A. Sibiricum*, *A. murale* gibi bir çok bitki mevcuttur (Abou-Shanab ve ark., 2006; Zhang ve ark., 2007; Reeves ve Adıgüzel, 2008). Bitki kullanılarak yapılan ıslah çalışmalarında (fitoremediasyon), hiperakümülatör yani ağır metal toplayıcı türlerin, değişen çevre koşullarına göre adaptasyon yeteneklerine ve biyokütle özelliklerine bağlıdır (Terzi ve Yıldız, 2011). Bitkinin ekolojik, fizyolojik ve moleküler özelliklerinin iyi anlaşılmasının yanı sıra önemli olan diğer bir husus bu bitkilerin hasat edildikten sonra arıtma süreçlerinin planlanmasıdır (Chen ve ark., 2000; Khan ve ark., 2000).

Sonuç

Araştırma alanında *Alyssum pateri* subsp. *pateri* bitkisinin Ni toplama kapasitesi bitki bünyesinde (4061.27 ppm) üzerindeki gal oluşumuyla (3653.62 ppm) beraber çok yüksek değerlere ulaşmıştır (7714.89 ppm). Aynı zamanda bünyesinde yüksek miktarda bitki Ca (24078.31ppm) ve K (15058.09 ppm) elementleri de tespit edilmiştir. Bitkide meydana gelen gal oluşumlarının da bitki kadar Ni, Ca ve K kapsamı bakımından hiperakümülatör özellik taşıdığı belirlenmiştir. Araştırma alanı özellikle serpantin bakımdan zengin ultramafik topraklar üzerinde yapılan ağaçlandırma faaliyetlerinde başlıca kullanılan tür *Pinus brutia* var. *elderica* dır. Bu türe ait bireyler zaman zaman tamamen kuruyarak ortamı terk etmeye başlamışlardır. Bu alanda *Pinus brutia* var. *elderica* türünün yirmi yıldan fazla bir süredir yaşayabilmesinin en önemli nedeni, alanda doğal olarak bulunan hiperakümülatör bitkilerden *Alyssum pateri* subsp. *pateri*'nin yoğun bir şekilde bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bu araştırma ile ağır metal toplayıcı bitki türlerinin tolerans sınırlarının farklı coğrafyalarda değişim gösterdiği anlaşılmış olup, bu sınırların belirlenmesi özellikle fitoremediasyon yöntemi olan bitkilerle ıslah çalışmalarının temelini oluşturmaktadır. Tek başına ya da farklı yöntem kombinasyonları ile beraber fitoremediasyon düşük ya da orta seviyeli kirlenmenin ya da kirlenme ıslahının ekonomik ve aynı zamanda doğal bir parçası olabilir. Önemli olan bu süreçlerin planlanarak yürütülmesi ve sonucunda ağır metallerin etkilerinin tolere edilebilir seviyelere çekilmesini sağlamaktır.

Kaynaklar

- Abou-Shanab RAI, Angle JS, Chaney RL, 2006. Bacterial inoculants affecting nickel uptake by *Alyssum murale* from low, moderate and high Ni soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(9): 2882-2889.
- Adıgüzel N, Reeves RD, 2002. A new nickel-accumulating species of *Alyssum* (Cruciferae) from Western Turkey. *Edinburgh Journal of Botany* 59(02):215 – 219.
- Alexander EB, 2009. Soil and vegetation differences from peridotite to serpentinite. *Northeastern Naturalist* 16(5):178–192.
- Altınözlü H, Karagöz A, Polat T, Ünver İ, 2012. Nickel hyperaccumulation by natural plants in Turkish serpentine soils. *Turkish Journal Of Botany*, 36: 269-280.
- Anacker BL, Harrison SP, 2012. Climate and the evolution of serpentine endemism in California. *Evolutionary Ecology* 26:1011–1023.

- Anonim, 1982. Methods of Soil Analysis- Part II, Chemical and Microbiological Properties, Argonomy Monograph No:9 323-336, ASA-SSSA, Medison, Wisconsin, USA.
- Anonim, 1992. Orman Genel Müdürlüğü. Yeşil Kuşak Ağaçlandırma Çalışmaları, Tamim No:10.
- Anonim, 2019. Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği. Çevre ve Orman Bakanlığı <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2005/05/20050531-6.htm> Erişim tarihi: 12.09.2019.
- Antonkiewicz J, Jasiewicz C, 2002. The use of plants accumulating heavy metals for detoxication of chemically polluted soils. *Electronic Journal of Polish Agricultural Universities*, 5(1).
- Ateş Ş, Osmançelebioğlu R, Özata A, Karakaya FG, Aksoy A, Mutlu G, Duman TY, Özerk OC, Yeleser L, Çiçek İ, 2008. Kahramanmaraş İli ve Kentsel Alanların (İl-İlçe Merkezleri) Yerbilim Verileri, Ankara.
- Avcı M, 2005. Çeşitlilik ve Endemizm Açısından Türkiye'nin Bitki Örtüsü. *İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Dergisi*, 13:27-55.
- Aybar M, Bilgin A, Sağlam B, 2015. Fitoremediasyon Yöntemi İle Topraktaki Ağır Metallerin Giderimi. *Doğal Afetler ve Çevre Dergisi*. 1(1-2): 59-65.
- Batianoff GN, Singh S, 2001. Central Queensland serpentine landforms, plant ecology and endemism. *South African Journal of Science* 97:495-500.
- Bouyoucos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. *Agronomy Journal* 54: 464-465.
- Boyd RS, Jaffré T, Odom JW, 1999. Variation in nickel content in the nickel-hyperaccumulating shrub *Psychotria douarrei* (Rubiaceae) from New Caledonia. *Biotropica*, 31: 403.
- Brady KU, Kruckeberg AR, Bradshaw Jr H D, 2005. Evolutionary ecology of plant adaptation to serpentine soils. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 36: 243-266.
- Brooks RR, 1987. In *Serpentine and Its Vegetation*, ed. TR Dudley. Portland, OR: Dioscorides. 454 pp.
- Brooks RR, Yang XH, 1984. Elemental levels and relationships in the endemic serpentine flora of the Great Dyke, Zimbabwe and their significance as controlling factors for this flora. *Taxon*, 33:392-99.
- Chen HM, Zheng CR, Tu C, Shen ZG, 2000. Chemical methods and phytoremediation of soil contaminated with heavy metals, *Chemosphere*, 41, 229-234.
- Demirsoy A, 1999. Yaşamın Temel Kuralları, Omurgasızlar/Böcekler, Entomoloji. 6. Baskı., s.272-274,
- Dudley TR, Alyssum L. In: Davis, P.H. 1965. *Flora of Turkey and The East Aegean Island*, Volume 1, pp.399-400, Edinburg at the University Press.
- EPA, 2000. Environmental Protection Agency, Introduction of phytoremediation, epa/600/R-99/107, Cincinnati, Ohio, U.S.A2000: 72.
- Jaffré T, L'Huillier L, 2010. La végétation des roches ultramafiques ou terrains miniers. In: L'Huillier L, Jaffré T, Wulf A (eds) *Mines et environnement en Nouvelle-Calédonie: les milieux sur substrats ultramafiques et leur restauration*. IAC Ed, Noumea.
- Janzen HH, 2004. Carbon cycling in earth systems-a soil science perspective. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 104:399-417.
- Khan AG, Kuek C, Chaudhry TM Khoo CS, Hayes WJ. 2000. Role of plants, mycorrhizae and phytochelators in heavy metal contaminated land remediation, *Chemosphere*, 41, 197-207.
- Kocaer FO, Başkaya HS, 2003. Metallerle Kirlenmiş Toprakların Temizlenmesinde Uygulanan Teknolojiler, *Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, Cilt 8, Sayı 1.
- Kruckeberg AR, 1954. The ecology of serpentine soils: A symposium. III. Plant species in relation to serpentine soils. *Ecology* 35:267- 74.
- Kruckeberg AR 1985. *California Serpentine: Flora, Vegetation, Geology, Soils, and Management Problems*. Berkeley: Univ. Calif. Press. 180 pp.
- Kruckeberg AR, Adıgüzel N, Reeves RD, 1999. Glimpses pf flora and ecology of Turkish (Anatolian) serpantines. *The Karaca Arboretum Magazine* 5: 67-86.
- Lasat MM, 2000. Phytoextraction of metals from contaminated soil: A review of plant/ soil/ metal interaction and assessment of pertinent Agronomic Issues. *Journal of Hazardous Substance Research*, 2(5), 1-25.
- Laz B, Babur E, Akpınar DM, Avgın SS, 2018. Kahramanmaraş-Elmalar Yeşil Kuşak Ek-3 Plantasyon Sahasında Görülen Biyotik ve Abiyotik Zararlıların Tespiti, *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi* 21(6):926-935.
- MTA, 2015. Türkiye Jeoloji ve Formasyon Haritası. Maden Tetkik Arama Genel Müdürlüğü Yayınları. Ankara <http://www.mta.gov.tr/v3.0/hizmetler/jeoloji-haritalari>
- Mulligan CN, Yong RN, Gibbs BF, 2001. Remediation technologies for metalcontaminated soils and groundwater: an evaluation, *Engineering Geology*, 60, 193-207.
- Mutlu B, 2012. Alyssum. Şu sitede: Bizimbitkiler (2013). <<http://www.bizimbitkiler.org.tr>>, [er. tar.: 09.09.2019].
- Özdeniz E, Özbey BG, Kurt L, Bölükbaşı A, 2017. Serpantin Ekolojisi ve Türkiye Serpantin Florası'na Katkıları. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1): 22 - 33.
- Palm ER, Van Volkenburgh E, 2014. Physiological adaptations of plants to serpentine soils. In: Rajakaruna N, Boyd RS, Harris TB (eds) *Plant ecology and evolution in harsh environments*. Nova Science Publishers, Hauppauge.
- Proctor J, 1970. Magnesium as a toxic element. *Nature*, 227:742-43.

- Proctor J, 1971. The plant ecology of serpentine. II. Plant responses to serpentine soils. *Journal of Ecology* 59:397-410.
- Proctor J, Woodell SRJ, 1975. The ecology of serpentine soils. *Advances in Ecological Research* 9:255- 365.
- Rajakaruna N, 2004. The edaphic factor in the origin of species. *International Geology Review* 46:471-478.
- Raskin I, Kumar N, Dushenkov S, Salt D, 1994. Bioconcentration of metals by plants, *Current Opinion in Biotechnology*, 5:285-290.
- Reeves RD, Kruckeberg AR, Adıgüzel N, Kramer U, 2001. Studies on the flora of serpanrine and other metalliferous areas of Western Turkey. *South African Journal of Science*, 97: 513-517.
- Reeves RD, Adıgüzel N, 2008. The nickel hyperaccumulating plants of the serpentines of Turkey and adjacent areas: A review with new data. *Turkish Journal of Biology*, 32: 143-153.
- Terzi H, Yıldız M, 2011. Ağır metaller ve fitoremediasyon: fizyolojik ve moleküler mekanizmalar, *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 11(2011), 1-22.
- Ünver İ, Madenoğlu S, Özbek K, 2009. Available Ni potentials of Batuern Anadolu. International Geology Symposium, 6-9 Şubat 2009, MTA Gn Md Kültür Sitesi, Ankara, sf: 146-153.
- Vithanage M, Rajapaksha AU, Oze C, Rajakaruna N, Dissanayake CB, 2014. Metal release from serpentine soils in Sri Lanka. *Environmental Monitoring and Assessment* 186(6):3415-3429.
- Vlamis J, Jenny H, 1948. Calcium Deficiency in Serpentine Soils as Revealed by Adsorbent Technique. *Science*, 107(2786): 549.
- Walker RB, 1948. A study of serpentine soil infertility with special reference to edaphic endemism. Univ. Calif., Berkeley, PhD thesis, 101 pp.
- Walker RB, Walker HM, Ashworth PR, 1955. Calcium-magnesium nutrition with special reference to serpentine soils. *Plant Physiology* 30: 214-21.
- Walkley A, Black A, 1934. An examination of the Degtjareff method for determining soil organic matter, and proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil Science* 37: 29-38.
- Zhang L, Angle JS, Chaney RL, 2007. Do high-nickel leaves shed by the nickel hyperaccumulator *Alyssum murale* inhibit seed germination of competing plants? *New Phytologist* 173(3): 509-516.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Ilgaz dağlarında farklı periglasyal şekiller üzerinde oluşmuş topraklara ait özelliklerin dehidrogenaz enzim aktivitesine etkisi

Rıdvan Kızılkaya^{1,*}, Volkan Dede², Orhan Dengiz¹, Abdurahman Ay¹

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 55139 Samsun

² Ardahan Üniversitesi, İnsani Bilimler ve Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Ardahan

Özet

Yapılan çalışmanın amacı, Ilgaz Dağlarının zirve kuşağında farklı yüksekliklerde gelişmiş periglasyal şekillerden girland ve taş kümesi üzerinde oluşmuş toprakların fiziko kimyasal özellikleri ve yükseltilerinin dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine olan etkilerinin belirlenmesidir. Bu amaçla 1943 m ile 2395 m yükseltiler arasında dokuz adet girland ve 2089 m ile 2380 m arasında altı adet taş kümesi oluşumu belirlenmiş ve bu noktalardan toplam 15 adet toprak örnekleme yapılmıştır. Girland üzerinde oluşan toprakların pH değerleri hafif asit ile hafif alkalin reaksiyon arasında değişmekte olup, ortalama 7.06'dır. Organik madde içerikleri çok fazla değişkenlik göstermekte olup, % 1.88 ile % 12.72 arasında değişmektedir. Toprakların genel bünye özellikleri kumlu kil tın, tın, killi tın şeklinde olup kil % 14.09 ile % 35.09 arasında, silt % 19.18 ile % 38.15 ve kum ise % 33.65 ile % 60.82 arasında değişmektedir. Taş kümelerinde oluşan topraklar ise girland topraklar gibi hafif asit ile hafif alkalin reaksiyonludur ve organik madde içerikleri %2.03 ile %12.24 arasında değişmektedir. Topraklar tın ve killi tın bünyelidirler. Dehidrogenaz aktivitesinin Girland üzerinde oluşan topraklarda 0.08-6.19 (ort. 0.95) $\mu\text{g TPF g}^{-1} 24\text{h}$ arasında, taş kümeleri üzerinde oluşan topraklarda 0.09-2.69 (ort. 1.31) $\mu\text{g TPF g}^{-1} 24\text{h}$ arasında değiştiği belirlenmiştir. Her iki şekile ait topraklarda agregat stabilite değerleri ve dehidrogenaz enzim aktivitelerinde yükseklik artışı ile azaldığı, toprakların organik madde içerikleri ile dehidrogenaz aktivitesi arasında önemli pozitif korelasyonların bulunduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Periglasyal şekiller, dehidrogenaz, girland, taş kümesi, toprak oluşumu.

Effect of soil properties formed on various periglacial shapes in Ilgaz Mountain on dehydrogenase enzyme activity

Abstract

The aim of this study is to examine the changes in dehydrogenase enzyme activity in different soils formed on garland and stone clusters periglacial shapes developed on different elevation of Ilgaz Mountain. For this purpose, nine garlands located at between 1943 m and 2395 m and six stone clusters formed between 2089 and 2380 m were determined and total 15 soil samples were collected from these shapes to detect their some physico-chemical properties and dehydrogenase enzyme activities. Garland soils have slightly acid and slightly alkaline reaction and mean value of pH is 7.06. Organic matter content showed high variation and changed between 1.88% and 12.72%. In addition soil texture of these soils are sandy loam, loam and clay loam and percent of clay, silt and sand changed as 14.09%-35.09%, 19.18%-38.15% and 33.65%-60.82%, respectively. Soil reaction of stone clusters soil showed similar with girland soils. They have also slightly acid and slightly alkaline soil reaction. While dehydrogenase enzyme activity was determined between 0.08-6.19 (mean 0.95) $\mu\text{g TPF g}^{-1} 24\text{h}$ in garland soils, 0.09-2.69 (mean 1.31) $\mu\text{g TPF g}^{-1} 24\text{h}$ was found in soils of stone cluster. Their organic matter varied between 2.03% and 12.24%. Their textures are also loam and clay loam. Finally, it was determined that aggregate stability and dehydrogenase enzyme activity of soils in both shapes decreased with increasing of elevation.

Keywords: Periglacial shapes, dehydrogenase, garland, stone cluster, soil formation

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Periglasyal, buzul örtülerinin bulunmadığı, buzul alanlarına yakın geniş soğuk iklim bölgelerinde donma etkinliğine bağlı olarak gerçekleşen süreçler ve bu süreçlerin yaygın görüldüğü alanları tanımlamak için

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 19 19

E-posta : ridvank@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 25 Eylül 2019

Kabul Tarihi : 5 Aralık 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668882

yaygın olarak kullanılan bir terimdir (Türkeş ve Öztürk, 2011). Genel itibariyle periglasyal süreçler, buzul çevresi bölgelerde işlemektedir. Periglasyal terimi ilk olarak Walery von Lozinski tarafından 1909 yılında ortaya atılmıştır. Lozinski bu terimi Avrupa'daki Karpat Dağları üzerinde bulunan kum taşlarının fiziksel ufalanmasını açıklamak için kullanmıştır (Lozinski, 1909). Periglasyal kuşaklar, Yerküre'de buzullaşmanın gerçekleşmediği soğuk iklim bölgelerine karşılık gelmektedir. Orta enlemlerde yüksek dağlık alanlar ile yüksek enlemlerde buzul çevresi bölgelerde periglasyal şekiller yaygın olarak görülmektedir. Periglasyal şekiller geçmiş dönemlere ait olan iklim koşullarının da kanıtları arasında yer almaktadır. Soğuk iklim koşulları altında gelişen periglasyal şekiller, günümüzde de devinim içerisinde. Bu kapsamda periglasyal süreçler de önem taşımaktadır. Son Buzul Maksimumu'ndan (20-30 bin yıl önce) beri günümüze kadar ortalama sıcaklıkların genel olarak artmasıyla periglasyal süreçlerin gelişiminde de değişim meydana gelmektedir. Periglasyal süreçlerin gelişiminde meydana gelen çok farklı şekillerden bazıları da girland ve taş çemberleridir. Türkeş ve Öztürk (2011) Uludağ periglasyal şekillerin geometrisine ilişkin yaptıkları çalışmada 236 girland ve 79 taş çember şeklinin uzunluk, genişlik ve yükseklik ölçümlerini yapmışlardır. Daha sonra, bunların tanımsal istatistikleri, aralarındaki korelasyonlar (ilişkiler) hesaplanmış ve bu ilişkileri nesnel olarak açıklayabilmek amacıyla grafiksel ve istatistiksel çözümler geliştirilmişlerdir. 1950 m ile 2510 m yükseklikler arasında bulunan bu şekillerin üzerinde oluşmuş toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerini incelemişlerdir.

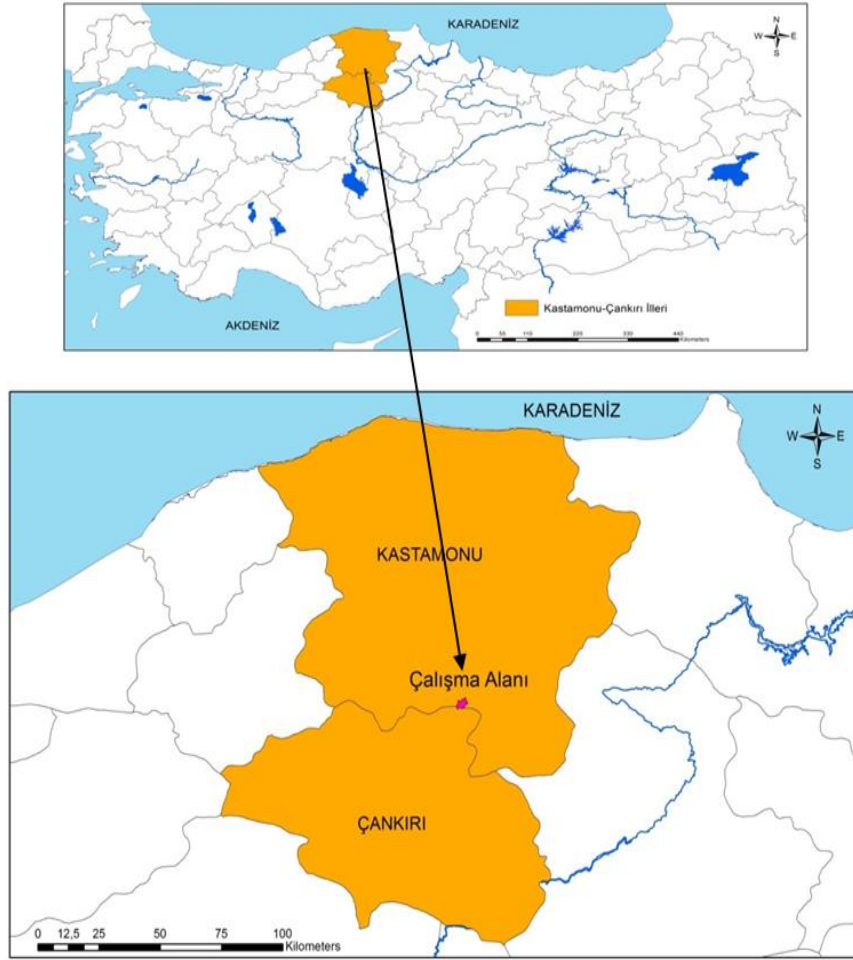
Toprak oluşumunda topografya, iklim, vejetasyon, ana materyal gibi çevresel faktörler içerisinde aktif role sahip olan toprak canlıları içerisinde önemli bir kısmını mikro organizmalar oluşturmaktadır. Toprakta yaşayan makro ve mikroorganizmaların özellikle organik maddelerin ve mineral-kayaçların parçalanmasında önemli rolleri bulunmakta ve bu canlılar bazen mekanik bazen de kimyasal etki meydana getirerek kayaç-mineralleri ayrıştırarak toprak oluşumuna yardımcı olmaktadır (Erkoçak ve Dengiz, 2019a). Dengiz ve ark. (2013), Kızılırmak nehrinin oluşturduğu farklı fluvyal arazi şekilleri üzerinde oluşmuş entisol ve inceptisol ordolarına ait topraklarda meydana gelen doğal agregatlarda mikrobiyolojik etkiler üzerine bir çalışma yapmışlardır. Toprakların gelişim ve olgunluk kazanmalarında strüktürel gelişmelere yönelik agregat oluşumu ve agregat büyüklüğü olduğu belirtilerek, elde edilen sonuçlara göre makro agregatların (> 250µm) Typic Haplustept topraklarda daha fazla olduğu bu durumda özellikle gözenek dağılımı ve miktarını arttırarak mikroorganizmaların faaliyetinde olumlu etki yaparak, toprak oluşumunda özellikle toprakların strüktürel gelişmesine olumlu yansıdığını belirtmişlerdir. Ayrıca mikroorganizmalar için diğer çevresel koşullardaki uygunluğun yanı sıra topraktaki organik maddenin gerek mikroorganizmalara ve gerekse de agregat oluşumuna önemli katkı yaptığını da belirttiktedirler. Bu nedenle, mikroorganizmalar gerek toprak açısından gerekse de bitkilerin beslenmesi yönünden çok önemli yer tutan bitki besin elementlerin kayaçlarda-minerallerden açığa çıkartmaları yönünden de önemlidirler. Toprakta gözlenen biyokimyasal reaksiyonlar mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilmektedir. Büyük çoğunluğu heterotrof olan toprak mikroorganizmaları, salgıladıkları enzimlerle inorganik-organik maddelerini içinde bulunan elemental bileşimlerine ayrılmasının yanı sıra protein, nişasta, selüloz, lignin ve fosfat esterleri gibi kompleks bileşikler bitkilerin alabileceği formlara da dönüştürmektedir (Jonasson ve ark., 1996).

Toprak mikrobiyal aktivitesinin belirlenmesi ve değerlendirilmesinde çok çeşitli deneysel analiz parametreleri kullanılmaktadır. Bunlardan en önemli ve yaygın kullanılan yöntemlerden birisi de dehidrogenaz enzim aktivitesinin belirlenmesidir. Dehidrogenaz aktivitesi, o toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir hücre içi (intraselüler) bir enzim olup (Skujins, 1973; Trevors, 1984), toprak mikroorganizmalarının oksidatif aktivitesinin toplam miktarını göstermektedir (Bolton ve ark., 1985; Rossel ve Tarradellas, 1991; Obbard, 2001). Başka bir ifadeyle; dehidrogenaz aktivitesi toprakların toplam mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde indikatör olarak kullanılan önemli bir enzimdir (Benefield ve ark., 1977; Nannipieri ve ark., 1990; Tabatabai, 1994; Masciandaro ve ark., 2000; Özdemir ve ark., 2018). Bu çalışma ile Ilgaz Dağları'nda farklı periglasyal şekiller (girland ve taş kümesi) üzerinde oluşmuş toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi ile yükselti arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve ele alınan bu parametrelerin toprak oluşumuna etkilerinin ortaya konulması amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Yeri ve Sınırları

Ilgaz Dağları, Batı Karadeniz Bölgesi'nde, Kastamonu ve Çankırı illeri, Kastamonu Merkez ve Çankırı Ilgaz ilçeleri sınırları içerisinde yer almaktadır. Çalışma alanı 558759- 4548060 doğu boylamları ile 563823-4544347 (UTM, Zone 36, m) kuzey enlemleri arasında bulunmaktadır.



Şekil 1. Çalışma alanı yer bulduru haritası

Çalışma alanı Ilgaz Dağı Milli Parkı sınırları içerisinde yer almaktadır. Alanın yaklaşık 778.93 ha ile Kastamonu, 337.75 hektarı da Çankırı il sınırları içerisinde olup, toplam 1117.54 ha'dan oluşmaktadır (Celilov ve Dengiz, 2019). Milli Park, Kastamonu'ya 40 km, Çankırı'ya 80 km, Ankara'ya 200 km, İstanbul'a ise 553 km uzaklıktadır. Milli Park'ın topografik yapısı, zengin orman ve bitki örtüsü, yüksek yaban hayatı potansiyeli, eşsiz manzara güzellikleri, zengin rekreasyon kaynakları, kış turizmi olanakları ve insan sağlığına faydalı atmosferi alanın ana kaynak değerlerini oluşturmaktadır (Anonim, 2009). Çalışma alanı topraklarının büyük çoğunluğu pedolojik gelişimin henüz başlarında olan ve her hangi bir yüzey altı tanı horizonu bulunmayan dolayısıyla genç olarak nitelendirilebilecek topraklar olup toprak taksonomisine göre Entisol ordosunada sınıflamışlardır. Topraklar eğimli ve sığ derinliğe sahip topraklardır. Bu toprakların yüzey altında 50 cm derinlik içerisinde bir lithic kontak dışında her hangi bir tanı horizonu bulunmamaktadır. Topraklar yamaç arazi üzerinde yer almaları nedeniyle orthent alt ordosuna sıcaklık rejiminden dolayı Cryorthent ve 50 cm derinliklerde ana kayaya ulaşılması nedeniyle Lithic Cryorthent alt ordosunda sınıflandırılmışlardır (Celilov ve Dengiz, 2019). Çalışma alanı içerisinde dağılım gösteren ana kayalar ise, kuzey doğu kesimlerinde genellikle kum taşı-çamur taşı-kireç taşı ardalanması görülürken, güneydoğu kısımlarında ise çoğunlukla fillitler yer almaktadır. Alanın kuzeydoğu güneybatı doğrultusunda yer alan kesitte ise kireç taşları bulunmaktadır. Ayrıca alanın güneydoğusunda ince bir şerit halinde de çakıl taşı-kumtaşı ve çamur taşı ardalanması yer almaktadır

Yöntem

Ilgaz Dağları zirvelerindeki periglasyal şekillerden 1943 m ile 2395 m yükseklikler arasındaki girdanlardan 9 adet ve 2089 m ile 2380 m yükseklikler arasında belirlenen taş kümlelerinden ise 6 adet toplam 15 adet toprak örneği alınmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvarında 2 mm elekten geçirildikten sonra bazı fiziksel, kimyasal ve biyolojik analizler yapılmıştır. Toprakların bünye analizi için (Bouyoucos, 1962), pH (1:2,5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), EC (1:2,5'lik toprak-su karışımında (Ülgen ve Yurtsever, 1995), organik madde (Jackson, 1958), kireç analizi (Ülgen ve Yurtsever, 1995) ve agregat

stabilitesi yoder tipi eleme setinde ıslak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Kemper ve Rosenau, 1986). Toprak örneklerinin dehidrogenaz aktiviteleri ise Pepper ve ark. (1995) tarafından bildirildiği şekli ile belirlenmiştir. Bu amaçla, toprak örneği üzerine glikoz ve % 3'lük TTC (2, 3, 5-triphenyltetrazolium chlorid) çözeltisinden ilave edilmiş ve 25 °C'de 24 saat inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon sonunda oluşan TPF (triphenylformazan) metanol ile ekstrakte edilmiş ve oluşan kırmızı rengin intensitesi standart TPF serisine karşılık 485 nm de spektrofotometrede belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar $\mu\text{g TPF g}^{-1}$ kuru toprak cinsinden ifade edilmiştir. Ayrıca, elde edilen bulgulara ait istatistiksel değerlendirmeler TARİST paket programında yapılmış ve Yurtsever (1984) tarafından öngörüldüğü şekli ile değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Toprakların fiziko-kimyasal özellikleri

İlgaz Dağları zirveler kuşağında yer alan periglasyal şekillerden girland ve taş kümesi şekillerin oluşumu tespit edilmiştir. Girlandların morfolojisini denetleyen temel etmenler, litoloji, yüksek eğim koşulları, girlandın gerisinde bulunan ayrışma ürünü ve döküntü tutarı ile ön cephede yer alan bitkinin özelliğidir. Girlandlar, çeşitli yükseltilerdeki yamaçlar ve sırtlar üzerinde, 2-40° arasında geniş bir eğim aralığında gelişme gösterirken, çemberlerin zirveler arasında bulunan düz ve düze yakın (0-10°) alanlar üzerinde geliştiği görülür. Öte yandan, girlandların oluşumunda birçok alpin bitki türü etkili iken, çemberlerin oluşmasında yalnız iki yumak otu türü etkilidir (Türkeş ve Öztürk, 2011).

Bu kapsamda 9 girland ve 6 adet taş kümesinden olmak üzere toplam 15 adet toprak örneği alınmıştır. Bu şekillere ait toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ve tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1 ve Çizelge 2 de verilmiştir. Tanımlayıcı istatistikte ortalama standart sapma, değişkenlik katsayısı, varyans, en düşük ve en yüksek değerler, çarpıklık ve basıklık özellikler değerlendirmeye alınmıştır.

Çizelge 1. Girlandlardan alınan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Parametreler	Ort.	Std. Sapma	Değişkenlik Katsayısı*	Varyans	Min.	Maks.	Çarpıklık**	Basıklık
pH	7,06	0,32	1,05	10,11	6,26	7,31	-2,27	5,59
Elektriksel İlet. (EC), dSm^{-1}	0,34	0,14	0,49	0,02	0,20	0,68	1,90	4,26
Organik Madde, %	6,46	3,18	10,84	59,22	1,88	12,72	0,74	0,83
CaCO ₃ , %	14,66	19,37	60,55	38,23	0,35	61,29	2,18	4,80
Ca, meq/100 gr	17,80	10,95	31,24	0,00	2,96	34,20	-0,27	-1,13
Mg, meq/100 gr	17,67	9,78	30,22	0,28	4,99	35,21	0,22	-0,24
Na, meq/100 gr	0,53	0,07	0,22	461,16	0,43	0,65	0,30	-1,01
K, meq/100 gr	0,82	0,53	1,50	0,21	0,21	1,71	0,75	-0,54
Kil, %	25,82	7,69	21,00	57,94	14,09	35,09	-0,40	-1,21
Silt, %	28,12	6,18	18,97	120,11	19,18	38,15	0,31	-0,90
Kum, %	46,04	7,61	27,17	95,81	33,65	60,82	0,43	1,25
Agregat Stabilitesi, %	44,71	21,47	55,56	10,11	23,20	78,76	0,74	-1,26
Dehidrogenaz Akt. ($\mu\text{g TPG g}^{-1}$)	0,95	1,97	6,12	375,40	0,08	6,19	2,94	8,73

*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

**Çarpıklık: < | $\mp 0,5$ | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Çalışma alanından girlandlardan alınan 9 toprak örneğinde 13 farklı özellik incelenmiş ve bu özelliklerin tanımlayıcı istatistiksel hesaplamaları yapılmıştır. Girland toprakları hafif asit ile hafif alkali reaksiyon arasında değişmekte olup ortalama pH değerleri 7.06 dır. Organik madde değerleri çok fazla değişkenlik göstermekte olup, % 1.88 ile % 12.72 arasında değişmektedir. Bu durum girlandların alan içerisinde 1943 m ile 2395 m arasındaki yükseklik aralığında olması ve bakı özelliğinden kaynaklanıyor olabilir. Yükseklik arttıkça toprak organik maddesinde azalma eğilimi olduğu belirlenmiştir. Kireç, benzer şekilde değişkenliği oldukça yüksek olup % 0.74 ile % 61.29 arasında değişmektedir. Bu durum ise gerek yıkanmanın etkisi gerekse de ana kayanın kimyasal özelliğinden kaynaklanmaktadır. Topraklar içerisinde hakim katyon Ca^{+2} iyonu olup arkasından Mg^{+2} iyonu gelmektedir. Toprakların genel bünye özellikleri kumlu killi tın, tın, killi tın şeklinde olup kil % 14,09 ile % 35,09 arasında, silt % 19,18 ile % 38,15 ve kum ise % 33,65 ile % 60,82 arasında değişmektedir. Bu şekillere ait topraklarda dikkati çeken diğer bir özellik ise yükseklik artışı ile agregat stabiliteilerinin azalmasıdır. Agregat stabilitesi gerek toprakların yapısal gelişimlerinde gerekse de erozyona karşı dirençlerinde önemli bir faktördür (Kanar ve Dengiz, 2015). Organik madde artışı agregat oluşumuna önemli katkı yapmaktadır (Gülser ve ark., 2015; Gülser 2018). Tunçay ve Dengiz (2017) organik maddelerin agregatların oluşumu üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve bu durumun organik

materyalin etkisiyle meydana gelmiş agregatların toprağın diğer kısımlarına oranla daha yüksek karbon içeriğine sahip olması ile açıklanabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, [Özbek ve ark. \(1993\)](#) uzun süreli organik gübreleme ile büyük agregatların (> 0,5 mm) oranının artacağını bildirmiştir. Bu durum çalışmada yükseklik artışı ile gerek organik maddede ve kısmen de olsa kil miktarında azalma gerekse de yükseklerde yüksek sıcaklık değişimlerinin agregat oluşumunun engellenmesinden kaynaklanmakta olduğu düşünülmektedir. Ayrıca, Çizelge 1 incelendiğinde çarpıklık katsayıları Ca, Mg, Na, kil, silt ve kum normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak pH negatif (sola) çarpıklığa sahipken, diğer normal dağılmayan özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. [Wilding \(1994\)](#), toprak özelliklerindeki değişimlerin açıklanmasında önemli bir gösterge olarak kabul edilen değişkenlik katsayısını, aldığı değerlere göre düşük (< % 15), orta (% 15-35) ve yüksek (> % 35) olarak sınıflandırmaktadır ([Mallants ve ark., 1996](#)). Buna göre çalışma alanında CaCO₃, ve agregat stabilitesi (AS) yüksek değişkenliğe sahip, kil, silt ve kum orta değişkenlikte diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir.

Çalışma alanından taş kümesinden alınan 6 toprak örneğinde fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ve tanımsal istatistiksel değerleri ise Çizelge 2' de verilmiştir. Çizelge 2 incelendiğinde çarpıklık katsayıları EC, Mg, kil, silt, AS ve dehidrogenaz enzim aktivitesi normal dağılım sergilerken diğer özellikler ise normal dağılımdan uzaktır. Normal dağılımdan uzak pH ve OM negatif (sola) çarpıklığa sahipken diğer normal dağılmayan özellikler ise pozitif (sağa) çarpıktır. Buna göre çalışma alanında AS yüksek değişkenliğe sahip, CaCO₃, Ca, Mg, kil, silt ve kum orta değişkenlikte diğer toprak özellikleri ise düşük değişkenliktedir. Taş kümelerinin bulunduğu yükseklikler gırlandlardan biraz daha yüksekte başlayıp 2089 m ile 2380 m arasında dağılım göstermektedir. Gırlandlarda olduğu gibi taş kümelerinden alınan toprak örnekleri de hafif asit ile hafif alkali reaksiyon arasında değişmekte olup ortalama pH değerleri 7.01'dir. Organik madde burada da yükselti ile birlikte azalma göstermekte ve % 2.03 ile % 12.24 arasında değişmektedir. Benzer şekilde kireç miktarı taş kümelerinde de çok fazla değişkenliğe sahip olup % 0.32 ile % 32.80 arasında değişmektedir. Bazik katyonlar içerisinde Ca hakim iyon olmasının yanı sıra bazik katyonlar diğer şekillere ait topraklardan daha yüksek değerlerde bulunmuştur. Topraklar tın ve killi tın bünyeli olup kil % 12.55 ile % 34.63, silt % 27.07 ile % 44.37 ve kum ise % 30.82 ile % 55.51 arasında değişmektedir. Toprakların agregat stabilitesi yine yükseklik artışı ile azalma olduğu belirlenmiş olup, 2380 m yükseklikte % 10.18 ile en az ve 2188 m de ise % 53.80 en fazla olarak belirlenmiştir.

Çizelge 2. Taş kümelerinden alınan toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri.

Parametreler	Ort.	Std. Sapma	Değişkenlik Katsayısı*	Varyans	Min.	Maks.	Çarpıklık**	Basıklık
pH	7,01	0,35	1,07	0,12	6,39	7,46	-1,04	2,56
Elektriksel İlet. (EC), dSm ⁻¹	0,32	0,10	0,26	0,01	0,21	0,47	0,02	-0,82
Organik Madde, %	8,03	3,72	10,21	13,87	2,03	12,24	-0,69	-0,08
CaCO ₃ , %	12,73	14,01	29,48	196,38	0,32	32,80	1,00	-1,65
Ca, meq/100 gr	24,76	12,21	31,76	149,32	12,99	44,75	0,98	-0,18
Mg, meq/100 gr	18,45	7,85	21,09	61,71	7,74	28,83	-0,03	-1,22
Na, meq/100 gr	0,54	0,14	0,41	0,02	0,38	0,79	0,78	0,75
K, meq/100 gr	0,59	0,32	0,91	0,10	0,26	1,17	1,23	1,67
Kil, %	22,75	9,30	22,08	86,64	12,55	34,63	0,14	-2,35
Silt, %	36,28	6,21	17,30	38,58	27,07	44,37	-0,11	-0,31
Kum, %	40,96	10,28	24,69	105,71	30,82	55,51	0,48	-1,78
Agregat Stabilitesi, %	31,54	15,96	43,62	253,35	10,18	53,80	0,16	-0,84
Dehidrogenaz Akt. (µg TPG g ⁻¹)	1,31	1,14	2,60	1,31	0,09	2,69	0,24	-1,86

*Değişkenlik Katsayısı: < 15 = Düşük Değişkenlik, 15-35 = Orta Değişkenlik, >35 = Yüksek Değişkenlik

**Çarpıklık: < | \neq 0,5 | = Normal Dağılım, 0,5- 1,0 = Veri setine karakter dönüşümü uygulanır. ÇK > 1,0 → Logaritma dönüşümü uygulanır.

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesinin Toprakların Bazı Fiziko-kimyasal Özellikleri ve Yükselteleri ile İlişkileri

Dehidrogenaz enzim aktivitesinin periglasyal şekillerden gırland ve taş kümesi şekilleri üzerinde oluşumu toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve yükselteleri ile ilişkilerine yönelik istatistiksel sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre dehidrogenaz aktivitesi ile toprak organik madde kapsamı arasında önemli pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Bu durum, gırland ve taş kümesinde toprak organik madde seviyesindeki artışların dehidrogenaz aktivitesini önemli oranda artışına sebep olduğunu ortaya koymaktadır. Topraklara ilave edilen organik maddelerin bu topraklardaki dehidrogenaz aktivitelerini

önemli oranda artırdığına ait pek çok çalışma bulunmaktadır (Manna ve ark., 1996; Okur ve ark., 2007). Aynı şekilde, De Luca ve Keeney (1993), Leiros ve ark. (2000) ve Kızılkaya ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmalarda toprakların organik madde içerikleri ile dehidrogenaz aktivitesi arasında önemli pozitif korelasyonların bulunduğu da saptanmıştır. Aynı zamanda, araştırma konusu toprakların dehidrogenaz aktiviteleri ile arazi yüksekliği ile ilişkili olduğu saptanmış, fakat arazi yüksekliği ile dehidrogenaz aktivitesi arasında negatif korelasyonlar saptanmıştır. Bu ise, arazi yüksekliği artışına bağlı olarak dehidrogenaz aktivitesinin azaldığını, bu azalışın ise taş kümesinde daha dramatik olarak ortaya çıktığını göstermektedir. Erkoçak ve Dengiz (2019b) Samsun ili Bafra-Engiz ilçesinde yaptıkları çalışmada bazaltik ana materyal ve farklı topografik pozisyon (kuzey-güney kesit) üzerinde pedolojik gelişim gösteren toprakların dehidrogenaz enzim aktivitelerini incelemişlerdir. Elde ettikleri sonuca göre, taban arazide (25 m yükseklik) yer alan toprakların dehidrogenaz enzim aktivitelerinin tepe düzlüğü üzerinde (190 m yükseklik) gelişim gösteren topraklardan daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir.

Çizelge 3. Dehidrogenaz enzim aktivitesinin toprakların bazı fiziko-kimyasal özellikleri ve yükselti arasındaki ilişki.

Parametreler	Girland	Taş kümesi	Toplam
pH	0,152	-0,795*	-0,117
Elektriksel İletkenlik (EC), dSm ⁻¹	-0,024	0,587	0,091
Organik Madde, %	0,781**	0,846**	0,760
CaCO ₃ , %	-0,182	-0,828*	-0,318
Kil, %	0,476	-0,497	0,466
Silt, %	0,390	0,060	0,302
Kum, %	0,165	0,413	0,185
Agregat Stabilitesi, %	0,409	0,375	0,336
Yükseklik, m	-0,436	-0,932**	-0,476*

Sonuç

Ilgaz Dağlarının zirve kuşağında farklı yüksekliklerde gelişmiş periglasyal şekillerden olan girland ve taş kümesi üzerinde oluşmuş toprakların dehidrogenaz enzim aktivitelerinin toprakların fiziko-kimyasal özellikleri ve yükselteleri ile olan değişimlerinin belirlenmesi amacıyla yapılan bu çalışmada; Girland toprakları ile taş kümelerinin bünye, pH ve organik madde gibi fizikokimyasal özelliklerinin geniş bir varyasyon gösterdiği belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizleri sonucunda ise, hem Girland topraklarında hem de taşkümelerinde toprakların dehidrogenaz aktivitesi ile toprak organik madde içerikleri arasında önemli pozitif korelasyonların bulunduğu, yükseklik ile dehidrogenaz aktivitesi arasında ise önemli negatif korelasyonların bulunduğu saptanmıştır.

Teşekkür

Yazarlar, çalışmayı 2019-001 numaralı proje ile destekleyen Ardahan Üniversitesi, Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü'ne içtenlikle teşekkür eder.

Kaynaklar

- Anonim, 2009. Ilgaz dağı milli parkı ölçekli uzun devreli gelişme planı. Çevre ve Orman Bakanlığı Doğa Koruma ve Milli Parklar Genel Müdürlüğü, Milli Parklar Dairesi Başkanlığı.
- Benefield CB, Howard PJA, Howard DM, 1977. The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 6, 67-70.
- Bolton H, Elliott LF, Papendick RI, Bezdicek DF, 1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: effect of fertilization and cropping practices. *Soil Biology and Biochemistry* 17, 297-302.
- Bouyoucos GJ, 1962. Hydrometer method improved for making particle size analysis of soils. *Agronomy Journal* 54, 464-465.
- Celilov C, Dengiz O, 2019. Erozyon duyarlılık parametrelerinin farklı enterpolasyon yöntemleriyle konumsal dağılımlarının belirlenmesi: Türkiye, Ilgaz milli park toprakları. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 6, 242-256.
- De Luca TH, Keeney DR, 1993. Soluble antrone-reactive carbon in soils: effect of carbon and nitrogen amendments. *Soil Science Society America Journal* 57, 1296 - 1300.
- Dengiz O, Kızılkaya R, Erkoçak A, Durmuş M, 2013. Variables of microbial response in natural soil aggregates for soil characterization in different fluvial land shapes. *Geomicrobiology Journal* 30, 100-107.
- Erkoçak A, Dengiz O, 2019a. Yarı nemli ılıman iklim koşullarında farklı eğim ve farklı arazi örtüsü altında toprak gelişimi ve β-glikosidaz enzim aktivitesi değişimi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 7(1), 21- 27.
- Erkoçak A, Dengiz O, 2019b. Variation of dehydrogenase enzyme activity and different pedogenetic development on weathered basaltic toposequences. *Black Sea Journal of Agriculture* 1(4), 127-132.

- Gülser C, Candemir F, Kanel Y, Demirkaya S, 2015. Effect of manure on organic carbon content and fractal dimensions of aggregates. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(1): 1-5.
- Gülser, C. 2018. Predicting aggregate stability of cultivated soils. *Journal of Scientific and Engineering Research* 5(11): 252-255.
- Jackson ML, 1958. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA. 498p.
- Jonasson S, Michelsen A, Schmidt IK, 1996. Microbial biomass C, N and P in two arctic soils and responses to addition of NPK fertilizer and sugar: Implications for plant nutrient uptake. *Oecologia* 106, 507-515.
- Kanar E, Dengiz O, 2015. Madendere havzası topraklarında arazi kullanım/arazi örtüsü ile bazı erozyon duyarlılık indeksleri arasındaki ilişkinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 2, 15-27.
- Kemper WD, Rosenau RC, 1986. Aggregate stability and size distribution, In: Methods of Soil Analysis Part 1 Physical and Mineralogical Methods. 2nd Edition, Klute, A., (Ed). American Society of Agronomy,-Soil Science Society of America. Madison, Wisconsin, USA. pp. 4225-442.
- Kızılkaya R, Aşkın T, Bayraklı B, Sağlam M, 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology* 40, 95-102.
- Leirós MC, Trasar-Cepeda C, Seoane S, Gil-Sotres F, 2000. Biochemical properties of acid soils under climax vegetation (Atlantic oakwood) in an area of the European temperate-humid zone (Galicia, NW Spain): General parameters. *Soil Biology and Biochemistry* 32, 733-745.
- Lozinski W, 1909. Über die mechanische Vermittlung der Sandsteine im gemässigten klima, Bulletin International de l'Academie des Sciences de Cracovie class des Sciences Mathematique et Naturalles, 1, 1-25.
- Manna MC, Kundu S, Singh M, Takar PN, 1996. Influence farmyard manure on dynamics of microbial biomass and its turnover and activity of enzymes under a soyabean-wheat system on a typic haplustert. *Journal of The Indian Society of Soil Science* 44(3), 409-412.
- Masciandaro G, Ceccanti B, Ronchi V, Bauer C, 2000. Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilisers. *Biology and Fertility of Soils* 32, 479-483.
- Nannipieri P, Grego S, Ceccanti B, 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: Soil Biochemistry. Bollag JM, Stotzky G (Eds.), vol. 6. Dekker, New York, USA, pp. 293-355.
- Obbard JP, 2001. Measurement of dehydrogenase activity using 2-piodophenyl-3-p-nitrophenyl-5-phenyltetrazolium chloride (INT) in the presence of copper. *Biology and Fertility of Soils* 33, 328-330.
- Okur N, Kayıkçıoğlu HH, Tuñç G, Tüzel G, 2007. Organik tarımda kullanılan bazı organik gübrelerin topraktaki mikrobiyal aktivite üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 44(2), 65-80.
- Özbek H, Kaya Z, Gök M, Kaptan H, 1993. Toprak bilimi kitabı. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16, ss: 77-119, Adana.
- Özdemir N, Gülser C, Kızılkaya R, Kop Durmuş Ö, Ekberli İ, 2018. Farklı pH Değerlerine Sahip Topraklarda Düzenleyici Uygulamalarının Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi Üzerine Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 49(1), 21-27.
- Pepper IL, Gerba CP, Brendecke JW, 1995. Environmental microbiology: a laboratory manual. Academic Press, Inc. New York, USA.
- Rossel D, Tarradellas J, 1991. Dehydrogenase activity of soil microflora: significance in ecotoxicological tests. *Environmental Toxicology and Water Quality* 6(1), 17-33.
- Skujins J, 1973. Dehydrogenase: An indicator of biological activities in arid soil. *Bulletin Ecological Communication (Stockholm)* 17, 97-110.
- Tabatabai MA, 1994. Soil enzymes. In: Methods of Soil Analysis, Part 2 Microbiological and Biochemical Properties. Mickelson SH, Bighan JM (Eds.), Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA, pp. 775-826.
- Trevors JT, 1984. Dehydrogenase activity in soil. A comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry* 16, 673-674.
- Tunçay T, Dengiz O, 2017. Yarı nemli ılıman iklim koşullarında farklı eğim ve farklı arazi örtüsü altında toprak gelişimi ve agregat stabilitesi değişimi. *Toprak Su Dergisi* 6(1), (36-43).
- Türkeş M, Öztürk MZ, 2011. Uludağ'da Gırland ve çember oluşumları. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 9(2), 239-257.
- Ülgen AN, Yurtsever N, 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Tarım Orman ve Köyşleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
- Wilding LP, Bouma J, Goss DW, 1994. Impact of spatial variability on interpretive modeling. In: Quantitative modeling of soil forming processes (Vol. 39). Bryant RB, Arnold RW (Eds). SSSA Special Publication, Madison, USA. p. 65-75.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel istatistik metodları. Tarım, Orman ve Köyşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara. s.623.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Şeker pancarı yapraklarında azot durumunun spektral diskriminant analizi ile belirlenmesi

Mert Dedeoğlu ^{1,*}, Levent Başayığıt ², Murat Erişoğlu ³

¹ Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Konya

² Isparta Uygulamalı Bilimler Ün., Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fak., Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

³ Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi, İstatistik Bölümü, Konya

Özet

Bu çalışmada ülkemiz için stratejik öneme sahip şekerpancarı bitkisinin yaprak %N sınıflarının belirlenmesine yönelik hiperspektral yansımalar kullanılarak bir yöntem geliştirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla 3 farklı vejetasyon evresini temsil eden noksan, yeter ve fazla N içerikli Hoagland sölüsyonları (Hoagland ve Arnon, 1938) ile 72 deneme bitkisi kontrollü sera şartlarında, perlit ortamında yetiştirilmiş, spektrometre ile 400-1000 nm arası spektral ölçümler ve %N tayini için yaprak örneklemeleri yapılmıştır. Şekerpancarı yapraklarında farklı dönem ve dozlarla ilişkili dalgalıların belirlenmesinde stepwise çoklu regresyon analizi uygulanmış ve belirlenen 48 farklı dalgalıyı yansıma değerinden temel bileşenler analizi ile toplam varyansa en yüksek katkıyı sağlayan 5 dalgalı (474-517-652-721-961 nm) model için seçilmiştir. Belirlenen dalgalıyı kullanarak kodlanan Karesel Diskriminant Analiz (KDA) modeli 72 bitkiyi %92 doğrulukla gerçek sınıflarına (N_{Noksan} ; %92, N_{Yeter} ; %88 ve N_{Fazla} ; %96) atamıştır. Modelin validasyonu için kullanılan 36 test verisinin %89 doğrulukla %N sınıflarına (N_{Noksan} ; %91, N_{Yeter} ; %85 ve N_{Fazla} ; %92) ayrımı yapılmış ve seçilen dalgalılarından olan spektral yansımaların KDA modeli ile farkı vejetasyon dönemleri için şekerpancarı azotlu gübreleme ihtiyacının tespitinde kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucu spektral veriler ile bitki besin durumunun belirlenmesine yönelik çalışmalara diskriminant modellerinin kullanımı için umut verici bulgular elde edilmiş ve KDA modelinin farklı bitki türü ve besin elementleri için kurgulanacak deneme desenlerinde kullanılarak geliştirilmesi önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Azot, hiperspektral yansıma, karesel diskriminant, spektrometre.

Determination of sugar beet nitrogen status by spectral discriminant analysis

Abstract

In this study, it is aimed to develop a method by using hyperspectral reflections to determine the leaf N% status of sugar beet which is strategically important for our country. For this purpose, 72 experimental plants were grown in controlled greenhouse conditions and perlite environment with Hoagland solutions with deficient and excess N content representing 3 different vegetation stages, then spectral measurements were taken between 400-1000 nm by spectroradiometer and leaf samples were collected for determination of N%. Stepwise multiple regression analysis was applied to determine the wavelengths associated with different periods and N doses in sugar beet leaves and 5 wavelengths (474-517-652-721-961 nm) were selected for the highest contribution to the total variance from the 48 different wavelength reflection values. The Quadratic Discriminant Analysis (QDA) model, which was coded using determined wavelengths, assigned 72 plants to their real classes ($N_{\text{Deficient}}$; 92%, $N_{\text{Sufficient}}$; 88% and N_{Excess} ; 96%) with 92% accuracy. The 36 test data used for validation of the model were discriminated into 89% N classes ($N_{\text{Deficient}}$; 91%, $N_{\text{Sufficient}}$; 85% and N_{Excess} ; 92%) with 89% accuracy, and it was determined that using QDA model with spectral reflections of the selected wavelengths can be used to detect for sugar beet N demand during different vegetation stages. As a result of the research has been obtained encouraging findings for the use of discriminant models to the studies on determination of plant nutritional status by spectral data and we was proposed that the QDA model should be developed using different plant species and nutrients on the experimental designs.

Keywords: Hyperspectral reflectance, nitrogen, quadratic discriminant, spectroradiometer

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Ülkemiz için şekerpancarı, gıda güvenliğinin sağlanması başta olmak üzere ithal kamış şekerine bağlı kalmaksızın yurt içi tüketimin, yurt içinde üretilen şeker ile karşılanması, katma değer sağlanması, istihdam sunması ve köyden göçü engelleyici özelliği nedeniyle stratejik bir üründür. Ülkemizde yaklaşık 500 bin

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 530 416 00 06

E-posta : mdedeoglu@selcuk.edu.tr

Geliş Tarihi : 20 Eylül 2019

Kabul Tarihi : 7 Kasım 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668890

çiftçi ailesi pancar tarımı ile geçimini sağlarken, şeker fabrikalarında daimî ve mevsimlik olarak yaklaşık 30.000 kişi istihdam edilmektedir. Türkiye’de yaklaşık 330.000 ha alanda pancar ekimi yapılmakta ve ortalama 6.10 ton verim elde edilmektedir. Bu istatistiklere en büyük katkısı Konya ili sağlamaktadır. Konya ili, 173 köy de 306.240 da şeker pancarı ekimi yapılan arazisi ile 54 il arasında en büyük alana sahip olup ortalama 6.88 ton/da verim elde edilmektedir. (Anonim, 2018). Tüm bitkisel yetiştiriciliklerde olduğu gibi şeker pancarı verim ve kalitesi ile mutlak gerekli besin elementlerinin yetiştirme ortamındaki yeterli ve dengeli oranları paralellik göstermektedir. Pancar yetiştiriciliği için de karbon, hidrojen ve oksijenden sonra en önemli element azottur (Gezgin ve ark., 1999). Azot başta klorofil pigmenti olmak üzere proteinler, nükleik asitler, amino asitler ve hücre bileşenlerinin yapısında, bitki gelişim sürecini düzenleyen ve katalize eden çeşitli enzimatiklerden, bitki parazit ve hastalıklarına karşı direnç arttırıcı kimyasal bileşenlerin oluşumuna kadar pek çok metabolik işlevde anahtar rol oynamaktadır (Sinfield ve ark., 2010). Ancak bitki verim ve kalitesi ile doğrudan ilişkili olan azotun toprak içeriğindeki miktarına dayanılarak nitelikli ve bol ürün alınması pancar yetiştiriciliği için olası değildir. Nitekim farklı dozda azotlu gübre uygulamalarının şekerpancarının verim ve kalitesine etkilerinin araştırılması sonucu azot noksanlığında kök sistemi gelişiminin, verimin ve şeker sentezinin azaldığı belirtilmiştir (Gezgin ve ark., 2001). Bu nedenle vejetasyon dönemi içerisinde belli aralıklarla ve yeterli dozlarda azotlu gübrelerin toprağa uygulanması gerekmektedir. Azotlu gübrelerde azot nitrat (NO_3^-), amonyum (NH_4^+) ve üre ($\text{CH}_4\text{N}_2\text{O}$) formunda bulunup ülkemizde ve dünyada en fazla tüketilen gübrelerdir (Eyüpoğlu, 2002). Ancak toprağa sonradan ilave edilen tüm kimyasal maddelerde olduğu gibi azotlu gübrelerinde hem yetiştirici maliyeti hem de çevresel faktörler açısından bilimsel esaslara dayanarak kontrollü bir şekilde uygulanması gerekmektedir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010). Azotun litosfer ve atmosfer içerisinde tüm canlı yaşantısına etkilerine karşın bitkiler için vazgeçilmez bir besin elementi olması, etkin azotlu gübre uygulamalarının bitkiler için optimum seviyede, çevre için asgari düzeyde yapılmasını zorunlu kılmaktadır. Bu nedenlerden ötürü bitkilerde azot seviyesinin belirlenmesine yönelik pratik, hızlı, tahrip edici olmayan ve çevre dostu metotlar araştırılmaktadır (Demotes ve ark., 2008). Bu amaçla klorofil ve polifenoller gibi bazı yaprak pigmentlerinin elektromanyetik spektrumun görünür – yakın kızılötesi dalga boylarındaki yansıma özelliklerini kullanan tarımsal amaçlı uzaktan algılama çalışmaları yürütülmekte (Vigneau ve ark., 2011) ve geleneksel olarak uygulanmakta olan laboratuvar analizlerine bir alternatif olduğu belirtilmektedir (Kostrzewski ve ark., 2002; Wójtowicz ve ark., 2016; Başayigit ve ark., 2017). Bitki azot noksanlığına dayalı stres koşullarının erken dönemde belirlenebilirliğine yönelik bu yaklaşım ilgi görmektedir (Maimaitiyiming ve ark., 2017). Bitki stresi, biyotik veya abiyotik faktörlerin bitkilerde ayrı ayrı ya da birlikte olumsuz şekilde fizyolojik ve metabolik değişimlere yol açmasıdır. Stres faktörleri büyümeyi ve gelişmeyi gerileterek üründe nitelik ve niceliğin yitmesine, daha ileri aşamalarda bitkinin ve bitki organlarının yaşantısını yitirmesine neden olmaktadır (Kacar ve ark., 2002). Bitki besin elementi stresi de önemli abiyotik etmenlerden biri olan ve uzun yıllardır araştırmacılar tarafından çalışılan bir konudur (Ayala-Silva ve Beyl, 2005; Başayigit ve ark., 2017). Besin elementi noksanlığı veya toksitesi durumunda özellikle bitki yapraklarında arazide yorumlanabilen klorozlar meydana gelmekte ancak klorozun algılanması kişiye göre değişmekte ve klorozun kaynağı kişinin tecrübesine göre tespit edilebilmektedir. Bu tür morfolojik gözlemler yetiştirici bazında sayısal verilere dayandırılmadan gübre uygulamaları ile giderilmeye çalışılmakta, bu durumda gereksiz gübre kullanımı kaynaklı toprak tuzlulaşması, su kirliliği, bitkilerde madde yığılımı ve ekonomik kayıplar meydana getirmektedir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010). Direk ya da dolaylı yoldan tüm canlı yaşantısını olumsuz etkileyen bu sebeplerden dolayı besin elementi stres koşullarının bitki üzerinde klorozlar meydana gelmeden erken teşhis edilebilirliği uzaktan algılama çalışmalarının da önemli bir dalı olmuştur (Jackson, 1986; Bagheri ve ark., 2012; 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; Başayigit ve ark., 2017). Yersel ölçüm teknikleri yeşil aksamın belli bir yükseklikten (canopy) ya da direk bitki dokusu ile temas edilerek hiperspektral algılama yeteneğine sahip, elle taşınabilen spektrometreler veya dijital kameralar kullanılarak yansıma ölçümlerinin yapılmasını kapsamaktadır (Jackson, 1986). Bu tekniklerden elde edilen yansıma değerleri ile bitki besin elementi içerikleri arasında pozitif yönlü yüksek korelasyon olduğu bilinmektedir (Ayala-Silva ve Beyl, 2005; Wójtowicz ve ark., 2016). Nitekim azotlu gübrelerle toprağa uygulanan farklı miktarlardaki azotun şeker pancarı bitkisi tarafından alınımı yersel hiperspektral kamera ile araştırılmış ve hiperspektral görüntüler ile bireysel olarak değerlendirilen şeker pancarı bitkilerinin yaşlı yapraklarında düşük, genç yapraklarında yüksek azot içeriğine sahip olduğu PLS regresyon analizi kullanılarak ($\text{RMSECV} = 1.72 \text{ G/KG}$; $\text{PLS-R}^2 = 0.86$) modellenmiştir. Aynı zamanda hiperspektral kameralar ile bitkide azot dağılımının haritalanabileceği bildirilmiştir (Jay ve ark., 2014). Benzer olarak Çin de kışık

buğday bitkisinin azot seviyesi ile hiperspektral yansıma ölçümlerinden hesaplanan RVI (red vegetation index) değerleri arasında $r^2 = 0.79$ oranında ilişki belirlenmiş ve kışlık buğdayın azot durumunun tahmininde RVI' nin kullanılabilir olduğu bildirilmiştir (Li ve ark., 2008). Buğday bitkisine ait hiperspektral yansıma ölçümlerinin 40 farklı vejetasyon indislemesi sonucu elde edilen değerlerin N konsantrasyonlarını farklı oranda tahmin edebildiğini, özellikle kırmızı-kenar (red edge) dalga boyu yansımaları kullanan indislerin yüksek doğrulukta ($r^2 = 0.87$) tahminler yaptığı rapor edilmiştir (He ve ark., 2013). Yapılan araştırmalar ve elde edilen bulgular incelendiğinde yersel hiperspektral teknikler ile bitkilerin azot durumlarının tahminine yönelik indis ve modelleme çalışmaları güvenilir sonuçlar vermektedir (Fitzgerald ve ark., 2010; Eitel ve ark., 2011) Ancak araştırmalarda besin elementi içerik konsantrasyonlarının belirlenmesinde ürüne özgü modeller geliştirilmesi için farklı bitki desenlerinde yersel hiperspektral ölçüm teknikleri uygulanarak daha fazla çalışmalar yürütülmesi gerekliliği ortaya konulmaktadır (Haboudane ve ark., 2008; Fitzgerald ve ark., 2010; Mee ve ark., 2017).

Bu araştırma ile Konya ovası ve ülkemiz 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 elementinin şeker pancarı yapraklarında noksan-yeter-fazla sınıflarının hiperspektral yansıma ölçümleri kullanılarak erken dönemde belirlenmesine yönelik bir metot çalışması yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Sera denemesi

Çalışma şeker pancarı yapraklarında noksan, yeter ve fazla seviyede azot beslenmesinin kontrol edilebilir olması için perlit kullanılarak, 3 farklı seviyede N içeren Hogland (Hogland ve Arnon, 1938) besin solüsyonları ile 260 m² büyüklüğünde S.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Bilgisayar Kontrollü Serasında saksı denemesi kurularak yürütülmüştür. Topraksız kültürde su ve besin içeriği en kolay kontrol edilebilen materyal olan perlitin kimyasal özellikleri açısından besin maddesi içermediği ve bu sayede kontaminasyonların engellenerek planlanan besin elementi içeriklerinin besin solüsyonu uygulamaları ile yapraklarda oluşturulabildiği bilinmektedir (Alpaslan ve ark., 2005). Bu nedenle şeker pancarı yetiştiriciliği perlit ortamında yapılmıştır. Şeker pancarı yapraklarında farklı N sınıflarının oluşturulabilmesi için uygulanacak besin solüsyonlarının N konsantrasyonları ön deneme çalışması ile belirlenmiş ve N_{NOKSAN} için 10 ppm, N_{YETER} için 60 ppm ve N_{FAZLA} için 200 ppm saf azot uygulamaları ile Jones ve ark. (1991) göre şeker pancarı yapraklarında kritik %N seviyelerini temsil edecek aralıklar (<%4 yetersiz, %4-6 yeterli, > %6 fazla) elde edilmiştir. Saksılara besin solüsyonu uygulamaları sulama aralıkları belirlenerek verilmiştir. Bu amaçla bitkilerin su ihtiyacı her tekerrürde bir adet saksıya yerleştirilen saksı tipi tansiyometre ile takip edilmiştir. Şeker pancarı için sulama sınırı 60 cbar olarak belirtilmiş olup (Draycott ve Christenson, 2003), saksı su potansiyeli 60 cbar değerine geldiğinde, saksılara drenaj deliklerinden akış başlayana kadar Hogland solüsyonu uygulanmıştır. Bu sayede bitki yetiştirme ortamında devamlı mutlak gerekli besin elementleri sağlanmış olup aynı zamanda değişen azot dozu uygulamaları yapılmıştır. Çalışma şeker pancarı bitkisinin çimlenme- çıkış, vejetatif gelişme ve kök şişirme (Faberio ve ark., 2003), dönemlerini kapsayacak şekilde 3 %N uygulaması x 24 bitki = 72 saksıda yürütülmüştür.

Hiperspektral ölçümler ve yaprak örnekleme

Farklı dozda N uygulaması yapılan şeker pancarı bitkilerinin yapraklarında vejetasyon dönemleri boyunca 15 gün arayla 8 kez taşınabilir ASD FieldSpec HandHeld (Analytical Spectral Devices Inc., Boulder, CO, USA) spektrometre cihazı ve aktif sensörlü bitki aparatları (Plant Probe) kullanılarak 400-1000 nm dalgaboyları arasında ve her saksıdan 3 tekerrürlü olmak üzere yansıma ölçümleri yapılmıştır. Ölçümlerde yaprakların uç kısımlarından, yaprak ayasının (lamina) ışık kaynağını göreceği şekilde damar aralarına yerleştirilmesi ile spektral yansımalar toplanmıştır. Cihazın kalibrasyonunda 10-15 dakikada bir defa olmak üzere, ölçüm başlangıcında "Dark Current Correction" işlemi yapılmış ve beyaz referans olan baryum sülfattan (BaSO₄) imal edilmiş spektralon kullanılmıştır (Huang ve ark., 2017). Spektral ölçümler bir deneme bloğuna ait 3 saksıda 3 tekerrürlü olarak yapılmış olup, yansıma değerleri kaydedilen yapraklar alüminyum örnek poşetlerine koyulup toplam azot analizleri için soğutucu dolaplar içerisinde laboratuvara götürülmüştür. Yaprak örnekleme yapılan pancar bitkileri deneme bloğundan ayrılmıştır. Böylece örnekleme esnasında bitki dokusuna verilen zararın blok uygulamalarına etkisi giderilmiş ve deneme sürecince yeterli sayıda yaprak örneğinde çalışılmıştır. Nitekim 15 gün arayla 3 tekerrürlü yapılan örnekleme ile her parselden 24 saksı 3'er azaltılarak 21-18-15-12-9-6-3-0 saksıya kadar 8 seferde deneme çalışmaları tamamlanmıştır. Çalışma ile 3 N uygulaması (N_{noksan} - N_{yeter} - N_{fazla}) X her bloğa ait 3 saksı

X her saksıdan 3 yaprak örneği X 8 ölçüm üç vejetasyon dönemi için = 216 yansıma ölçümü ve yaprak örnekleme yapılmıştır.

Laboratuvar analizleri

Kontrollü sera şartlarında örnekleme yapılan şeker pancarı yapraklarının toplam %N içerikleri LECO CN-2000 (LECO Corp.) cihazında Dumas (Wright ve Bailey, 2001) metoduyla örnekleme yapıldığı gün beklenilmeden belirlenmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Şeker pancarı yaprak %N içeriklerine ait tanıtıcı istatistikler

%N dozu	Ortalama	Min.	Maks.	Std.Sapma	Varyans	CoefVar	Skewness
Noksan	2.49	2.14	2.86	0.25	0.065	10.23	0.24
Yeter	5.49	5.26	5.78	0.17	0.028	3.06	0.56
Fazla	7.70	7.01	8.19	0.27	0.074	3.53	-0.50

Laboratuvar analizi sonucu deneme alanı örneklerinin N için %2.14-%8.19 arasında 3 farklı azot sınıfını temsil edecek şekilde dağılım gösterdiği belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin %N içeriklerinin tekerrür ortalamaları alınmış ve 72 uygulamaya ait yansıma değerleri ve %N içerikleri istatistik analizler ve model uygulamaları için vejetasyon dönemlerine göre şeker pancarı %N sınıflarına kategorize edilerek kaydedilmiştir.

Vejetasyon dönemleri ve %N içeriklerine göre dalga boyu seçimi

Çalışmada 72 gözlemden (n) her bir gözlem için 400-1000 nm dalgaboyu arasında 601 yansıma değişkeni (p) barındıran eğitim veri seti oluşturulmuş ve çoklu karşılaştırma testi olan stepwise çoklu linear regresyon analiz yöntemiyle (Curran ve ark., 2001), üç farklı vejetasyon dönemi için regresyon modelleri farklı değişken (dalgaboyu) kombinasyonları kullanılarak en az 4 en fazla 6 bant ile $r^2 = 0.70 - 1.00$ katsayılı oluşturulmuştur (Çizelge 2). Nitekim yapılan çalışmalarda bitkilerin %N içeriklerinin spektral yansıma değerleri ile ilişkisinin belirlenmesinde regresyon katsayısı (r^2) 0.70 ve üzeri değerleri "kuvvetli" olarak nitelenmektedir (Haboudane ve ark., 2002; Rodriguez ve ark., 2006; Wu ve ark., 2008; Fitzgerald ve ark., 2010; Feng ve ark., 2014; Huang ve ark., 2017).

Çizelge 2. Üç dönem ve üç %N sınıfı ile dalgaboyu yansıma oranlarının regresyon ilişkisi ve modelleri

N dozu			R ²
Noks	4		
an	Ba	$N = 7.095 + (-62.08x 796nm) + (65.65x 860nm) + (-5.92x937nm) + (-2.59x 754nm)$	1.0
	nt		0
Yeter	4		
	Ba	$N = 4.212 + (-9.51 x 721nm) + (10.12 x 995nm) + (-2.79 x 986nm) + (0.328 x 980nm)$	1.0
	nt		0
Fazla	4		
	Ba	$N = 19.578 + (2.52x 717nm) + (-75.5x 981nm) + (72.3x1000nm) + (-13.6x 978nm)$	0.9
	nt		9
N Dozu			R ²
Noks	6		
an	Ba	$N = -0.469 + (20.16 x 993nm) + (-11.29 x 937nm) + (-3.27 x 978nm) + (9.27 x 986nm) + (-9.10 x 970nm)$	1.0
	nt	$+ (-1.58 x 829nm)$	0
Yeter	6		
	Ba	$N = -0.2087 + (19.5252 x 405nm) + (36.41 x 909nm) + (-24.885 x 832nm) + (-2.4032 x 950nm)$	1.0
	nt	$+ (-4.996 x 892nm) + (0.633 x 906nm)$	0
Fazla	6		
	Ba	$N = 7.4463 + (-27.53 x 403nm) + (58.944 x 429nm) + (-137.87 x 457nm) + (134.35 x 454nm)$	0.9
	nt	$+ (-51.44 x 474nm) + (20.48 x 605nm)$	8
N Dozu			R ²
Noks	6		
an	Ba	$N = -5.56028 + (-34.7728 x 412n + (48.1473 x 408nm) + (22.1665 x 745nm) + (-13.9691 x 1000nm)$	1.0
	nt	$+ (-6.0041 x 422nm) + (-0.8730 x 941nm)$	0

Yeter	6 Ba nt	$N = 5.3442 + (-46.20 \times 596nm) + (373.62 \times 594nm) + (-172.07 \times 598nm) + (-158.08 \times 600nm) + (-19.715 \times 410nm) + (5.715 \times 564nm)$	1.0 0
Fazla	6 Ba nt	$N = 8.3965 + (-18.3104 \times 417nm) + (19.4545 \times 517nm) + (-22.04 \times 652nm) + (7.9437 \times 516nm) + (-0.7646 \times 745nm) + (0.03144 \times 664nm)$	1.0 0

Çalışmada dalgaboyu yansıma oranları ve %N içerikleri arasında farklı vejetasyon dönemlerinde belirlenen regresyonel ilişkiye ait modellerde kullanılan toplam 48 dalgaboyu ve yansıma değerlerinde, daha küçük bağımsız değişkenler seti oluşturulması için temel bileşenler analizi (TBA) uygulanmıştır (Zhao ve ark., 2000). Öyleki çok değişkenli modelleme çalışmaları en az değişken ile en fazla faydayı sağlamaya yönelik çıkarımlar için kullanılmaktadır (Erisoğlu ve ark., 2012). Bu nedenle TBA ile toplam varyansa en yüksek katkıyı sağlayan 5 dalgaboyu (474-517-652-721-961 nm) belirlenmiş ve diskriminant modelinde fonksiyonlanmıştır.

Karesel diskriminant analizi uygulaması ve model geliştirme

Üç vejetasyon dönemi ve üç farklı %N sınıfı ile ilişkilendirilen dalgaboyları ve yansımaları, tüm dönemleri ve %N dozlarını kapsayan 72 eğitim verisine "Karesel Discriminant Analizi (KDA)" ile Matlab 2016 (MathWorks, 2007) istatistik programında kodlanarak uygulanmıştır. Lineer diskriminant analizinde her grup için ortak varyans- kovaryans matrisi ile çok değişkenli normal dağılım varsayımı yapılırken, KDA analizinde gruplara ait varyans- kovaryans matrislerinin eşit olma zorunluluğu yoktur ve her grubun kendi varyans- kovaryans matrisi ile çok değişkenli normal dağılıma sahip olduğu varsayılır (Hastie ve ark., 2009; James ve ark., 2013). KDA'nde her grup ortalama vektörü μ_k ve varyans-kovaryans matrisi Σ_k ile çok değişkenli normal dağılıma sahip olduğunda; $k = 1, 2, \dots, G$ olmak üzere KDA'nde sınıflama kuralı

$$\hat{C}_{KDA}(x) = \operatorname{argmax}_k P(G = k | x = x^*)$$

eşitliği ile ifade edilir. Burada;

$$\begin{aligned} \log\{P(G = k | x = x^*)\} &\propto -\frac{1}{2}(x^* - \mu_k)' \Sigma_k^{-1} (x^* - \mu_k) + \log(\pi_k) + d \\ &= -\frac{1}{2} x^{*'} \Sigma_k^{-1} x^* + x^{*'} \Sigma_k^{-1} \mu_k - \frac{1}{2} \mu_k' \Sigma_k^{-1} \mu_k + \log(\pi_k) + d \end{aligned}$$

eşitliği ile ifade edilir. Eşitlikte yer alan π_k gösterimi k . gruba ait önsel olasılığı gösterir. Eşitlikte yer alan d sabit terimi gösterir ve her grup için aynı olduğundan dolayı karesel diskriminant fonksiyonu

$$\delta_k(x^*) = -\frac{1}{2} x^{*'} \Sigma_k^{-1} x^* + x^{*'} \Sigma_k^{-1} \mu_k - \frac{1}{2} \mu_k' \Sigma_k^{-1} \mu_k + \log(\pi_k)$$

ile gösterilir.

Model validasyonu

Seçilen 5 dalgaboyu ile 72 birimlik veri seti eğitim verisi olarak kabul edilmiş ve ilgili veri seti kullanılarak KDA modeli geliştirilmiştir. KDA modelinin başarısını incelemek için farklı %N düzeylerini temsil eden toplam 36 ($N_{\text{NOKSAN}}:11$, $N_{\text{YETER}}:12$, $N_{\text{FAZLA}}:13$) birimden oluşan test verisi oluşturulmuştur. Diskriminant modelinin test verilerini ait oldukları sınıflara %51 ve üzerinde doğru atama yapması durumunda modelin güvenilir olduğu ifade edilmektedir (Reynolds, 2015).

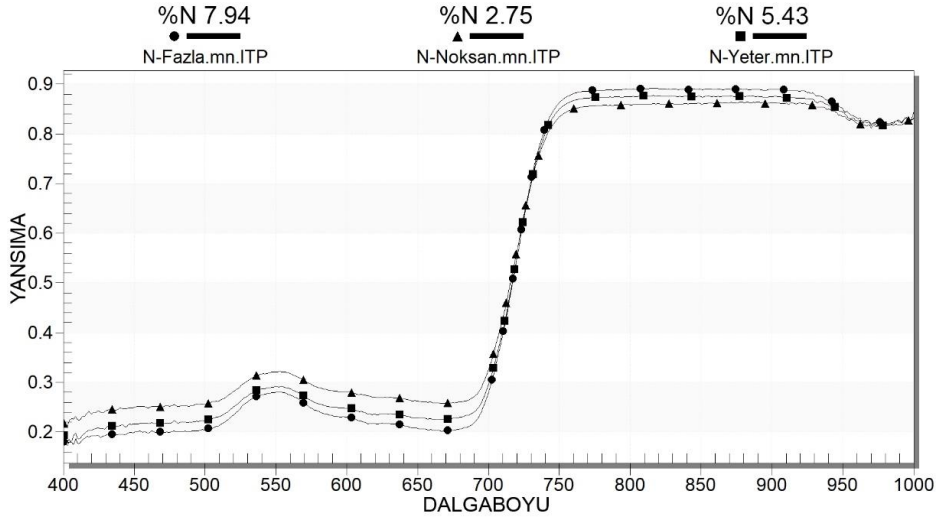
Bulgular ve Tartışma

Şeker pancarı yapraklarında gerçekleştirilen ölçüm ve örnekleme işlemleri sonucu yaprak örneklerine ait %N içerikleri çalışmanın amacına uygun bir şekilde 3 farklı sınıfta homojen bir dağılım göstermektedir. Bu sayede üretilen model şeker pancarı için tüm azot eşiklerini temsil etmektedir. Nitekim, spektral yansımalar ile bitki besin elementi durumlarının tahmini için ilgili besin elementinin değişen dozlarının bitkilerde oluşturulması gerekmektedir (Basayigit ve ark., 2015).

Üç farklı döneme ait ortalama %N içerikleri ve spektral eğrileri ile deneme bitkilerinin morfolojileri Şekil 1,2,3'de sunulmuştur.

Burada 3 farklı %N sınıflarına ait yaprak örneklerinin ortalama spektral eğrileri incelendiğinde; N'un değişen seviyelerine bağlı olarak 440 - 750 nm arası yansımalarda farklılık meydana geldiği belirlenmiştir. Bu durum artan N seviyelerinin klorofilaz enzim aktivite hızını arttırmaya ve bu sayede klorofil miktarının da

artması sonucu yansılarda azalma olduğunu göstermektedir (Zhang ve ark., 2018), ve *klorofil a - b* miktarı ile 425, 455 and 485 nm de en yüksek absorpsiyon yapan *carotenoids* pigmenti arasında doğru orantı olduğu belirtilmektedir (Merzlyak ve ark., 2003). Yapılan araştırmalarda azot bitki besin elementi eksikliğinde yansıma değerlerinde çok yüksek artışlar meydana geldiği ve noksanlığın derecesine göre yansılardaki artışın %90'lara ulaştığı belirtilmektedir (Basayigit ve ark., 2009; Fernàndez-Martínez ve ark., 2017). Bu sonuçlar farklı N uygulamalarının yansıma eğrilerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğunu göstermiş ve şeker pancarı %N sınıflarının belirlenmesinde KDA analizi için kullanılabilir bulunmuştur. Analiz için farklı vejetasyon dönemlerinde 3 farklı %N sınıflarına ait deneme bitkilerinden elde edilen 474-517-652-721-961 nm dalgaboyu yansıma değerleri eğitim verisi olarak seçilmiştir. Eğitim verisinde her sınıfta eşit sayıda gözlem olduğundan dolayı, her bir sınıf için önsel olasılık değerleri $\pi_1 = \pi_2 = \pi_3 = 1/3$ olarak alınmıştır. Her sınıfa ait ortalama vektörü ve varyans-kovaryans matrisleri Çizelge 3'de sunulmuştur.



Noksan

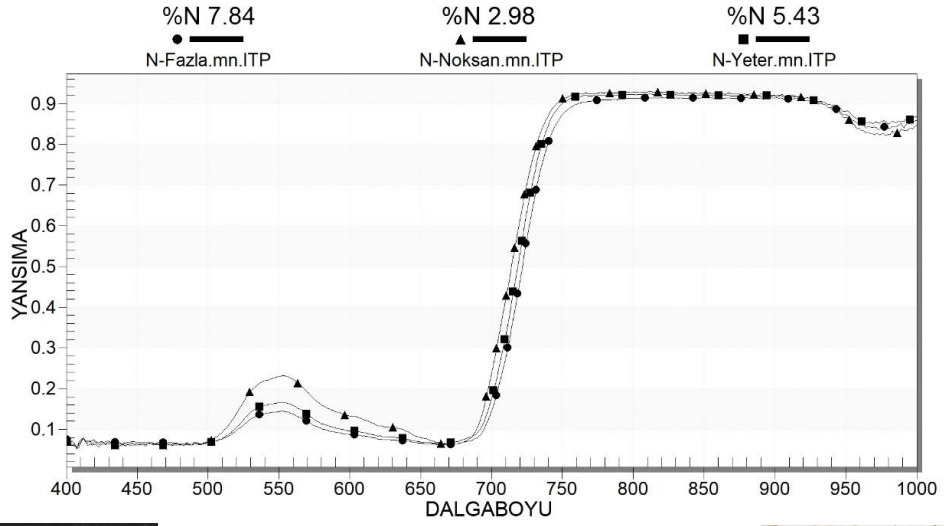


Yeter



Fazla

Şekil 1. Çimlenme ve çıkış dönemine ait spektral eğriler ve deneme bitkileri



Noksan

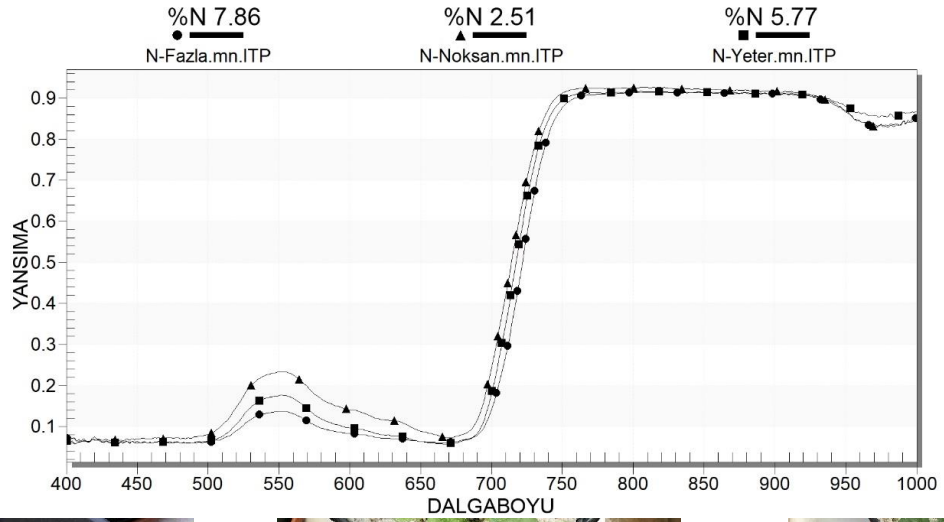


Yeter



Fazla

Şekil 2. Vejetatif gelişme dönemine ait spektral eğriler ve deneme bitkileri



Noksan



Yeter



Fazla

Şekil 3. Kök şişirme dönemine ait spektral eğriler ve deneme bitkileri

Çizelge 3. Çok değişkenli karesel diskriminant analizinde parametre tahminleri

Parametreler	Dalgaboyu				
	474	517	652	721	961
$\hat{\mu}_1$	0.11258	0.15713	0.12817	0.59021	0.84038
	0.00904	0.00829	0.00883	0.00186	0.00120
$\hat{\Sigma}_1$	0.00829	0.00769	0.00815	0.00201	0.00115
	0.00883	0.00815	0.00866	0.00197	0.00119
	0.00186	0.00201	0.00197	0.00157	0.00048
	0.00120	0.00115	0.00119	0.00048	0.00037
$\hat{\mu}_2$	0.07750	0.10533	0.08538	0.51096	0.84542
	0.00165	0.00157	0.00166	0.00026	-0.00025
$\hat{\Sigma}_2$	0.00157	0.00151	0.00159	0.00027	-0.00026
	0.00166	0.00159	0.00169	0.00027	-0.00028
	0.00026	0.00027	0.00027	0.00022	0.00007
	-0.00025	-0.00026	-0.00028	0.00007	0.00038
$\hat{\mu}_3$	0.09267	0.11254	0.09746	0.47092	0.84375
	0.00598	0.00599	0.00616	0.00340	0.00020
$\hat{\Sigma}_3$	0.00599	0.00600	0.00617	0.00343	0.00019
	0.00616	0.00617	0.00635	0.00352	0.00019
	0.00340	0.00343	0.00352	0.00209	0.00013
	0.00020	0.00019	0.00019	0.00013	0.00024

Deneme bitkilerinden 400-1000 nm arasında 72 gözlemden elde edilen tüm yansımaların test verisi olarak geliştirilen 3 farklı modele fonksiyonlanması sonucu özellik vektörü X 'in (farklı azot seviyelerine ait yansıma oranları) mümkün olan 3 gruba (%N sınıfları) N_{Noksan}; 92%, N_{Yeter}; 88% ve N_{Fazla}; 96% doğrulukla atamasının yapıldığı belirlenmiş (Çizelge 4), ve modelin genel doğru sınıflandırma olasılığı %92 olduğundan Reynolds (2015)'e göre güvenilir kabul edilmiştir.

Geliştirilen model eğitim verisinin %N sınıflarını yüksek doğruluk ile tahmin etmiş ve sonraki aşamada model validasyonu için 36 birimlik test verisinde denenmiştir. Test verisinde Çizelge 3'de verilen model parametre tahmin değerleri ile gerçekleştirilen diskriminant sonucu elde edilen sınıf arama matrisi Çizelge 5'de sunulmuştur.

Çizelge 4. Eğitim verilerinin çok değişkenli normal olasılık fonksiyonu sonucu sınıf atama matrisi

Tahmin		Gerçek		
		Noksan	Yeter	Fazla
	Noksan	22	0	0
	Yeter	2	21	1
	Fazla	0	3	23
	<i>Toplam</i>	24	24	24
	<i>*DSO</i>	%92	%88	%96
	<i>Genel DSO</i>		%92	

*DSO: Doğru sınıflandırma olasılığı

Çizelge 5. Test örneklerine ait yansımaların çok değişkenli normal olasılık fonksiyonu sonucu sınıf atama matrisi

Tahmin		Gerçek		
		Noksan	Yeter	Fazla
	Noksan	10	0	0
	Yeter	1	11	1
	Fazla	0	2	11
	<i>Toplam</i>	11	13	12
	<i>DSO</i>	%91	%85	%92
	<i>Genel DSO</i>		%89	

Geliştirilen model ile özellik vektörü X 'in (farklı sınıflara ait yansıma oranları) mümkün olan G gruptan (3 %N sınıfı) birisine %89 doğrulukla atamasının yapılabildiği belirlenmiştir. Yapılan çalışmalarda bitkilerin %N içeriklerinin spektral yansıma değerleri ile tahmininde doğruluk katsayısı %70 ve üzeri değerler "kuvvetli" olarak nitelemekte ve üretilen modeller için "güvenilir" olarak belirtmektedir (Fitzgerald ve ark., 2010; Feng ve ark., 2014). Çalışma sonucu elde edilen bulgulara göre KDA modelinin spektral verilerin sınıflamasına yönelik çalışmalardaki başarısı (Ju ve ark., 2003; Çalış and Erol, 2012), yersel hiperspektral ölçümler ile de sağlanmıştır. Diskriminant modelleri birçok alanda rasgelelik içeren doğal olayların farklı özellikleri hakkında toplanan ölçüm değerlerine istatistiksel olarak model oluşturmada matematiksel bir yaklaşım sağlamakta (Manolakis ve ark., 2001), ve spektral verilerin analizinde belirli bir spektral veriden her bir spektrumun ayrıştırılabilir olmasından dolayı kullanışlı bir yöntem olarak değerlendirilmekte ve kullanılmaktadır (Gillis ve ark., 2008; Çalış ve Erol, 2012; Deng ve ark., 2015). Ancak bitkilerde besin elementi seviyelerinin kategorizasyonu ve spektral teknikler ile tahmin edilmesinde diskriminant yaklaşımlarının kullanımlarına yönelik literatür eksikliği vardır. Nitekim bu alanda yürütülen birçok çalışmada özellikle stepwise multiple linear regression (Wang ve ark., 2017), partial least squares regression (Jain ve ark., 2007), mutivariate linear regression (Krishna ve ark., 2019), yaklaşımlarının kullanımları yaygındır. Ancak çoklu regresyon analizleri sonucu üretilen modellerin tahminleri geliştirildikleri parsel ve bitki türlerinde (kendi içerisinde) yüksek doğruluk katsayılı (r^2) sonuçlar veriyor iken, farklı arazilerde bulunan aynı bitki türlerinde tahmin güçlerinin önemli ölçüde düştüğü belirtilmektedir (Huang ve ark., 2017; Başayigit ve ark., 2017). Bu çalışmada kullanılan diskriminant yaklaşımı ile doğrudan olarak %N içeriklerinin tahmin edilmesinden daha çok şeker pancarı için kritik %N sınıflarına atama yapılması test verilerinde de yüksek doğrulukla sonuçlar vermiştir. Benzer şekilde Foster ve ark., (2016), arazi koşullarında diskriminant analizi kullanarak yaprak spektumlarından farklı N uygulamalarının $r^2 = 0.94-0.97$ belirleme katsayısı ile izlenebildiği belirtilmiştir. Aynı zamanda KDA modelinin geliştirilmesinde kullanılan dalgaboylarının şeker pancarının 3 farklı vejetasyon dönemi için ilişkili olmasının modelin başarısını arttırdığı düşünülmektedir. Nitekim spektral yansımalar ile bitkilerin fenolojik durumları arasında anlamlı bir yapı oluşturabilmek için, ölçümleme tarihlerinin bitkilerin gelişim dönemlerini temsil edecek zaman dilimleri içerisinde gerçekleştirilmesi gerektiği belirtilmektedir (Morissette ve ark., 2006). Araştırma bulguları göstermiştir ki hiperspektral yansıma verileri kullanılarak geliştirilen KDA modeli ile N besin elementinin bitkilerde ki eşik aralıkları yüksek doğrulukla belirlenebilmektedir.

Sonuç

Çalışma ile şekerpancarı yapraklarında %N sınıflarının belirlenmesinde bitki dokusunu tahrip etmeyen, ekonomik, hızlı, çevre dostu ve pratik bir model geliştirilmiş, başarısı test edilmiştir. Çalışma sonucu el tipi spektrometre ile ölçülen ve Karesel Diskriminant analizi ile modellenen hiperspektral yansıma verilerinin şeker pancarı vejetasyon dönemleri boyunca %N sınıflarının belirlenmesi ve izlenmesinde yüksek doğrulukta kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Geçmişten günümüze spektral teknikler ile özellikle N elementinin belirlenmesine yönelik pek çok araştırma farklı bitki türlerinde yapılmış ve benzer şekilde görünür-yakıncı kızılötesi (VNIR) dalgaboyu yansıma değişimleri %N içeriği ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada farklı olarak doğrudan şeker pancarı yapraklarında %N içeriklerinin tahmin edilmesi yerine daha geniş bir dağılım gösteren %N sınıflarına yüksek doğrulukla atamalar yapılmış ve seçilen dalgaboylarından olan spektral yansımaların KDA modeli ile farkı vejetasyon dönemleri için şekerpancarı azotlu gübreleme ihtiyacının tespitinde kullanılabilir olduğu belirlenmiştir. Bu sayede hiperspektral veriler ile bitki besin statüsünün belirlenmesine yönelik çalışmalara farklı bir yaklaşım sunulmuştur. Aynı zamanda çalışmada modelleme amacıyla kullanılan Karesel Diskriminant analizinin başarılı ve güçlü bir matematiksel yaklaşım olduğu sonucuna varılmıştır. Bu yönüyle ileriki çalışmalara farklı bir pencere açmış ve hiperspektral uzaktan algılama ile farklı besin elementi içeriklerinin sınıf atamalarında kullanılabilir olduğu önerilmiş ve geleneksel yöntemlere alternatif olması yönüyle umut verici sonuçlar elde edilmiştir.

Teşekkür

Bu çalışma Selçuk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü (BAP) tarafından desteklenen "Geniş Bant Görünür Yakın Kızılötesi (VNIR) Yansıma Spektroskopisi İle Pancar Bitkisinin Farklı Vejetasyon Dönemlerinde Kritik Azot İçeriği Sınıflarının Belirlenmesi" isimli ve "18401103" nolu proje çalışmasının bir bölümünden hazırlanmıştır. BAP birimine desteğinden ötürü teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

Alpaslan M, Güneş A, İnal A, 2005. Deneme tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, (1501): 455.

- Anonim, 2018. <http://www.tarim.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Bitki-Besleme-ve-Tarimsal-Teknolojiler/Bitki-Besleme-Istatistikleri>.
- Ayala-Silva T, Beyl CA, 2005. Changes in spectral reflectance of wheat leaves in response to specific macronutrient deficiency. *Advances in Space Research* 35(2): 305-317.
- Bagheri N, Ahmadi H, Alavipanah S, Omid M 2012. Soil-line vegetation indices for corn nitrogen content prediction. *International Agrophysics* 26(2): 103-108.
- Basayigit L, Albayrak S, Senol H, 2009. Analysis of VNIR reflectance for prediction of macro and micro nutrient and chlorophyll contents in apple trees (*Malus communis*). *Asian Journal of Chemistry* 21(2): 1302.
- Basayigit L, Dedeoglu M, Akgül H, 2015. The prediction of iron contents in orchards using VNIR spectroscopy. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 39(1): 123-134.
- Başayigit 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.
- Curran PJ, Dungan JL, Peterson DL, 2001. Estimating the foliar biochemical concentration of leaves with reflectance spectrometry: Testing the kokaly and clark methodologies. *Remote Sensing of Environment*. 76(3): 349-359.
- Çalış N, Erol H, 2012. A new per-field classification method using mixture discriminant analysis. *Journal of Applied Statistic*. 39(10): 2129-2140.
- Demotes-Mainard S, Boumaza R, Meyer S, Cerovic ZG, 2008. Indicators of nitrogen status for ornamental woody plants based on optical measurements of leaf epidermal polyphenol and chlorophyll contents. *Scientia Horticulturae*. 115(4): 377-385.
- Deng S, Xu Y, Li X, He Y, 2015. An infinite Gaussian mixture model with its application in hyperspectral unmixing. *Expert Systems with Applications*. 42(4): 1987-1997.
- Draycott AP, Christenson DR, 2003. Nutrients for sugar beet production: Soil-plant relationships. Cabi.
- Eitel JU, Vierling LA, Litvak ME, Long DS, Schulthess U, Ager AA, Stoscheck L, 2011. Broadband, red-edge information from satellites improves early stress detection in a New Mexico conifer woodland. *Remote Sensing of Environment*. 115(12): 3640-3646.
- Erisoglu U, Erisoglu M, Erol H, 2012. Mixture model approach to the analysis of heterogeneous survival data. *Pakistan Journal of Statistics* 28(1): 115-130.
- Eyüpoğlu F, 2002. Türkiye gübre gereksinimi tüketimi ve geleceği. Toprak ve Gübre Araştırma Enst. İşlt. Müd. Ankara.
- 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. *Agricultural Water Management*. 62: 215-227.
- Feng W, Guo BB, Wang ZJ, He L, Song X, Wang YH, 2014. Measuring leaf nitrogen concentration in winter wheat using double-peak spectral reflection remote sensing data. *Field Crops Research*. 159: 43-52.
- Fernández-Martínez J, Joffre R, Zacchini M, Fernández-Marín B, García-Plazaola JL, Fleck I, 2017. Near-infrared reflectance spectroscopy allows rapid and simultaneous evaluation of chloroplast pigments and antioxidants, carbon isotope discrimination and nitrogen content in *Populus* spp. leaves. *Forest Ecology and Management*. 399: 227-234.
- 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.
- Foster AJ, Kakani VG, Ge J, Gregory M, Mosali J, 2016. Discriminant analysis of nitrogen treatments in switchgrass and high biomass sorghum using leaf and canopy-scale reflectance spectroscopy. *IJR*. 37(10): 2252-2279.
- 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, Konya.
- Gezgin S, Hamurcu M, Dursun N, 2001. Konya ovasında şeker pancarının azot ve fosfor ihtiyacının belirlenmesi. *S. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 15(25): 119-131.
- Gillis D, Bowles J, Ientilucci EJ, Messinger DW, 2008 A generalized linear mixing model for hyperspectral imagery. In Algorithms and Technologies for Multispectral, Hyperspectral, and Ultraspectral Imagery XIV, 2008 (Vol. 6966, pp. 69661B): International Society for Optics and Photonics.
- Haboudane D, Miller JR, Tremblay N, Zarco-Tejada PJ, Dextraze L, 2002. Integrated narrow-band vegetation indices for prediction of crop chlorophyll content for application to precision agriculture. *Remote Sensing of Environment*. 81(2): 416-426.
- Haboudane D, Tremblay N, Miller JR, Vigneault P, 2008. Remote estimation of crop chlorophyll content using spectral indices derived from hyperspectral data. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing* 46: 423-437.
- Hastie T, Tibshirani R, Friedman J, Hastie T, Friedman J, Tibshirani R, 2009. The elements of statistical learning. Springer.
- He L, Zhang HY, Zhang YS, Song X, Feng W, Kang GZ, Guo TC, 2016. Estimating canopy leaf nitrogen concentration in winter wheat based on multi-angular hyperspectral remote sensing. *European Journal of Agronomy*. 73: 170-185.
- Hoagland DR, Arnon DI, 1938. The water culture method for growing plants without soil. *Circ. Calif. Agr. Exp. Sta.* 347: 461.

- Huang S, Miao Y, Yuan F, Gnyp M, Yao Y, Cao Q, Bareth G, 2017. Potential of RapidEye and WorldView-2 satellite data for improving rice nitrogen status monitoring at different growth stages. *Remote Sensing*. 9(3): 227.
- Jackson RD, 1986. Remote sensing of biotic and abiotic plant stress. *Annual Review of Phytopathology*. 24:265–286.
- Jain N, Ray SS, Singh J, Panigrahy S, 2007. Use of hyperspectral data to assess the effects of different nitrogen applications on a potato crop. *Precision Agriculture*, 8(4-5): 225-239.
- James G, Witten D, Hastie T, Tibshirani R, 2013. An introduction to statistical learning. Springer, New York. 112:18.
- Jay S, Hadoux X, Gorretta N, Rabatel G, 2014. Potential of hyperspectral imagery for nitrogen content retrieval in sugar beet leaves. Proc. int. conf. ag. eng., AgEng2014, Zurich, The European Society of Agricultural Engineers (EurAgEng), 2014:8.
- Jones JR, Wolf B, Mills HA, 1991. Plant analysis handbook. Micro Macro Publishing Inc.
- Ju J, Kolaczyk ED, Gopal S, 2003. Gaussian mixture discriminant analysis and sub-pixel land cover characterization in remote sensing. *Remote Sensing of Environment*. 84(4):550-560.
- Kacar B, Katkat AV, Oztürk S, 2002. Bitki fizyolojisi. Uludag Ü. Güclendirme Vakfı Yayını. No: 198 Vipas A.S. Yayın No: 74, ISBN: 975-564-133-5 Bursa.
- Karaçal İ, Tüfenkçi Ş, 2010. Bitki beslemede yeni yaklaşımlar ve gübre-çevre ilişkisi. ZMO. 2010.
- Kostrzewski M, Waller P, Guertin P, Haberland J, Colaizzi P, Barnes E, Thompson T, Clarke T, Riley E, Choi C, 2002. Ground-based remote sensing of water and nitrogen stress. *Trans. Am. Soc. Assoc. Exec.* 46: 29–38.
- Krishna G, Sahoo RN, Singh P, Bajpai V, Patra H, Kumar S, 2019. Comparison of various modelling approaches for water deficit stress monitoring in rice crop through hyperspectral remote sensing. *Agricultural Water Management*. 213: 231-244.
- 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 Research*. 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.
- Manolakis D, Siracusa C, Shaw G, 2001. Hyperspectral subpixel target detection using the linear mixing model. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 39(7): 1392-1409.
- MathWorks, I. (2007). Instrument control toolbox 2: user's guide. The MathWorks Inc.
- Mee CY, Siva KB, Ahmad HMH, 2017. Detecting and monitoring plant nutrient stress using remote sensing approaches: A review. *Asian Journal of Plant Sciences*. 16: 1-8.
- Merzlyak MN, Solovchenko AE, Gitelson AA, 2003. Reflectance spectral features and non-destructive estimation of chlorophyll, carotenoid and anthocyanin content in apple fruit. *Postharvest Biology and Technology*. 27(2): 197-211.
- Morisette JT, Baret F, Privette JL, Myneni RB, Nickeson JE, Garrigues S, Kalacska M, 2006. Validation of global moderate-resolution LAI products: A framework proposed within the CEOS land product validation subgroup. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*. 44(7): 1804-1817.
- Reynolds D, 2015. Gaussian mixture models. *Encyclopedia of biometrics*. 827-832.
- Rodriguez D, Fitzgerald GJ, Belford R, Christensen LK, 2006. Detection of nitrogen deficiency in wheat from spectral reflectance indices and basic crop eco-physiological concepts. *Australian Journal of Agricultural Research*. 57(7): 781-789.
- Sinfield JV, Fagerman D, Colic O, 2010. Evaluation of sensing technologies for on-the-go detection of macro-nutrients in cultivated soils. *Computers and Electronics in Agriculture*. 70(1): 1-18.
- Vigneau N, Ecartot M, Rabatel G, Roumet P, 2011. Potential of field hyperspectral imaging as a non destructive method to assess leaf nitrogen content in Wheat. *Field Crops Research*. 122(1): 25-31.
- Wang Z, Skidmore AK, Wang T, Darvishzadeh R, Heiden U, Heurich M, 2017. Canopy foliar nitrogen retrieved from airborne hyperspectral imagery by correcting for canopy structure effects. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. 54: 84-94.
- Wójtowicz M, Wójtowicz A, Piekarczyk J, 2016. Application of remote sensing methods in agriculture. *Communications in Biometry and Crop Science*. 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. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32(19-20): 3243–3258.
- Wu C, Niu Z, Tang Q, Huang W, 2008. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Agricultural and Forest Meteorology*. 148(8): 1230-1241.
- Zhang HK, Roy DP, Yan L, Li Z, Huang H, Vermote E, 2018. Characterization of Sentinel-2A and Landsat-8 top of atmosphere, surface, and nadir BRDF adjusted reflectance and NDVI differences. *Remote Sensing of Environment*. 215: 482-494.
- Zhao G, Maclean LA, 2000. A comparison of canonical discriminant analysis and principal component analysis for spectral transformation. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*. 66: 841-847.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Farklı yetiştirme ortamlarında bazı bakterilerin buğday ve mısır gelişimi üzerine etkisi

Banu Kadioğlu *, Mustafa Y. Canbolat

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum

Özet

Araştırma, farklı ortamlarda bitki büyümesini teşvik edici rizobakterilerinin (PGPR) buğday ve mısır bitkisi gelişimindeki etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak ağırlık esasına göre % 100 pomza, perlit, torf, toprak ve farklı oranlardan oluşturulan karışımları kullanılmıştır. Azot bağlayıcı ve fosfor çözücü bakterilerle (*P. aglomerans*, *P. putida*, *B. subtilis* ve *A. agilis*) aşıl原因an mısır ve buğdayların kök ve gövde gelişimleri izlenmiş ve bazı ölçümler alınmıştır. Araştırma sonuçlarına göre; %100 pomzadan oluşan ortamda bitkilerin kuru kök ve gövde ağırlığı %100 torfda ise bakteri sayısı artmıştır. Materyal/ toprak karışımlarında toprak oranı arttığı zaman kuru kök ve gövde ağırlığının ve bitkilerde azot, fosfor ve potasyum içeriğinin arttığı, bakteri sayısının ise azaldığı tespit edilmiştir. Bakterilerden *P.aglomerans* ve *A.agilis* suşlarının daha etkin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki besin elementleri, buğday, mısır, PGPR, ortam.

The effect of some bacteria on wheat and corn growth in different growing environments

Abstract

The aim of this study was to determine the effects of plant growth-promoting rhizobacterias (PGPR) on wheat and maize plant growth. In the study, 100% pumice, perlite, peat, soil and mixtures formed from different ratios were used as a growth media. Root and stem growths of corn and wheat were inoculated with nitrogen binding and phosphorus solvent bacteria (*P. aglomerans*, *P. putida*, *B. subtilis* and *A. agilis*) and some measurements were taken. According to the research results; when 100% pumice material increases dry root and stem weight and 100% peat material increases the number of bacteria. When the soil amount increased in the substrate/soil mixtures, dry root and stem weight and plant nitrogen, phosphorus and potassium content increased and the number of bacteria decreased. *P. aglomerans* and *A.agilis* strains were found to be more effective.

Keywords: Plant nutrients, wheat, corn, PGPR, growth media

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Günümüzün en önemli konularından biri kaliteli ve güvenli gıda için toprak varlığının ve özellikle de toprak sağlığının korunmasıdır. Bu da ancak sürdürülebilir tarım sistemi ile mümkün olabilecektir. Sürdürülebilir tarım sistemi ile organik artıkların geri kazandırılması, biyolojik gübrelerle toprağın güçlendirilmesi, biyolojik mücadele metotları ve tarım ekosistemlerini kirleticilerin biyolojik yollarla temizlenmesi gibi birçok faaliyetin entegrasyonu sağlanmaktadır. Ekolojik bir çevre ve üretim için gerekli bir sistemdir. Tarımsal ekosistemlerde birçok toksik ve tehlikeli kimyasal madde girdileri kullanılmakta ve bunlar bitki, toprak, yer altı ve yerüstü suları ile taşınarak gıdaların içine karışmaktadır. Toprak ortamında bitki gelişimi için ideal koşulları sağlamak amacıyla toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini düzenleyici olarak pomza, perlit, volkan külü gibi inorganik materyallerle birlikte torf, turba, talaş gibi organik materyaller ayrı ayrı veya karışımlar halinde bitki yetiştirme ortamı olarak doğrudan veya dolaylı olarak kullanılabilir. Türkiye’de 38 milyon hektar tarım arazisinin %61’ini işlenen tarım arazi oluşturmaktadır (TÜİK, 2019). Yıllar itibari ile giderek azalan bu alanlarda verimi artırmanın ve toprağı korumanın yolu toprağın fiziksel özelliklerini geliştirici materyallerin toprağına uygulanması ve sağlıklı yetiştirme ortamlarının hazırlanmasıdır. Sera şartlarında perlit, pomza ve

* Sorumlu yazar:

Bu makale, "Pomza perlit ve torf materyallerinin toprakla karıştırılmasından hazırlanan ortamların hidrofiziksel özellikleri ve bu ortamlarda farklı bakterilerle aşıl原因mış bitkilerin gelişimi" başlıklı doktora tezinden hazırlanmıştır.

Tel. : 0 535 250 18 07

Geliş Tarihi : 26 Ağustos 2019

e-ISSN : 2146-8141

E-posta : banu250@hotmail.com

Kabul Tarihi : 25 Kasım 2019

DOI : 10.33409/tbbbd.668895

toprağın farklı oranlarda karıştırılması ile oluşturulan ortamlarda perlit ve pomza gibi toprak düzenleyicilerinin bitkinin verim ve verim unsurları üzerine olumlu etkisi olduğu (Göçmen, 2005) yine değişik organik (torf) ve inorganik (perlit, volkanik tüf) substratların ve bunların değişik kombinasyonlarının oluşturduğu ortamlarda en yüksek toplam verimin volkanik tüf+torf ortamında olduğu bunu sırasıyla perlit+torf, torf, perlit ve volkanik tüf ortamlarının izlediği, yerli substrat malzemelerinin verim, kalite ve bitki besin elementi dağılımı bakımından avantajlı olduğu ifade edilmiştir (Beşiroğlu, 2007).

Tarımsal üretimde kalite ve verimi artırmak amacıyla kullanılan kimyasalların oluşturabileceği tehditleri önlemek amacı ile sunulan alternatif çözümler arasında "Organik Tarım", "Entegre Mücadele", "İyi Tarım Uygulamaları" gibi kimyasal kullanımını azaltmayı amaçlayan uygulamalardan biriside son yıllarda bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin (PGPR) kullanımı olmuştur. PGPR'lar bitkinin büyümesine olumlu katkılar sağlanmaktadır. PGPR bakterileri ile yapılan bir çalışmada, bazı bakterilerin buğdayda gövde ağırlığını artırdığı, en yüksek kök ve gövde ağırlığının *P. polymyxa* uygulaması ile elde edildiği bunu *P. putida* ve *B. Megaterium*'un izlediği belirlenmiştir (Cakmakci ve ark., 2007).

Mikroorganizma popülasyonu ile topraktaki fiziksel ve kimyasal aktiviteler gerçekleşmektedir. Toprakta yaşayan mikroorganizmaların büyük bir kısmını oluşturan bakterilere ilişkin çalışmalar da giderek artmaktadır. Yapılan bu çalışma ile farklı yetiştirme ortamlarında farklı PGPR bakterilerinin buğday ve mısır bitkilerinin kök ve gövde gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Araştırmada kontrol olarak toprak materyali kullanılmış ve diğer materyallerin saf halleri ile karışımlarının oluşturduğu on üç (% 100 Pomza, % 100 Perlit, % 100 Torf, % 100 Toprak, %75 + %25 Pomza + Toprak, %75 + %25 Perlit + Toprak, %75 + %25 Torf + Toprak, %50 + %50 Pomza + Toprak, %50 + %50 Perlit + Toprak, %50 + %50 Torf + Toprak, %25 + %75 Pomza + Toprak, %25 + %75 Perlit + Toprak, %25 + %75 Torf + Toprak) farklı yetiştirme ortamı hazırlanmıştır. Azot bağlayıcı ve fosfor çözücü kabiliyetinde olan *Pantoe agglomerans*, *Pseudomonas putida*, *Basillus subtilis* ve *Arthrobacter agilis* bakterileri olmak üzere dört farklı PGPR bakterisi kullanılmıştır.

Deneme, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü laboratuvarında üç tekerrürlü olarak tam şansa bağlı tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiştir. Mısır ve buğday tohumları hazırlanan bakteriyel aşılama materyali ile aşılanmıştır. Her saksıya beş bitki olacak şekilde bitkiler ekilmiş ve kırk gün sonra hasat edilmiştir. Hasat edilen bitkilerin kök ve gövde kısımları 65°C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutma fırınında kurutulmuş kurutulmuş bitkilerin kök ve gövde kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Mikserde öğütüldükten sonra azot (AOAC, 1990), fosfor ve potasyum içerikleri tayin edilmiştir (Mertens, 2005). Toprakların toplam bakteri sayısı dilüsyon-plak metoduyla yapılmıştır (Clark, 1965; Wollum, 1982). Pomza, perlit ve torf materyalleri ile toprağın reaksiyonu 1 (örnek):2,5 (su) oranında hazırlanan süspansiyonlarda potansiyometrik olarak cam elektrotlu pH metre ile saptanmıştır (Mc Lean, 1982). Araştırma sonuçları varyans analizi ve Duncan çoklu karşılaştırma testi (%5) ile istatistiksel olarak test edilmiştir (Dowdy and Wearden, 1983).

Bulgular ve Tartışma

Kök ve Gövde Kuru Ağırlığı

Bitkiler gelişmeleri için gerekli olan besin elementlerinin büyük çoğunluğunu kökleri vasıtası ile ve az bir kısmını da gövde, dal ve yaprakları vasıtası ile aldıkları için bitkilerde kök sistemleri oldukça önemlidir. Kök sistemleri bitkilerin yetiştikleri ortam koşullarının etkisi altında, yapı, ağırlık, gelişme ve yayılma yönünden farklılık göstermektedir. Kök sistemi denildiği zaman köklerin tümü akla gelmektedir. Su ve besin elementi alımında, bitki kök sistemlerinde kök ucu yaşamsal öneme sahip olmaktadır (Kacar, 1996; Kadioğlu ve Canbolat, 2018).

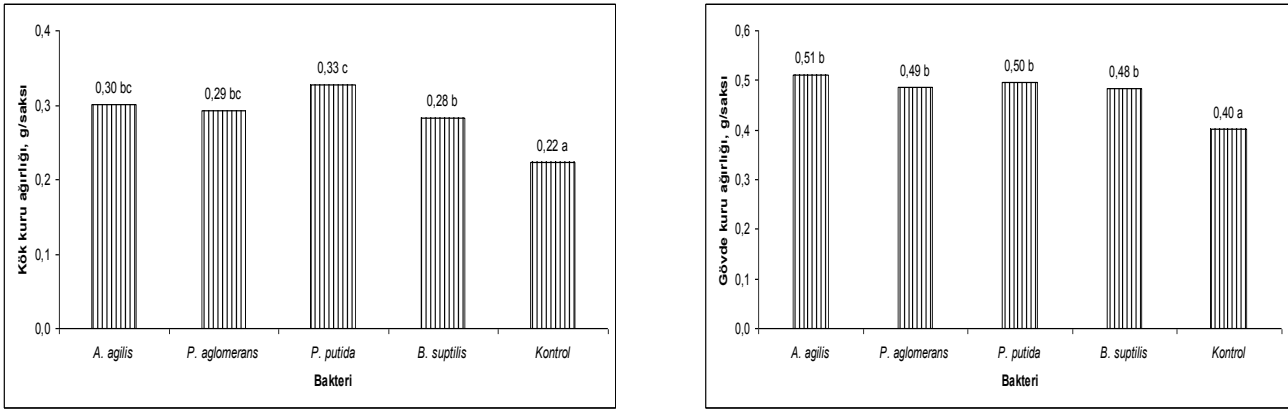
İstatistiksel olarak kök ve gövde kuru ağırlığı bakımından denemede kullanılan buğday ve mısır bitkisi birbirlerinden farklı bulunmuştur ($p < 0.01$). Kök ve gövde kuru ağırlığı sırası ile buğdayda 0.16-0.33 g/saksı mısırdaki ise 0.41-0.62 g/saksı olarak belirlenmiştir. Buğday bitkisinde kök kuru ağırlığının 0.16 g/saksı, ve gövde kuru ağırlığının 0.33 g/saksı mısır bitkisinde ise bu ağırlıkların 0.41 g/saksı ve 0.62 g/saksı olduğu belirlenmiştir.

Ortamlar kök kuru ağırlığı bakımından %5 düzeyinde, gövde kuru ağırlığı bakımından %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Kök kuru ağırlıkları ortalama değerleri, pomza:toprak ortamında 0.30 g/saksı ve torf:toprak ortamında 0.27 g/saksı olup iki farklı grupta yer alırken perlit toprak ortamı 0.28 g la bu iki ortam arasında yer almıştır. Gövde kuru ağırlığı bakımından pomza 0.50 g/saksı ve perlit 0.48g/saksı ağırlıklarla aynı

grupta yer alırken, torf 0.45 g/saksı gövde kuru ağırlığı ile farklı bir grup oluşturmuştur. Yapılan benzer çalışmalarda; arpa bitkisinin, yetiştirme ortamı olarak toprak, perlit, pomza, zeolit ile bunların karışımlarının kullanılmış, en uygun yetiştirme ortamının pomza olduğu, perlit ortamında ise pomzaya göre daha düşük değerler elde edildiği vurgulanmıştır (Türk ve ark., 2003). Gövde kuru ağırlığı bakımından pomza ve perlit ortamlarında yetiştirilen bitkilerin torf ortamında yetiştirilenlerden daha büyük bir değere sahip olduğu, kök kuru ağırlığı bakımından da perlit ve torf ortamlarına göre pomzanın bu ortamlara göre daha fazla farklılık gösterdiği, toprağa karşılaştırılan pomzanın, bitki su tüketimini azalttığı, bitki kök ve gövde kuru ağırlığı üzerinde artırıcı etkiye sahip olduğu kaydedilmiştir (Karaman, 1993).

Yetiştirme ortamlarına ait materyal karışım oranları gövde ve kök kuru ağırlık değerlerini önemli derecede etkilemiş ve bu etki ortalama değerler bakımından birbirlerinden farklı bulunmuştur. Kök ve gövde kuru ağırlıklarındaki artış, karışım oranları içerisindeki toprak miktarının artışı yönünde bir paralellik göstermiştir.

Bakteri uygulaması gövde ve kök kuru ağırlığını önemli derecede etkilemiştir. Kök kuru ağırlığı ortalama değerleri bakımından, kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu, *P. putida*'nın en yüksek ortalama değeri (0.33 g/saksı) verdiği bunu sırasıyla *A. agilis* (0.30 g/saksı), *P. aglomerans* (0.29 g/saksı) ve *B. subtilis* (0.28 g/saksı)'in izlediği belirlenmiştir. Gövde kuru ağırlığı bakımından kontrol ile bakteri uygulamaları arasında önemli bir farkın olduğu ancak bakteri uygulamaları arasında bir farklılığın olmadığı görülmüştür (Şekil 1).



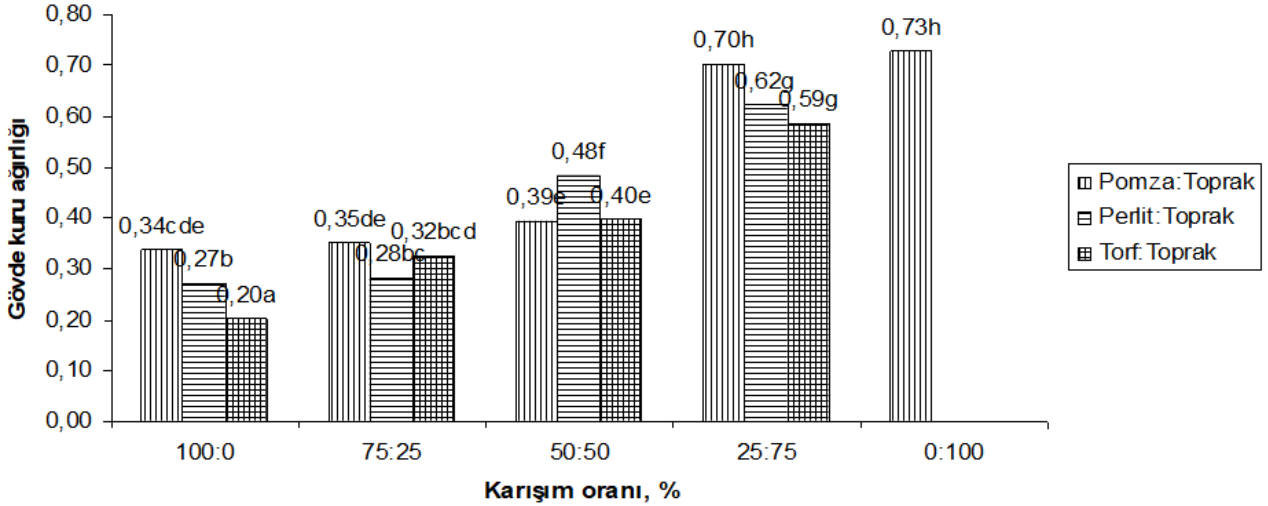
Şekil 1. Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin kök ve gövde kuru ağırlığı

Buğday bitkisinin gövde kuru ağırlık değerleri, yetiştirme ortamları bakımından birbirinden farksız bulunurken mısır bitkisi için gövde kuru ağırlık değerleri torfun yer aldığı yetiştirme ortamlarında diğer ortamlardan farklı bulunmuştur. Buğday ve mısır bitkisi kök ve gövde kuru ağırlığı, karışım oranlarında toprak içeriğinin artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Bu artış oranları, mısır bitkisinde daha belirgin olup buğday bitkisinde düşük seyretmiştir.

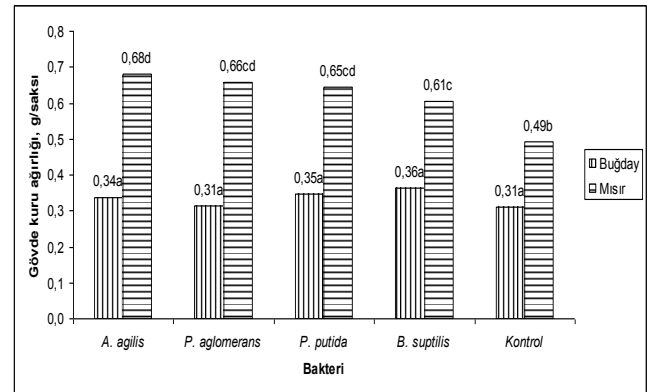
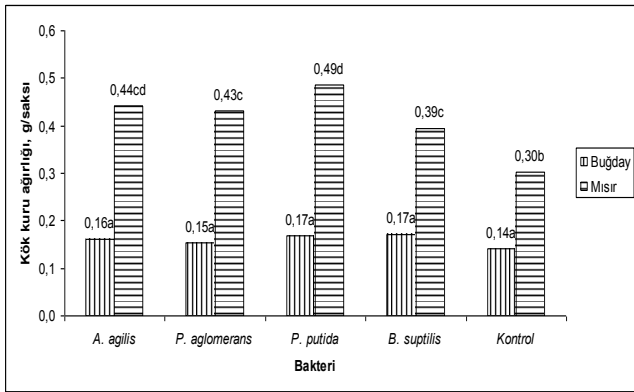
Karışım oranının 100:0 olduğu örneklerde en yüksek gövde kuru ağırlığını 0.34 g/saksı değeri ile pomza ortamı sağlarken 0.20 g/saksı değeri ile torf en düşük değere sahip olmuştur. Benzer durum, 25:75 karışım oranının olduğu örneklerde de elde edilmiş olup, en yüksek gövde kuru ağırlığını 0.70 g/saksı değeri ile pomza ortamı sağlarken 0.59 g/saksı değeri ile torf en düşük değere sahip olmuştur. Sadece toprağın yer aldığı kontrol örneğinde gövde kuru ağırlığı 0.73 g/saksı değeri ile üç farklı materyalin yer aldığı karışım değerlerinden daha yüksek gövde kuru ağırlığının ortaya çıkmasını sağlamıştır (Şekil 2).

Buğday bitkisi kök kuru ağırlıkları üzerine bakteri uygulamasının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak bulunan ortalama değerler bakımından en düşük değer (0.14 g/saksı) kontrol örneğinde ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Mısır bitkisinde ise kök kuru ağırlığı kontrol örneğinde 0.30 g/saksı olup bakteri uygulamasının olduğu örneklerden daha düşük bir değeri göstermiştir. En yüksek değeri 0.49 g/saksı ile *P. putida* bakteri uygulaması verirken bunu *A. agilis*, *P. aglomerans* ve *B. subtilis* izlemiştir (Şekil 3).

Buğday bitkisi gövde kuru ağırlıkları üzerinde de bakteri uygulamasının istatistiksel olarak önemli olmadığı, ancak bulunan ortalama değerler bakımından en düşük değeri (0.31 g/saksı) kontrol örneğinde ortaya çıktığı kaydedilmiştir. Mısır bitkisinde ise kök kuru ağırlığı kontrol örneğinde 0.49 g/saksı olup bakteri uygulamasının olduğu örneklerden daha düşük bir değeri göstermiştir. En yüksek değeri 0.68 g/saksı ile *A. agilis* bakteri uygulaması verirken bunu, *P. aglomerans*, *P. putida* ve *B. subtilis* izlemiştir (Şekil 3). PGPR'lar hızlı kök oluşumu, lateral ve kılcal köklerin gelişimi, kök ve çevresinden su ve besin alımı ve kök canlılığının artırılmasında özellikle genç bitkiler için önemli olabilmektedir (Cakmakci ve ark., 2006; Shakir ve ark., 2012; Bangash ve ark., 2013).



Şekil 2. Farklı ortam ve toprak karışım oranlarında yetiştirilen buğday ve mısır bitkilerinin gövde kuru ağırlığı



Şekil 3. Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin kök ve gövde kuru ağırlığı

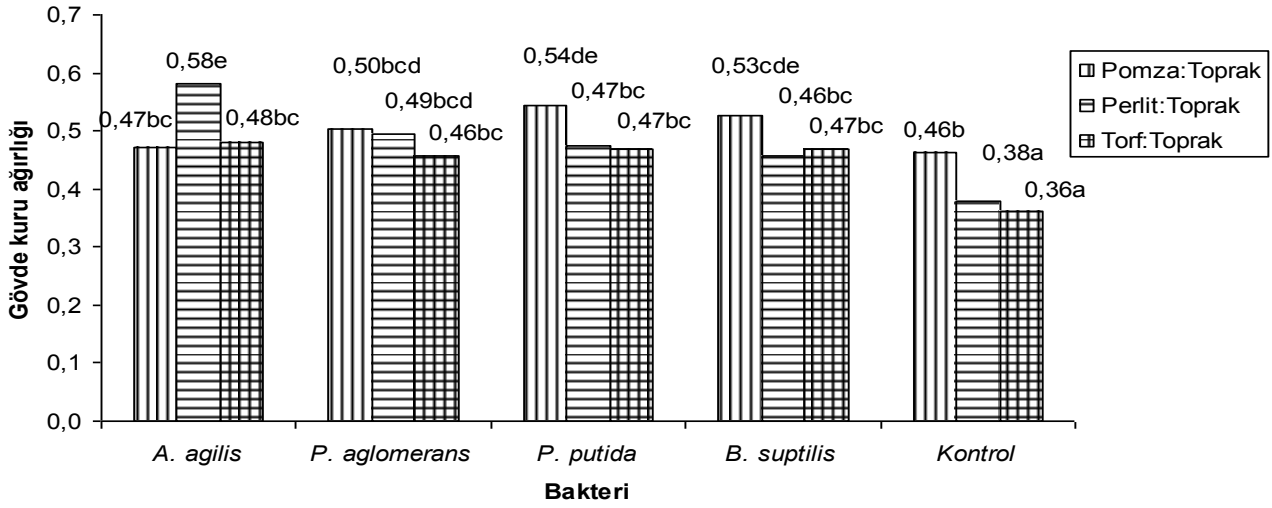
Buğdayda PGPR uygulamasının gövde ağırlığını artırdığı, en yüksek kök ve gövde ağırlığını *P. polymyxa*'nın sağladığı bunu *P. putida*, *B. megaterium* ve *P. polymyxa*'nın izlediği kaydedilmiştir. PGPR'ın buğdayda kök ve gövde artırdığı saptanmıştır. Kök ve gövde ağırlığında artışlar sağladığı farklı çalışmalarda da belirlenmiştir (Çakmakci ve ark., 2007; Baset Mia ve ark., 2010; Bangash ve ark., 2013). *Pseudomonas* bakterilerinden özellikle *P. fluorescens* ve *P. putida*'nın birçok bitkinin gelişimini teşvik ederek önemli oranda bitki verimini artırdığı da bulunmuştur (Kloepper ve ark., 1989; Vessey, 2003).

Gövde kuru ağırlığı bakımından ortam ve bakteri interaksyonu önemli bulunmuştur. Pomzanın yer aldığı ortamlarda *P. aglomerans*, *P. putida* ve *B. subtilis* uygulamaları gövde kuru ağırlığı bakımından perlit ve torfa göre daha yüksek değerler vermiştir. *A. agilis* uygulamasında perlit ortamında pomza ve torfa göre daha yüksek gövde kuru ağırlığı değerleri elde edilmiştir (Şekil 4).

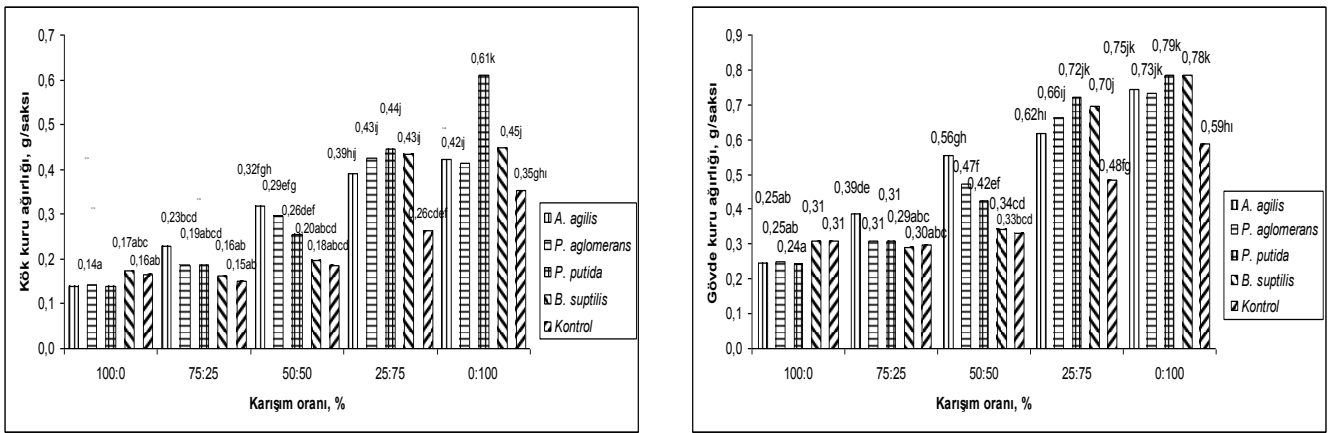
Bakteri ve ortam arasındaki interaksyon hem gövde hem de kök kuru ağırlığı için önemli bulunmuştur. Genel olarak toprak içeriğinin artmasına bağlı olarak bakteri uygulamasının etkinliği kök ve gövde kuru ağırlığının artışı üzerinde etkili olmuştur. Bakteri uygulamasında kontrol örneklerinin kök ve gövde kuru ağırlığı değerleri 100:0 karışım oranı hariç uygulamalardan daha düşük bulunmuştur (Şekil 5).

Yapılan benzer çalışmalarda bitki gelişimi üzerine mikroorganizmaların etkinliğinin farklı olduğu, özellikle *Azotobacter* ve *Azospirillum* türlerinin üretim artışlarında etkinliğinin yüksek olduğu (Çakmakçı, 2005a). İnokulant özelliklerine ve kullanılan tahıl türüne bağlı olarak serbest azot bağlayıcılarının %20-50 oranında verim artışı sağladığı (Jagnow, 1987) buğdayda %11 mısırdaki %12.5 verim artışı sağladığı (Chen ve ark., 1996) kaydedilmiştir.

Tohumlara ya da toprağa PGPR uygulamasının kök gelişimi, besin elementi alımı, azot fiksasyonu, inorganik fosfat çözünürlüğü ve alımını artırdığı vurgulanmıştır (Lucy ve ark., 2004; Sahin ve ark., 2004; Çakmakçı, 2005b; Canbolat ve ark., 2006).



Şekil 4. Farklı bakterilerle aşılansmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki gövde kuru ağırlığı

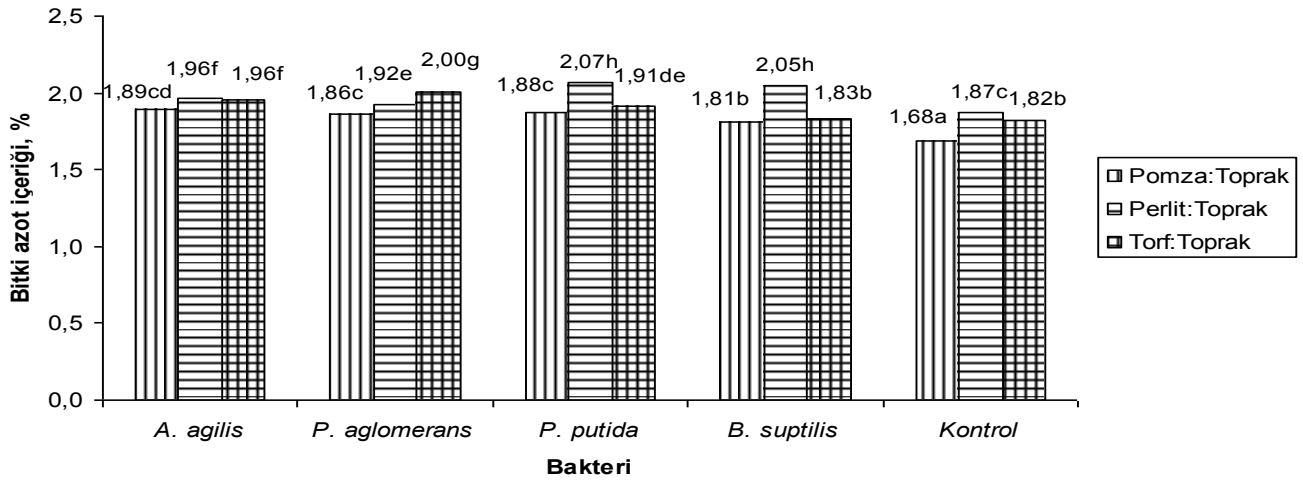


Şekil 5. Farklı bakterilerin ortam ve toprak karışım oranlarına göre kök ve gövde kuru ağırlığı

Bitki Azot İçeriği

Bakteri uygulaması bitki azot içeriğinde oldukça farklılık sergilemiştir. Ortalama bitki azot içeriği kontrol grubunda (a) %1.79, *B. subtilis* bakterisinin yer aldığı ikinci grupta (b) %1.89, *A. agilis* ve *P. aglomerans* bakterilerinin yer aldığı üçüncü grupta (c) %1.94 ile %1.93 ve *P. putida* bakterisinin yer aldığı dördüncü grupta (d) %1.95 olarak bulunmuştur.

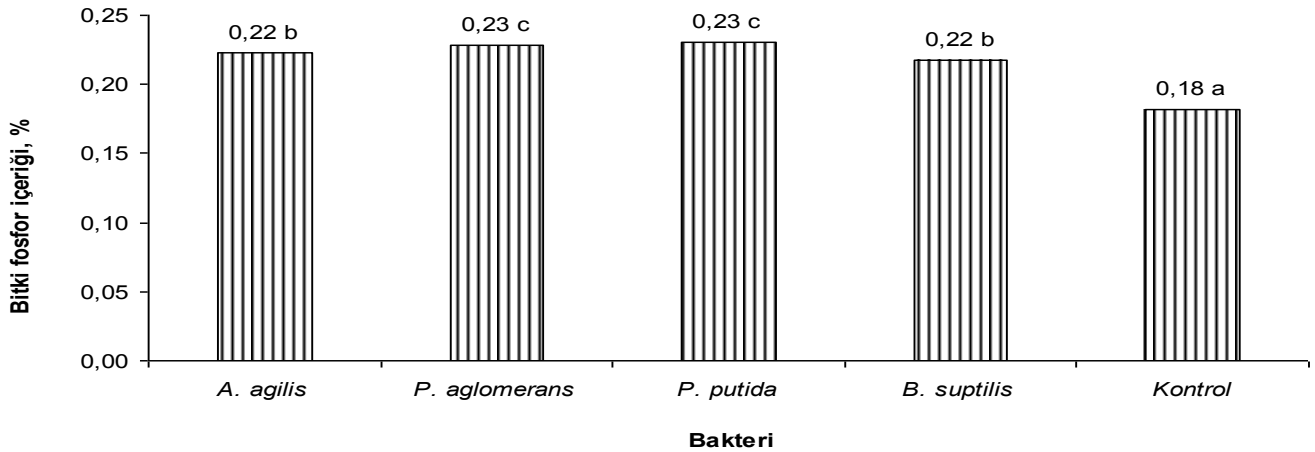
Bitki azot içeriği bakımından ortam ve bakteri uygulaması ile farklı sonuçlar elde edilmiştir. Pomza:toprak ortamı için bakteriler iki grup içerisinde yer almıştır. Bakterilerden, *A. agilis*, *P. aglomerans* ve *P. putida*'nın bulunduğu örneklerdeki bitki azot içeriği değerleri sırası ile %1,89, %1.86 ve %1.88 olup bir grupta, *B. subtilis* bakterisinin bulunduğu örnekteki bitki azot içeriği değeri de %1.81 olup diğer grupta yer almıştır. Pomza için kontrol grubu bitki azot içeriği değeri %1.68 olarak bulunmuştur. Perlit:toprak ortamında *P. putida* ve *B. subtilis* bakterilerinin bulunduğu örneklerde bitki azot içeriği değerleri %2.07 ve %2.05 olup bir grup içerisinde yer alırken bunları, *A. agilis* (%1.96), *P. aglomerans* (%1.92) izlemiştir. Perlit için kontrol grubu bitki azot içeriği değeri %1.87 olarak kaydedilmiştir. Torf:toprak ortamında, *P. aglomerans* bakterisinin bulunduğu örneklerde bitki azot içeriği %2 olup bunu *A. agilis* (%1.96), *P. putida* (%1.91) ve *B. subtilis* (%1.83) izlemiştir. Kontrol grubu bitki azot içeriği değeri *B. subtilis* bakterisinin sağladığı bitki azot içeriği değeri ile aynı grupta yer almıştır (Şekil 6). Azot oranının artmasına makro ve mikro organizmaların, organik maddenin ve su miktarındaki artışın neden olması torf ortamında ve kontrol oranında azot miktarının artmasına yol açmıştır. Nitekim benzer sonuçlar farklı araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir (Garten ve Van Miegroet, 1994; Knoepf and Swank, 1998; Ping and Boland, 2004).



Şekil 6. Farklı bakterilerle aşılınmış buğday ve mısır bitkilerinin üç farklı ortamdaki bitki azot içeriği

Bitki Fosfor İçeriği

Toprakta besin elementleri dengesinin sağlanması, toprak özelliklerinin düzeltilmesinin, toprak verimliliği ve bitkisel üretim açısından önemli olduğu ve bitki gelişimi için 16 bitki besin elementinin vazgeçilmez olduğu bilinmektedir. 16 bitki besin elementinden N,P,K halk tarafından dal, döl ve bal olarak bilinen gübrelemede en çok kullanılan besin elementleridir. Araştırmada kullanılan buğday ve mısır bitkilerinin fosfor içeriği ile ilgili varyans analiz sonuçlarına göre ortam, bakteri sayısı ve interaksiyonlarının %1'de önemli olduğu bulunmuştur. Denemede *P.aglomerans* ve *P. putida* ile aşılınmış bitkilerin fosfor içeriğinin diğer iki bakteri grubundan daha yüksek olduğu kontrol grubunun ise en düşük bitki fosfor içeriğini verdiği görülmüştür (Şekil 7).

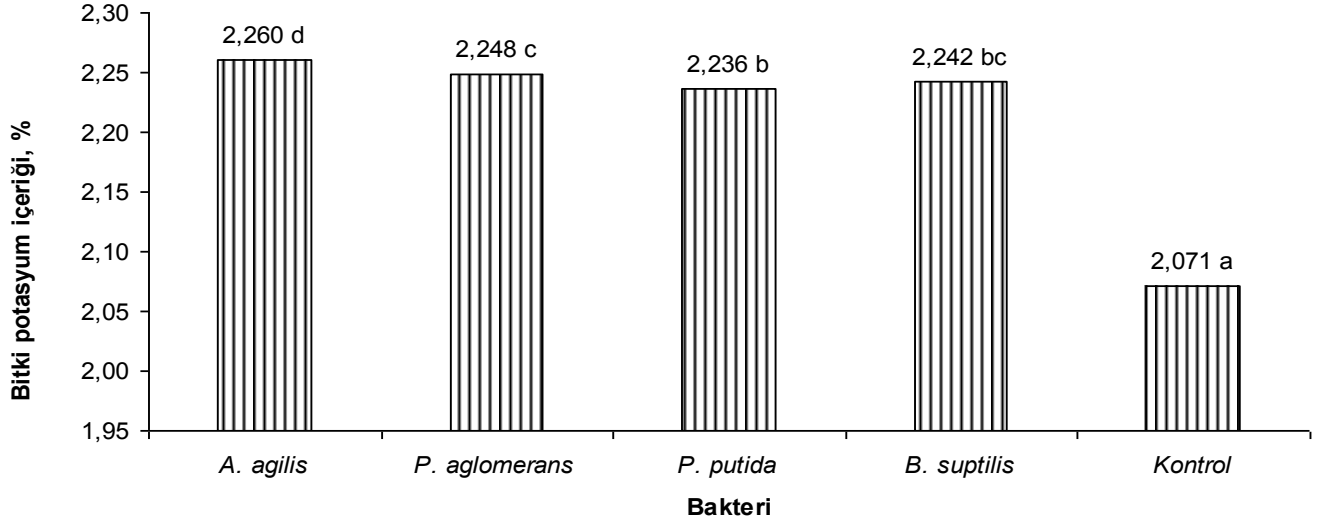


Şekil 7. Farklı bakterilerle aşılınmış buğday ve mısır bitkilerinin fosfor içerikleri

Azotobakterin fosfat çözücü bakterilerle birlikte inokulant olarak uygulandııkları ortamlarda hem bitki verimi üzerinde hem de N ve P alımında olumlu sonuçların ortaya çıkmasında etkili olduğu araştırmacılar tarafından vurgulanmıştır (Kundu and Gaur, 1984; Monib ve ark., 1984; Cakmakci ve ark., 2001).

Bitki Potasyum İçeriği

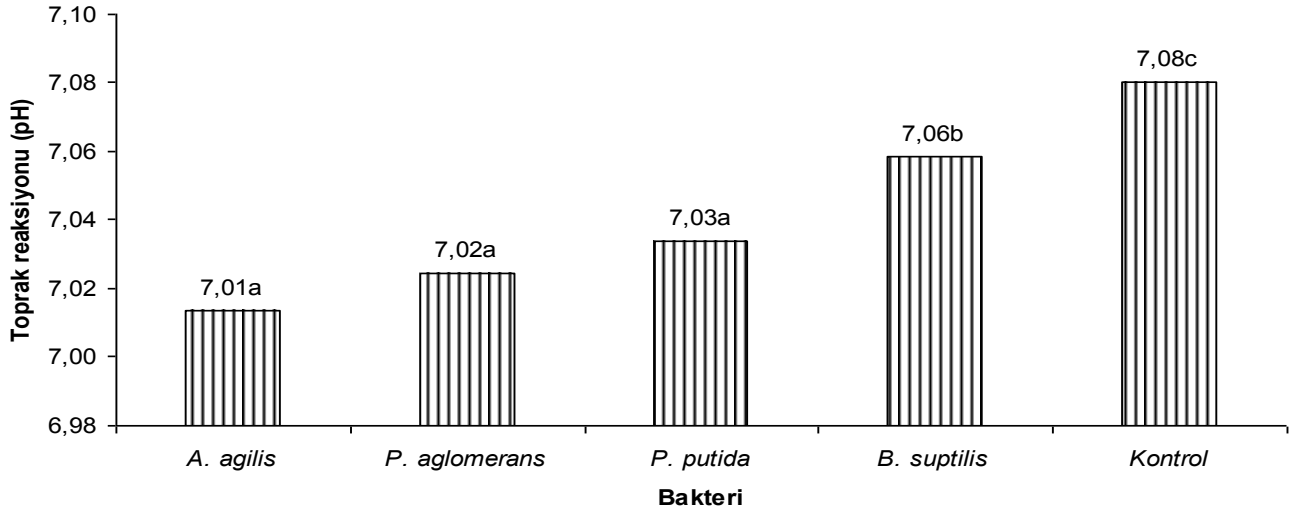
Bitki potasyum içeriği tüm uygulamalarda %1 seviyesinde önemli etkiye sahip olmuş bakteri uygulamaları, kontrol grubuna göre daha yüksek bitki potasyum içeriği değerlerini sağlamıştır. Uygulanan bakteriler içerisinde de en yüksek bitki potasyum kapsamının ortaya çıkmasında *A. Agilis* (%2,26) bakterisi etkili olmuş, bunu *P. aglomerans* (%2,25), *B. subtilis* and *P. putida* (%2,24) izlemiştir (Şekil 8). Bakteri izolatlarının belli bitki türlerinde daha etkin olması nedeniyle (Khalid ve ark., 2004) farklı çeşitlerde farklı bakterilerin etkin olduğu görülmektedir. Bakteri uygulamalarında; buğdayda 0.08 ile *P. putida* bakterisi en yüksek değeri verirken, mısırdaki *A. agilis*, *P. aglomerans* bakterileri ve kontrol (0.07) en yüksek değeri vermişlerdir. Benzer bir çalışmada *A. chroococcum*'un yerli izolatının buğday bitkisinin dane ve sap verimi ile buğday bitkisinin P ve K kapsamını önemli oranda ($P<0.05$) artırdığı Uygun (2008), mısır ve buğdayda farklı bakteri suşlarının etkin olduğu, bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin başarısının bitki tür ve çeşidine bağlı olduğu ifade edilmiştir (Çakmakçı ve ark., 2007; Shakir ve ark., 2012).



Şekil 8. Farklı bakterilerle aşılanmış buğday ve mısır bitkilerinin potasyum içeriğileri

Toprak Reaksiyonu (pH)

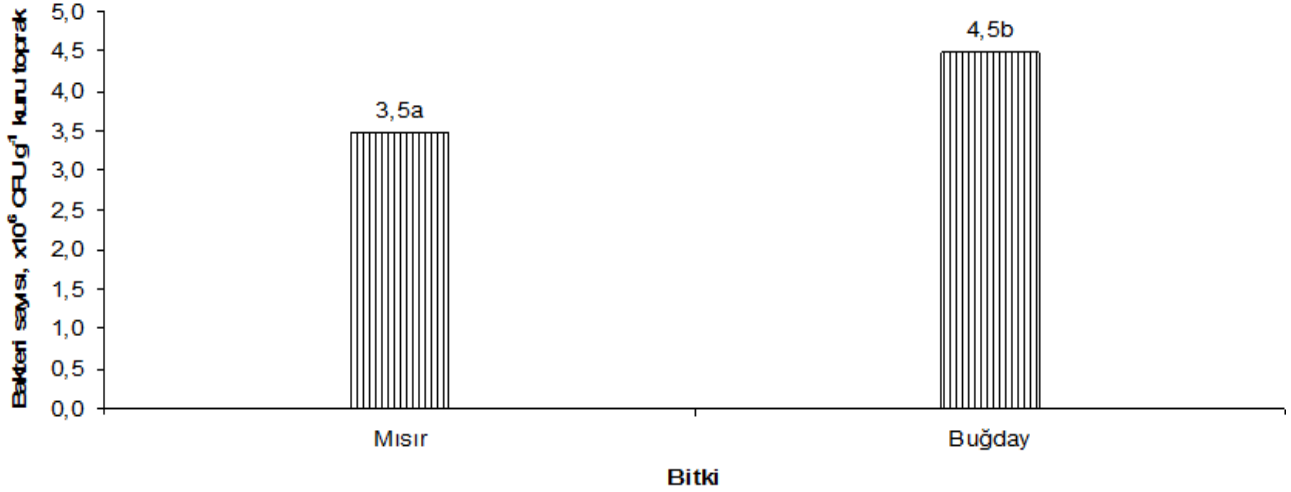
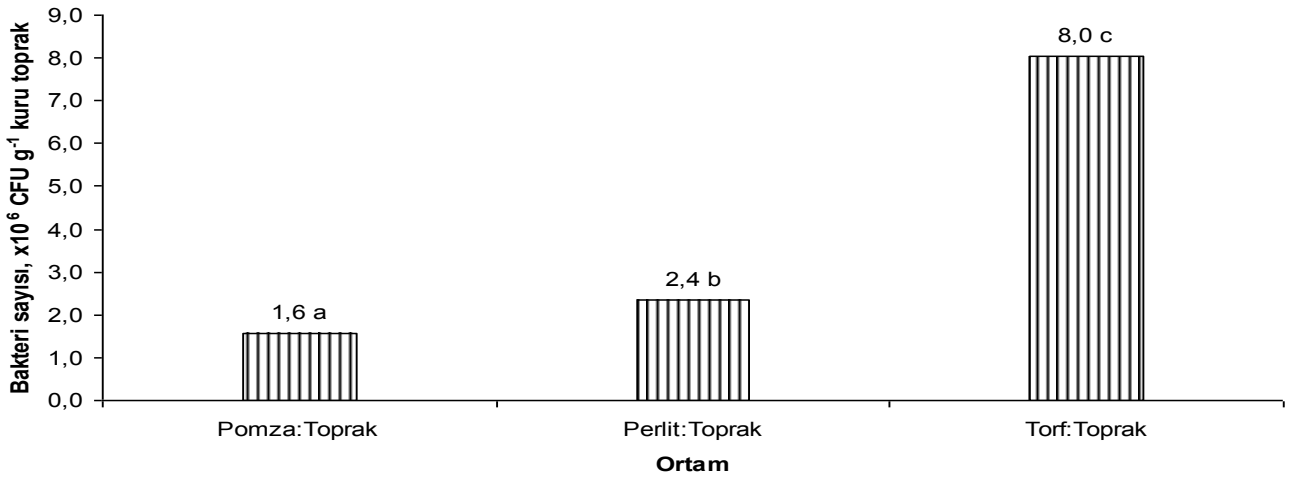
Bakteri uygulamalarında ortalama pH değerleri bakımından, *A.agilis*, *P. aglomerans* ve *P.putida* bakterileri aynı grupta yer almış ve bu bakterilerin inokulasyonu pH değişiminde birbirlerinden farklılık göstermemiştir. *B.suhtilis* bakterisi ikinci grubu ve kontrolde üçüncü grubu oluşturmuştur. (Şekil 9). Benzer sonuçlar bazı araştırmacılar tarafından da elde edilmiştir (Deubel ve ark., 2000; Canbolat ve ark., 2006). Varyans analizi sonuçlarına göre ortam ve bakteri uygulamaları ile birlikte interaksiyonlar pH değerleri %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Araştırma sonucuna göre pomza da ve kontrolde pH değerinin hafif alkali çıkmasının tamamen ortamla ilgili olduğu düşünülebilir.



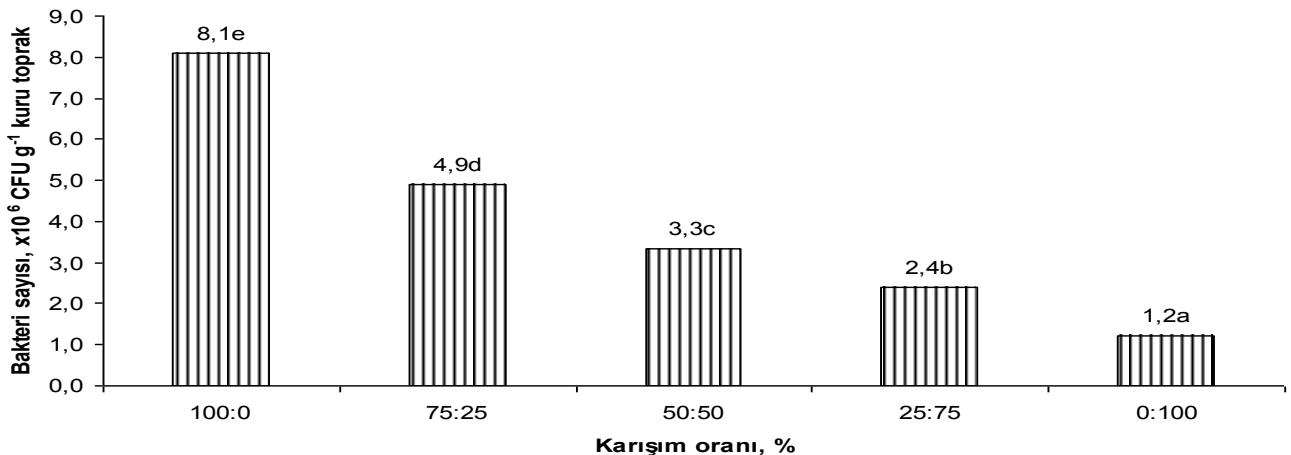
Şekil 9. Bakterilerin yer aldığı örneklerde pH değerleri

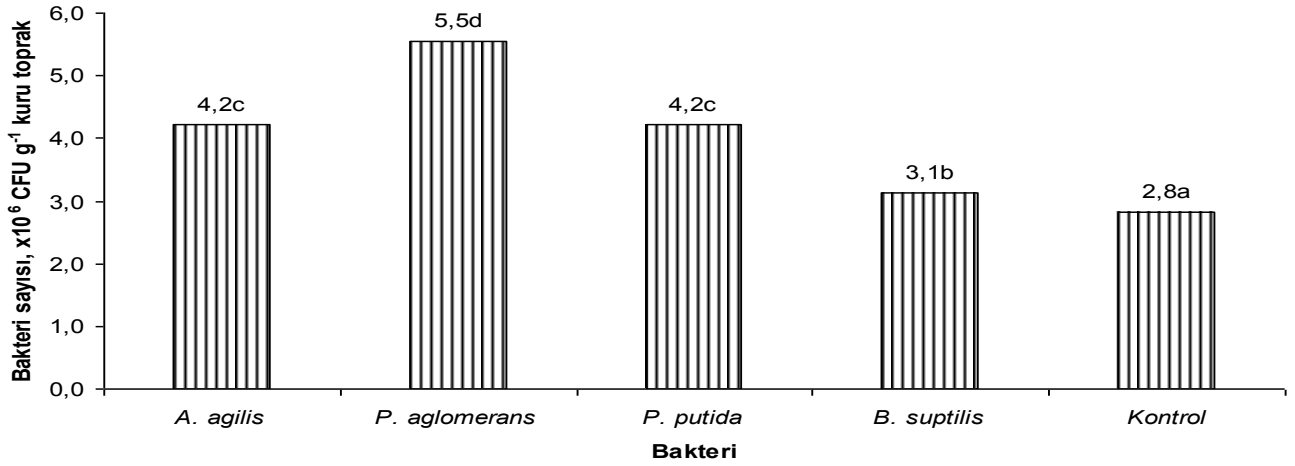
Bakteri Sayısı

Toprakta bulunan makro ve mikroorganizmalar toprak verimliliğini artırarak bitkilerin gelişmesini sağlamakta, bitki gelişimi için gerekli olan C, N, P, S, Fe, Mg gibi elementleri ayrıştırarak ve sentezleyerek bitkilere yararlı forma dönüştürmekte ayrıca toprak agregasyonunu sağlayarak toprağın tava gelmesini, yağın yağışların toprağa girişini ve depolanmasını sağlamaktadırlar. Araştırmada hazırlanan yetiştirme ortamlarının bakteri içeriğini oldukça etkilediği görülmüştür. Buğday ve mısır bitkilerinin yetiştirildiği örneklerin ortalama bakteri sayıları, buğdayda 4.5×10^6 CFU g^{-1} k. toprak ve mısırdaki 3.5×10^6 CFU g^{-1} k. toprak olarak kaydedilmiştir (Şekil 10). Bakteri sayıları bakımından pomza:toprak ortamı 1.6×10^6 CFU g^{-1} k. toprak, perlit:toprak ortamı 2.4×10^6 CFU g^{-1} k. toprak ve torf:toprak ortamı 8×10^6 CFU g^{-1} k. toprak değerlerine sahip olmuştur. En düşük bakteri sayısı pomza ortamında en yüksek bakteri sayısı da torf ortamında gelişmiştir (Şekil 11).

Şekil 10. Buğday ve mısır bitkilerinin yetiştirildiği ortamların ortalama bakteri sayıları, ($\times 10^6$ CFU g^{-1} k. toprak)Şekil 11. Ortamlara ait ortalama bakteri sayıları ($\times 10^6$ CFU g^{-1} k. toprak)

Karışım bakımından, en düşük bakteri sayısı, toprak örneğinin %100 olarak yer aldığı örneklerde (1.2×10^6 CFU g^{-1} k. toprak) en yüksek değerde materyallerin %100 olarak yer aldığı örneklerde (8.1×10^6 CFU g^{-1} k. toprak) tespit edilmiştir. Bu sonucu büyük oranda torf materyali etkilemiştir (Şekil 12). Bakteri uygulamaları, kontrol grubuna göre daha yüksek bakteri gelişimini sağlamıştır. Uygulanan bakteriler içerisinde de en fazla bakteri gelişimi P. aglomerans (5.5×10^6 CFU g^{-1} k. toprak) ve en düşük bakteri gelişimi de B. subtilis uygulamasında (3.1×10^6 CFU g^{-1} k. toprak) kaydedilmiştir (Şekil 13). Toprağa inorganik ve organik materyallerin karıştırılması ile bakteri sayılarının artabileceği birçok çalışmada kaydedilmiştir (Özkan, 1986; Astarai ve ark., 2008; Shariati ve ark., 2013).

Şekil 12. Karışım oranlarına göre ortalama bakteri sayıları ($\times 10^6$ CFU g^{-1} k. toprak)



Şekil 13. Bakteri uygulamalarına göre ortalama bakteri sayıları (x10⁶ CFU g⁻¹ k. toprak)

Sonuç

Sonuç olarak saf pomza materyalinin kuru kök ve gövde ağırlığı değerlerini, saf torf materyalinin ise bakteri sayısı değerlerini artırdığı materyal toprak karışımlarında toprak oranı arttığı zaman kuru kök ve gövde ağırlığı, bitki azot, fosfor ve potasyum değerlerinin arttığı, bakteri sayısı değerlerinin ise azaldığı belirlenmiştir. Torf ortamında bakteri sayısındaki artma nedeninin torf materyalinde organik madde miktarının ve nem oranının fazla olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Denemede P.aglomerans ve A.agilis suşlarının daha etkin olduğu, kullanılan materyallerin saf ya da toprakla karışım olarak sera ve laboratuvar da kullanılabilceği paralelinde tarla denemelerinin de yapılmasının bakteri kullanımını artırabileceği ve etkin kullanımın sağlanmasında önemli rol oynayabileceği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- AOAC, 1990. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. In: Helrich, K (Ed.), Washington, DC.
- Astaraei AR, Sanaeinejad SH, Mir. Hosseini MP, Ghoemi M, Keshavarzi A, 2008. Evaluation of vegetation cover and soil indices for soline land classification in Neyshabour region using ETM+Landsat. International symposium on goinformatics for spatial infrastructure development in eart and allied sciences.778.
- Bangash N, Khalid A, Mahmood T, Tariq Siddique M, 2013. Screening rhizobacteria containing acc-deaminase for growth promoting of wheat under water stress. *Pakistan Journal of Botany* 45, 91-96.
- Baset Mia MA, Shamsuddin ZH, Wahab Z, Marziah M, 2010. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation of tissue-cultures Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Australian Journal of Crop Science*, 4 (2): 85-90.
- Beşiroğlu A, 2007. Magnezyumun sera koşullarında farklı büyüme ortamlarında yetiştirilen domatesin gelişmesi, magnezyumun alımı ve dağılımına etkisi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Ankara.
- Canbolat M, Bilen S, Cakmakci R, Sahin F, Aydın A, 2006. Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils* 42, 350-357.
- Cakmakci R, Kantar F, Sahin F, 2001. Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 164, 527-531.
- Çakmakçı R, 2005a. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 36 (1), 97-107.
- Çakmakçı R., 2005b. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selçuk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi 35, 93-108.
- Cakmakci R, Donmez F, Aydın A, Sahin F, 2006. Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology and Biochemistry* 38, 1482-1487.
- Cakmakci R, Donmez MF, Erdoğan UG, 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31, 189-199.
- Chen Y, MeiR, Lu S, Liu L, Kloepper JW, 1996. The use of Yield Increasing Bacteria (YIB) as Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Chinese Agriculture. Management of Soil Borne Diseases, R.S. Utkhede and V.K. Gupta ed. Kalyani Publishers, Ludhiada. New Delhi.

- Clark FE, 1965. Agar-Plate Metod for Total Microbial Count. *Methods of Soil Analysis. Chemical and Mikrobiological Properties*. C. A. Black, D.D. Evans, J. L. White, L. E. Ensminger and F.E. Clark (ed) by Amer. Soc. Agron. Inc, Madison, Wisconsin USA Agron. 9, Part 2, 1460-1466.
- Deubel A, Gransee A, Merbach W, 2000. Transformation of organic rhizodepositions by rhizosphere bacteria and its influence on the availability of tertiary calcium phosphate. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 163, 387-392.
- Dowdy S, Weardin S, 1983. *Statistics for Research*. John Wiley and Sons Inc. New York, USA.
- Garten CT, Van Miegroet H, 1994. Relationship between site nitrogen dynamics and natural ¹⁵N abundance in plant foliage from the Great Smoky Mountains National Park. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 1636-1645.
- Göçmen A, 2005. Pomza ve perlitin havuç bitkisinin (*Daucus carota*) gelişimine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Jagnow G, 1987. Inoculation of cereal crops and forage grasses with nitrogen-fixing rhizosphere bacteria: a possible cause of success and failure with regard to yield response - a review. *Z. Pflanzenernaehr. Dueng. Bodenkde*, 150, 361-368.
- Kacar B, 1996. Bitki Fizyolojisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. Yayın no: 1447, s:427.
- Kadioğlu B, Canbolat MY, 2018. The Effects of Different Growing Mediums on The Root Development of Wheat. 2nd international Conference on Triticale and Wheat Biology, Breeding and Pruduction. June 25-28, 2018. Erzurum/Turkey.
- Karaman M, 1993. Bitki yetistirme ortamı olarak pomza tasının farklı azot dozlarında mısır bitkisinin gelişmesine etkisi. Gazi Osman Pasa Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi.
- Khalid A, Arshad M, Zahir ZA, 2004a. Screening plant growth promoting rhizobacteria for improving growth and yield of wheat. *Journal of Applied Microbiology*, 96, 473-480.
- Kloepper JW, Lifshitz R. and Zablutowicz R.M, 1989. Free living bacterial inocula for enhancing crop productivity. *Trends in Biotechnology*, 7, 39- 44.
- Knoepp JD, Swank WT, 1998. Rates of nitrogen mineralization across an elevation and vegetation gradient in the southern Appalachians. *Plant and Soil* 204:235-241.
- Kundu BS, Gaur AC, 1984. Rice response to inoculation with N₂-fixing and P-solubilizing microorganisms. *Plant and Soil*, 79, 227-234.
- Lucy M, Reed E, Glick BR, 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek, International Journal of General and Molecular Microbiology*, 86, 1-25.
- Özkan CF, 1986. Topraklara perlit uygulamasının azotobakterilerin aktivitesi ve biyolojik azot fiksasyonu üzerine etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, İzmir.
- Mc Lean EO, 1982. Soil pH and Lime Requirement. *Methods of Soil Analysis Part 2. Chemical and Microbiological Properties Second Edition*. Agronomy. No: 9 Part 2., 199-224.
- Mertens D, 2005. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. *Official Methods of Analysis*, 18th ed. Horwitz, W. and G.W. Latimer, (Eds). Chapter 3, pp 3-4, Gaithersburg, Maryland 20877-2417, USA.
- Monib M, Hosny I, Besada YB, 1984. Seed inoculation of castor oil plant (*Ricinus communis*) and effect on nutrient uptake. *Soil Biology and Conservation of the Biosphere : Soil Science*, 2, 723-732.
- Ping L, Boland W, 2004. Signals from the underground: bacterial volatiles promote growth in Arabidopsis. *Trends in Plant Science*, 9 (6), 263-266.
- Shakir MA, Bano A, Arshad M, 2012. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase conferred drought tolerance in wheat grown under semi-arid climate. *Soil & Environment*, 31 (1):108-112.
- Shariati L, Validi M, Tabatabaiefar MA, Karimi A, Nafisi MR, 2013. Comparison of real-time PCR with disk diffusion agar screen and E-test methods for detection of methicillin-resistand *Staphylococcus ourcus*. *Current Microbiology* 61(6)-520-4.
- Sahin F, Cakmakci R, Kantar F, 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265, 123-129.
- TÜİK 2019. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001
- Türk M, Bayram G, Budaklı E, Çelik N, 2003. Farklı Yetistirme Ortamlarının Arpa Bitkisinin Kök ve Gövde Gelişimi Üzerine Etkileri. Türkiye 5. Tarla Bitkileri Kongresi, 2, 26-30, Diyarbakır.
- Uygun B, 2008. Azotobacter spp. ile aşılamanın buğday bitkisinin verim ve besin elementi kapsamına etkisinin saptanması ve biyolojik gübre üretiminde uygun taşıyıcı materyalin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Samsun.
- Vessey JK, 2003, Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant and Soil*, 255, 571-586.
- Wollum AG II, 1982. Cultural Methods for Soil Microorganisms *Methods of Soil Analysis. Chemical and Microbiological Properties*. AL Page (ed.) Amer. Soc. Agron., Inc., Madison, Wisconsin USA. Agron 9. Part 2. Second Edition. P. 781-801.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Domates bitkisinin tuz stresine karşı tepkisinde Nano Zn-Biyo gübre formülasyonlarının etkisi

Kağan Tolga Cinisli, Nesrin Yıldız *

Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Erzurum

Özet

Çalışmanın amacı, çinkooksit nanopartikülleri (ZnO-Nps) ile *Bacillus* grubu (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) ve peynir kökenli *Lactobacillus casei* (Nm24) bakteri formülasyonun tuz stresi koşullarında domates bitkisinin gelişimi ve mineral içeriği üzerine etkilerinin araştırılmasıdır. Domates bitkisine tuz stresi oluşturmak amacıyla, 100 mg L⁻¹ çinkooksit nanopartikülleri ile birlikte 50 mMolar NaCl tampon karışımı hazırlanmıştır. Bu tampon mikroorganizmalar üzerinde standart disk difüzyon yöntemi kullanılarak petrilere yerleştirilip disklerle (30 µg) emdirilerek bakterilere uygulanmıştır. Bu koşullarda, canlılıklarını devam ettiren üç mikroorganizma (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) *Lactobacillus casei* (Nm24) seçilerek taramalı elektron mikroskobu (SEM) ve RAMAN spektroskopisi ile gözlemlenmiştir. Tuzluluk koşullarında denek bitki olarak Linda (*Lycopersicon esculentum*) seçilmiş ve sera koşullarında yetiştirme ortamı olarak her saksıya 1 kg kum ve 0,3 kg turba yosunu; üç doz çinko nanopartikül (0, 20, 40 mg L⁻¹ ZnO-Nps), 3 bakteri [*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24)], karışım formülasyonları hazırlanarak dört tekrarlı olacak şekilde deneme kurulmuştur. Oluşturulan formülasyon bir dekarlık alan için 100 litre hesabı temeline dayalı olarak suya karıştırılıp uygulanmıştır. Uygulamaların kuru madde miktarı, bitkinin besin element içeriği üzerine etkisi (azot (N) potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), fosfor (P), demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn), bor (B)) içeriği üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Uygulamalar sonucunda kuru madde içeriğinin (% 31,2), fosfor içeriği %15,64, potasyum içeriği % 2,75, kalsiyum içeriğini % 8,2, magnezyum içeriği % 17,19, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulama grubu çinko içeriği %19,01, demir içeriği % 7,75, mangan içeriği % 14,6, B bakır içeriğini % 12,71, *B. pumilis* bor içeriğini % 23,8, toplam azot içeriğinin ise yaklaşık 3 kat arttırdığı gözlemlenmiştir. Araştırma sonucuna göre tuz stresi altında bitkilerin fotosentetik tepki olarak tuz stresinden kurtulma adına karbonhidrat metabolizmasını köke yönlendirmesine neden olmuştur. Ürün verim ve verim unsurlarında meydana gelen kaybın azaltılması yönünde nanoboyutta çinko partikülleri ile *Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) kombinasyonu bu tepkinin yönetilmesinde istatistiksel anlamda önemli katkılar sağlamıştır. Bitki besin ve iyon dengesinin sağlanmasına katkıları yanında enzimsel etki mekanizması yaratarak bitkinin bu stresini azaltma yönünde önemli etkileri olmuştur. Özellikle önümüzdeki 20-30 yıllık süreç içerisinde iklim bilimcilerinin ortaya koyduğu seneryolara göre bitkisel üretimde bu tür sorunların giderek artacağı yönündeki gelişmelere karşı bu yöndeki sorunlara çözüm olabileceği yönüyle oldukça anlamlı bir çalışmadır. Bu çalışmanın tarla koşullarında yapılacak çalışmalar ile kalibre edilmesi durumunda farklı tuz stresi koşullarına göre mevcut formülasyonların yada ilave gerekli nanobesinlerin verilmesi gerekli olabilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Nanopartikül, çinko, *bacillus*, tuz, stres, domates.

Effect of Nano Zn -Bio fertilizer formulation on the response of tomato plant against salt stress

Abstract

The objective of this study was to determine the effects of zinc nanoparticles (ZnO-Nps) and *Bacillus* group bacteria on plant growth (dry matter production) and mineral content of tomato under salt stress conditions. For creating salt stress for tomato, 100 mg/L-1 zinc oxide nanoparticles were mixed with 50 Mmolar NaCl buffer. This buffer mixture was applied to bacteria using the standard disk diffusion method, 30 µg mixing buffer was applied to the disks. Three microorganisms (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) *Lactobacillus casei* (Nm24) were selected and observed by scanning electron microscopy (SEM) and Raman spectroscopy. Linda (*Lycopersicon esculentum*) was selected as the experimental plant in greenhouse conditions, 1 kg sand and 0,3 kg peat moss per pot were prepared and three doses of zinc nanoparticles (0, 20, 40 mg L-1 ZnO-NPS), 3 bacteria [*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) were tested with four replications. The prepared formulation was mixed with water and applied with a rate of 100 liter per decare. The effects of treatments on dry matter content, plant on nutrient content (nitrogen (N) potassium (K), calcium (Ca), magnesium (Mg), phosphorus (P), iron (Fe), copper (Cu), zinc (Zn), manganese (Mn) and boron (B) contents were evaluated. The results indicated that the increasing rates in dry matter content, phosphorus, potassium, calcium, magnesium, zinc, iron, manganese, copper, boron and total nitrogen contents of leaf were 31.3% 15.64 %, 2,75 %, 8.2 %, 17,19 %, 19,01 %, 7,75 %, 14,6%, 12,71 23.8% respectively, with *B. subtilis* (N28)+40 Znanops application. It was clearly shown that the

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 442 231 2464

E-posta : nyildiz@atauni.edu.tr

Geliş Tarihi : 6 Ağustos 2019

Kabul Tarihi : 23 Kasım 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668898

combination of zinc particles and *Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) in nanoparticles had statistically significant effect on reducing crop yield loss and yield properties under salt stress conditions. Plant nutrients and ion balance in addition to their contribution to the enzymatic effect mechanism creating the plant has important effects in reducing stress. Especially in the next 20-30 years, according to scenario put forward by climatic scientists, this kind of problems in plant production will increase gradually against developments in this direction is a very valuable work in terms of solution to problems. If this study is calibrated with the studies to be done in field conditions, it may be necessary to give the existing formulations or additional needed Nano particular nutrient in the different salt stress conditions.

Keywords: Nanoparticle, zinc, bacillus, salt, stress, tomato

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tuz stresi altındaki pekçok bitki, beslenme dengesizliklerinin bir sonucu olarak, oksidatif ve mekanik veya sekonder streslerden de etkilenir. ZnO-NP'ler, bitkilerde abiyotik strese karşı tanınma ve yanıtta yer alan çeşitli mekanizmaların düzenlenmesinde güçlü bir rol oynamaktadır (Prasad ve ark., 2012). Yüksek bitkilerdeki tuzluluk ile ZnO arasındaki etkileşime ilişkin raporlar giderek artmaktadır, ancak halihazırda tuz stresinden kaynaklanan zararları azaltmak için ZnO-NP uygulamalarının olası yararlı etkileri hakkında çok az sayıda bilgi mevcuttur. Tuz stresi altında, Reaktif Oksijen Türlerinin (ROS) hücre içi düzeylerindeki artışların, hücre yapılarında ciddi hasarlara neden olduğu ve SOD ve GPX gibi bir dizi genin ekspresyonunu etkilediği görülmüştür (Gill ve Tuteja, 2010). Reaktif oksijen türleri (ROS), bir dizi genin ekspresyonunu etkilediği bilinmekte ve tuzluluk tarafından indüklenen abiyotik stres tepkilerinde birçok işleme katkıda bulunmaktadır.

Zhao ve ark. (2014) tarafından yapılan bir sera çalışmasında bir toprak karışımına 400 ve 800 mg kg⁻¹ ZnO-NP uygulanmasının ardından salatalık biyokütlesini arttırdığını bildirmişlerdir. Sonuçlar, meyvelerin kuru ağırlığının, kontrol grubuna kıyasla sadece % 6 ve % 8 oranında artmasına rağmen, bitki kökü kuru kütlesinin kontrol grubuna göre 1,1 ve 1,5 kat daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Hasat edilmiş salatalık meyvelerinde, ZnO-NP'lerin uygulanması da, nişasta içeriğini (1.1-1.6 kat), glutelin (0.9-2 kat) ve Zn'yi (1.7-2.5 kat) arttırdığını bildirmiştir (Zhao ve ark., 2014). Lin ve Xing (2007), 2 mg L⁻¹ ZnO-NP uygulanmasının çimlendirilmiş turp tohumlarının kök uzamasını kontrole göre arttırdığını bildirilmişlerdir. Optimum konsantrasyonlarda Zn-NP'lerin kullanılması bu fideler üzerinde önleyici veya toksik etkilere sahiptir. Bununla birlikte, bu raporların hepsinde ZnO-NP'lerin ciddi fitotoksitesisi, 400 ila 2000 mg L⁻¹ arasındaki yüksek NP-Zn konsantrasyonlarında olduğu anlaşılmıştır (Lopez ve Satti, 1996; Lin ve Xing, 2007; Lee ve ark., 2010; Zhao ve ark., 2014). Zn nanomateryallerin çözünürlüğü, boyut, spesifik yüzey alanı, tepkimelerden etkilenmeyecek oluşu gübre olarak kullanılabilmesinin göstergesi olmuştur (Subramanian ve Sharmila, 2012; Mosanna ve Khalilvand, 2015). Örneğin sebzelerin tohumdan çimlenmesine çinko'nun olumsuz etkisi görülürken nano boyuttaki çinkooksit (ZnO) nanopartiküllerinin olumlu etkileri görülmüştür (Prasad ve ark., 2012). Fıstık tohum çimlenmesi, yaprak klorofil içeriği, kök ve gövde büyümesi, üzerine olumlu etkilerinin olduğu ortaya çıkmıştır (Singh ve ark., 2013). Tuza dayanıklılık yönünden değişik bitkiler arasında önemli farklılıklar görülebilir. Bitki dokularında K iyonu ile bitki polimerleri (Pas) arasında ilişki olduğu saptanmıştır (Smith 1985; Flores ve Galston 1982; Iqbal ve Ashraf, 2006). Ayrıca tuz stresi koşullarında bitki bünyesinde poliaminlerin birikimi görülmektedir. Tuz stesi koşullarında bitki dokularında iyon birikimi olduğu gibi poliaminlerin de biriktiği görülmüştür. Domates bitkisinin tuz stresi koşulları altında SOD ve GPX gen ekspresyonlarının değiştiği ortaya çıkmıştır (Gill ve Tuteja, 2010). Bitkiler tuz stresine karşı kendi metabolizmasını ayarlayarak bir savunma mekanizması oluşturmak için bünyelerinde bazı sinyal yollarını aktive ederek tuz stresine cevap verirler (Khan ve ark., 2016). Bu stratejiler stomaların kapanması ozmotik iyon taşıyıcılar, sekonder metabolitlerin taşınmasını içerir. Fitohormonlar yani salisilik asit (SA), jasmonik asit (JA), ve absisik asit (ABA) tuz stresine yanıt olarak hayati bir önem taşımaktadırlar (Kazan, 2015). Alharby ve ark. (2016) yapmış oldukları çalışmada NaCl stres altındaki her iki düzeyde (15 ve 30 mg L⁻¹) ZnO-NPs ile işlenmiş domates bitkilerinin, SOD ve GPX genleri mRNA ekspresyon seviyesinde arttığı gözlemlenmiştir. Görünüşe göre, ZnO-NP'lerin varlığı domates bitkilerinde mRNA'nın aktivitesini değiştirebilir ve bu tuzluluk stresi karşısında iyileştirici etki gösterebilir. Bunun için muhtemel bir açıklama, ZnO-NP'lerin düşük ve/veya uygun dozunun, bitki metabolizması üzerinde pozitif bir tepkiye sahip olduğunu belirten, daha sonra etkilenen azot gibi temel besin maddelerinin emilimi, iyon homeostazi, osmotik biyosentez, protein içeriği ve toksik radikal türetmenin artırıldığı ortaya çıkmıştır (Laware ve Raskar, 2014). Bununla birlikte, SOD ve GPX genlerinin mRNA düzeylerindeki artışları, transkripsiyonlu mRNA'ların artmış kararlılığının bir sonucu olabilir (Soydam ve ark., 2013).

Bu çalışmanın amacı; nanomateryaller ve bitkiler açısından faydalı mikroorganizmaları içeren yeni bir formülasyonun oluşturulup, bitki gelişimini stres koşullarında teşvik etme potansiyeline sahip yeni bir ürünün oluşturulma basamaklarından bir kısmını esas almaktadır.

Materyal ve Yöntem

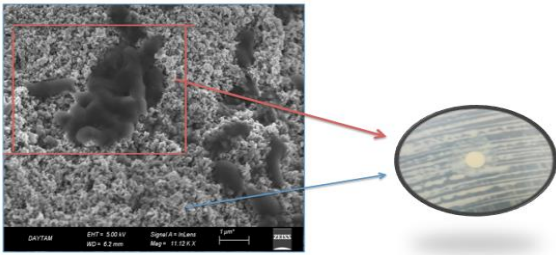
Araştırmada mineral gübre kaynağı olarak çinkooksit nanopartikülleri (cas number 1314-13-2, <100 nm particle size (TEM), ≤40 nm avg. part. size (APS), 20 wt. %in H₂O) sigmadan hazır olarak satın alınmış, kullanılan mikroorganizmalar Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümünden temin edilmiş, denek bitki olarak domates bitkisinin Linda çeşidi (*Lycopersicon esculentum*) fide olarak temin edilmiş olup sera denemesinde tuzluluk stresine indikatör bitki olarak kullanılmıştır. Bitkinin yetiştirilme ortamı olarak kum ve turba yosun karışımı (w/w, 3/1) oranında kullanılmıştır. Biyo canlılığın sürdürülebilirliğini sağlamak için ortam olarak şilempe kullanılmıştır.

Saf bakteri kültürlerinin besiyeri ortamında geliştirilmesi ve sterilizasyonu

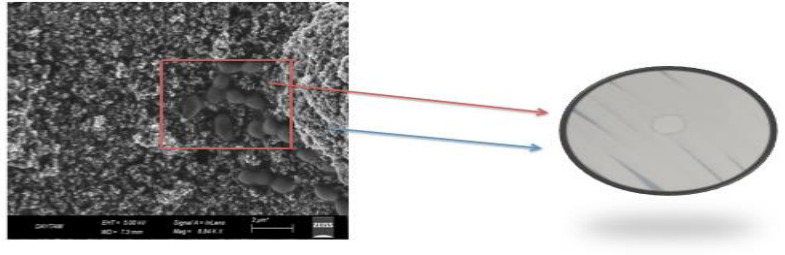
Nutrient agar ve M17 besiyerleri hazırlanarak 121°C de 15 dk steril edildikten sonra 45°C ye kadar soğutularak steril petrilere dökülerek katılaşmaya bırakılmıştır.

Disk difüzyon yöntemi ile nanopartiküllerle birlikte tuzlu koşullarda gelişimini sürdüren bakterilerin seçimi

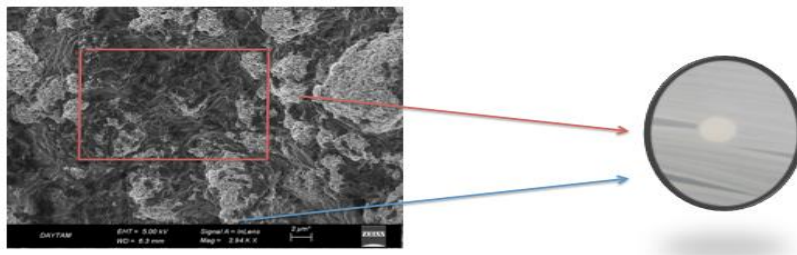
50 mMolar NaCl ve 100 mg L-1 çinkooksit nanopartikülleri birlikte tampon karışımı hazırlanmıştır. Yirmi mikroorganizma üzerinde MuellerHintonagar besiyeri standart disk difüzyon yöntemi kullanılarak petrilere yerleştirilen disklere 30 µl karışım tampon emdirilmiştir. 3 gün süre ile 37 de etüvde bekletildikten sonra üç mikroorganizmanın (*Bacillus subtilis* (N28), *Bacillus pumilis* (N1) ve peynir kökenli *Lactobacillus casei* (Nm24) petrilinde disk çevresinde üremenin görüldüğü tespit edilmiştir (Şekil 1-4).



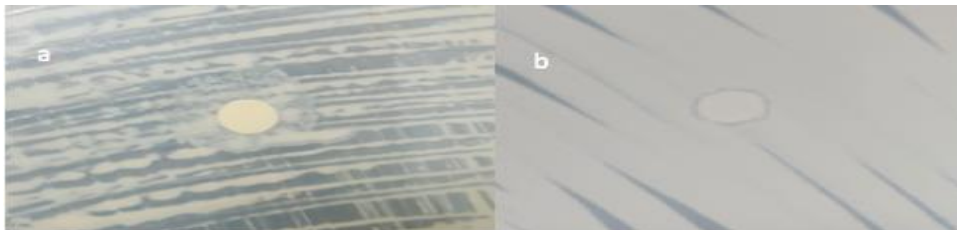
Şekil 1. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Lactobacillus casei* (Nm24) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi



Şekil 2. Taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile *Bacillus pumilis* (N1) için disk difüzyon yöntemi kullanılarak nanopartiküllerle olan sinerjik etkisi



Şekil 3. Dayanıklı mikroorganizmaların seçimi için karışım tamponunun disklere emdirilerek petrilere yerleştirilmesi



Şekil 4. Disklere emdirilen karışım tamponunun 20 mikroorganizma da denenmesi a) Mikroorganizmaların seçiminde nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettirebildiği b) Mikroorganizmaların nanopartikül ve tuz karışımına karşı canlılıklarını devam ettiremediğinin göstergesidir.

Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) görüntüleri

Nanopartikülün hazırlanan formülasyon içerisindeki morfolojik analizleri için Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) kullanılmıştır. SEM analizinde iletkenliğini sağlamak için örnekler altınla kaplanmıştır. Bu kaplamadaki amaç altının yüksek iletkenlik ve oksitlenmeme özelliğinin olmasıdır. 20.000 x, 30.000 x ve 50.000 x olarak üç farklı büyütme oranlarıyla nanopartiküllerin SEM görüntüleri alınmıştır.

Nano-biyo gübrenin RAMAN spektroskopisi ile görüntüleri

Oluşturduğumuz formülasyonun nanopartikül içeriğinin iyice doğrulanması adına kullanılan nanopartiküllerin molekülleri içerisindeki bağlar ve bu bağların üzerine düşürülen ışığı esnek olmayan şekilde saçması yöntemine göre çalışan RAMAN spektroskopisi ile doğrulamak amacıyla 785 nm lik lazer kaynağı ile çinkooksit nanopartikülleri analiz edilmiştir (Şekil 5). Genel olarak oluşturulan formülasyonda 10 mikrometrelik mikroorganizmalar üzerindeki ZnO nanopartiküllerin genel olarak yüzde 22 si nanopartikül geri kalan kısmı ise mikroorganizmalardan oluşmaktadır.



Şekil 5. Raman cihazıyla nano-biyo gübrenin a) ZnO nanopartikülü görüntülenmesi b) Bakteri yüzey görüntülenmesi

Dökme plaka yöntemi ile bakterilerin (*Bacillus Subtilis* (N28), *Bacillus Pumilis* (N1) *Lactobacillus Casei* (Nm24) sayımlarının yapılması

Bakteri stok suşlarından 100 mikrolitre alınarak son hacim 1 ml olacak şekilde fizyolojik tuzlu su içerisinde çözdürülerek 10⁻¹'lik ilk dilüsyon hazırlanmıştır. Her bir dilüsyondan iki steril petri kutusuna birer ml aktarılmış ve üzerine 45 °C'ye soğutulmuştur. 37 °C'de 48 saat inkübasyona bırakılmıştır (48 saatte üreme olmazsa petriler 24 saat daha inkübasyona tabi tutulur). Oluşan koloniler sayılarak (kob/ml olarak) hesaplama yapılmıştır. Hesaplama yapılırken, ard arda iki seyreltmeden yapılan ekim sonuçlarının aritmetik ortalaması alınmış numune içindeki mikroorganizma sayısı hesaplanmıştır. Hesaplama kullanılan formül; $N = C / [V \times (n_1 + 0,1 \times n_2) \times d]$ şeklindedir. 12 Burada; N = örneğin Bir gram veya 1 ml'sinde mikroorganizma sayısı C = Sayımı yapılan tüm petri kutularında bulunan koloni sayısı toplamı V = Sayımı yapılmış petri kutularına aktarılan hacim miktarı (ml) n1= ilk seyreltmeden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi n2= ikinci seyreltmeden yapılan sayımlarda sayım yapılan petri kutusu adedi d= Sayımın yapıldığı ardışık iki seyrelti

Bakterilerin canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın seçilmesi

Bakterilerin formülasyonlarımız içerisinde yaşamlarını devam ettirebilmeleri için taşıyıcı ortam olarak şeker şurubu şilempe kullanılmıştır. Şilempe saf su ile (w/w, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100) oranında seyreltilerek üç farklı bakteri türüne uygulanmıştır. Uygulamada 1/100 seyreltmede bakterilerin ürediği görülmüş elde edilecek ürünün maliyetinin daha düşürmek adına bu seyreltik oran formülasyonlar için kullanılmıştır.

Deneme deseni ve deneme konuları

Ülkemizde yaygın olarak kullanılan Linda domates (*lycopersicon esculentum mill*) çeşidi tuz stresine maruz bırakılmıştır. Tam şansa bağlı deneme modeline (3x3x4) göre çalışma üç doz (0, 20, 40 mg L⁻¹ ZnO-Nps (sigma cas number 1314-13-2, <100 nm particle size (TEM), ≤40 nm avg. part. size (APS), 20 wt. % in H₂O) × 3 bakteri [*Bacillus pumilis* (5,7x10⁷ cfu/ml) N1, *Bacillus subtilis* (1x10⁸ cfu/ml) N28, *Lactobacillus casei* (2,9x10⁸ cfu/ml) Nm24] × 4 (tekerrür) olacak şekilde deneme kurulmuştur. Oluşturulan bir litrelik formülasyon 1 dekarlık alana 100 litre saf suya karıştırılıp uygulanacak şekilde ayarlanmıştır. Bitki fideleri 10 cm lik derinlikte saksılara yerleştirilecek yetiştirme ortamı olarak kuartz kum ve turba yosunu (1:3) oranında karıştırılarak 1,1 litrelik (30 cm) saksılara uygulanmıştır. Oluşturulan formülasyonda bakteriler için sıvı taşıyıcı ortam olarak şilempe kullanıldığı için v/v 1/100 olarak şekilde uygulanmıştır. Bitkinin besin ihtiyacını karşılamak Arnon (1938) besin çözeltisi uygulamaları haftada bir kez yapılmıştır. Bitkilere yapay

tuz stresi yaratmak için sodyum klorür ile (Kotuby ve ark., 1997; Bayraklı, 1998; Kanber ve ark., 1992) muameleler, 3–4 yapraklı fideler saksılara aktarıldıktan hemen sonra uygulanmaya başlanmıştır. NaCl 50 mM saksılara haftada üç kez uygulanmıştır. Uygulama Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi seralarında sürdürülmüştür.

Fide Temini Bakım, Hasat İşlemleri ve Örnekleme İşlemlerinin Yapılışı

Linda çeşidi domates fideleri Akdeniz bölgesi Antalya ilinden temin edilmiştir. Denemeler Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü seralarında saksılarda kurulmuş ve doğal ışık altında yürütülmüştür. Biyolojik gübre ile nanopartikül karışım süspansiyonları tuz stresi altında yetiştirilen bitkilerin kök bölgesine enjekte edilmiştir. Deneme periyodu boyunca bitkilere kimyasal ilaç uygulanması yapılmamış, yabancı ot elle kontrol edilmiştir. Tuz stresi koşullarına bağlı olarak iki ay çalışma sürdürülmüş, kontrol grubunun durumu ve çiçeklenme dönemi dikkate alınarak hasat işlemi gerçekleştirilmiştir. Saksı içeriğinin tamamı örneklenmiştir. Örnekler yıkanmış, 65°C'ye ayarlı kurutma dolabında son tartım sabit kalıncaya kadar kurutulmuş ve bitki öğütme değirmeninde öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir (Kacar ve İnal, 2008).

Elementel analiz (Sodyum, Potasyum, Kalsiyum, Demir, Bakır, Çinko, Manganez, Fosfor, Magnezyum, Bor)

Domates örneklerinin P, K, Mg, Ca, Fe, Na, Mn, Zn, Cu, ve B içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile üç aşama (1. aşama; 145°C de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. aşama; 180°C'de % 90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. aşama 100°C'de % 40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı olan mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) yakılmış (Mertens, 2005a) sonra ICP-OES spektrofotometresinde okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens, 2005b).

Toplam Azot Tayini

Bitki örneklerinin toplam azot içeriğini belirlemek açısından azot içeriği salisilik + sülfürik asit + tuz karışımı ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikrokjeldahl yakma ünitesinde destilasyon sonucu titrasyon ile tam otomatik azot analizöründe belirlenmiştir (Bremner, 1996).

İstatistiksel Değerlendirmeler

Tam şansa bağlı faktoriyel deneme desenine göre, varyans analizleri, ortalamaların karşılaştırılması ve Duncan çoklu karşılaştırma testleri yapılmıştır (Yıldız ve Bircan, 1994). Elde edilen veri setleri SPSS-22 software kullanılarak değerlendirilecektir.

Biyo-Nanoçinkooksit (NP-ZnO) Gübre Formülasyonlarının Oluşturulması

Formülasyon için kullanılacak bakteriler üretilerek nanopartiküllerle canlılık tesleri yapılmıştır. Her bakteri türü ayrı ayrı seçilmiş farklı konsantrasyonlardaki nanopartiküllerle sıvı bir formülasyon oluşturulacak şekilde taşıyıcı ortam (silempe) eklenerek oluşturulmuştur.

İş Akış Şeması, Bakteriyel Canlılık Testi ve Sıvı Taşıyıcı Ortamın Kullanılması

Çalışma Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Bitki Besleme Bölümü ve Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir.

Bakteriyel canlılık testi ve sıvı taşıyıcı ortamın kullanılması

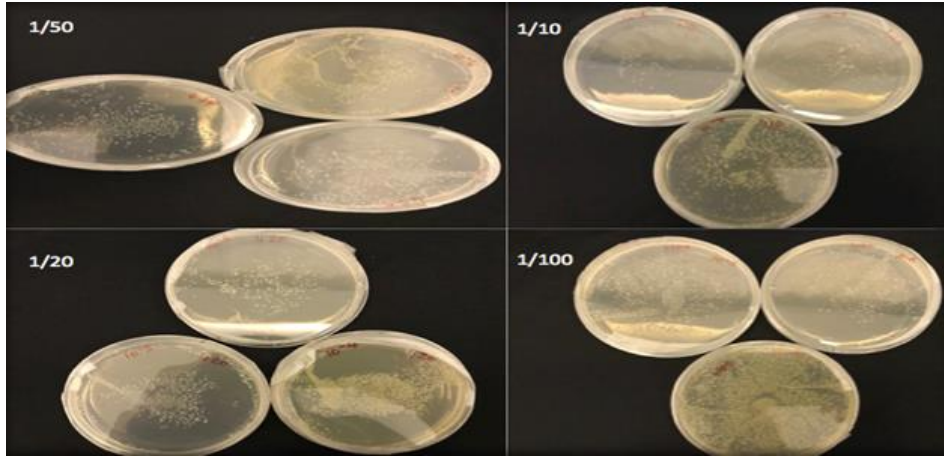
Yapılan bu deneyler sonucunda 10^9 oranında seçilen bu üç bakterinin ortamda bulunan çinkooksit nanopartikülleri ve tuzluluk koşullarından etkilenmedikleri tespit edilmiştir. Kullanılan şilempe sayesinde ortamda bakteriyel canlılıklar devam ettirilmiştir. Sıvı taşıyıcı olarak şilempe (w/w, 1/100 deynize su) ve 40 mg ZnO nanopartikülü Raliya ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışmaya göre bitkiye toksik etki oluşturmayacak konsantrasyon değerleri dikkate alınarak bu doz seçilmiştir) ayrı ayrı eklenerek birer litrelik üç farklı formülasyon için karıştırılarak üç adet biyo-nano gübre formülasyonu elde edilmiştir.

Çizelge 1. Üç Farklı Nano-Biyo Gübre formülasyonlarının bir mililitresinde bulunan Bakteri Sayısı

Bakteri	Kod	kob/ml
<i>Bacillus subtilis</i>	N28	1×10^8
<i>Bacillus pumilis</i>	N1	$5,7 \times 10^7$
<i>Lactobacillus casei</i>	Nm24	$2,9 \times 10^8$



Şekil 6. Bakteriler için sıvı taşıyıcı olarak kullanılan şilempede yapılan seyreltmeler



Şekil 7. Sıvı nano-biyo formülasyonlarında bakterilere besin sağlamak için kullanılan şilempenin üç haftalık inkübasyonu sonucunda (w/w, 1/10, 1/20, 1/50, 1/100) seyreltik oranlarına üç bakteride gelişim durumları

Yapılan deneyler sonucunda seçilen bu üç bakterinin (*Bacillus pumilis* (N1), *Bacillus subtilis* (N28), *Lactobacillus casei* (Nm24) ortamda bulunan çinkooksit nanopartikülleri ve tuzluluk koşullarından etkilenmedikleri tespit edilmiştir. Kullanılan şilempe sayesinde ortamda bakteriyel canlılıklar devam ettirilmiştir. Sıvı taşıyıcı olarak şilempe (w/w, 1/100 deiyne su) ve 40 mg ZnO nanopartikülü (Raliya vd, 2015 yılında yaptıkları çalışmaya göre bitkiye toksik etki yaratmayacak şekilde bu doz seçilmiştir) ayrı ayrı eklenerek birer litrelik üç farklı formülasyon için karıştırılarak üç adet biyo-nano gübre formülasyonu elde edilmiştir. Yapılan sera deneme sürecinde merkezi otomasyon sistem tarafından ortam şartları kontrollü bir şekilde takip edilmiştir. Deneme, domateslerin çiçeklenme başlangıcına kadar 8 hafta uygulanmış ve sonlandırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Bu çalışmada üç farklı mikroorganizma (*Bacillus subtilis* 1×10^8 , *Bacillus pumilis* $5,7 \times 10^7$, *Lactobacillus casei* $2,9 \times 10^8$) ile birlikte çinkooksit nanopartikül içerikli formülasyonu (0, 20, 40 mg /l) olacak şekilde sera koşullarında uygulanarak bitkinin 90 günlük periyotta gelişme sürecine etkileri araştırılmıştır. 90 günlük yetiştirme periyodu sonucunda alınan üst aksam ve kök kısımları analiz yapılarak değerlendirilmiştir.

Saksı Bitkilerin Üst Aksam Analiz Sonuçları

Domates bitkisine ait sera denemesi sonucu hasat edilen bitki yapraklarının analizi sonucunda ortaya çıkan değerler Çizelge 2, 3 ve 4'de verilmiştir.

Nano-biyo gübrenin taramalı elektron mikroskobu (SEM) ile görüntülenmesi

Taramalı elektron mikroskop analizleriyle numunelerin görüntüleri alınmıştır. Burada 2 mikrometrelik bakteri boyutlarıyla birlikte çinkooksit nanopartiküllerinin boyutları 35 nm ve hegzagonal yapıya olduğu, ZnO nanopartikülleri ile birlikte bakteri gruplarının birlikte yaşadığı Nano-Biyo gübre formülasyonları görülmektedir.

Çizelge 2. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin makro element (Toplam Azot, Fosfor, Kalsiyum, Potasyum, Magnezyum) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz (dS/m)	N (%)	Mg (mg/kg)	P (%)	K (%)	Ca (%)
Kontrol	50	1,960 ± 0,200 c	0,159 ± 0,001bc	0,368 ± 0,038 b	2,523 ± 0,001 d	0,810 ± 0,005 b
ZnNanops	50	2,980 ± 0,120 d	0,161* ± 0,001 bcd	0,365* ± 0,001 a	2,626 ± 0,001 h	0,790* ± 0,004 b
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	2,320 ± 0,440 d	0,156* ± 0,002 b	0,387* ± 0,009 c	2,571 ± 0,009 f	0,800* ± 0,005 b
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	3,750 ± 0,220 cd	0,152* ± 0,001 ab	0,395* ± 0,001 d	2,776 ± 0,001 ı	0,810* ± 0,003 b
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	4,500 ± 0,340	0,170 ± 0,003 e	0,386* ± 0,001 c	2,464 ± 0,001 c	0,840 ± 0,004 c
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	1,650 ± 0,900 c	0,192 ± 0,003 f	0,402 ± 0,001 e	2,433 ± 0,001 a	0,870 ± 0,003 de
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	3,010 ± 0,220 cd	0,141 ± 0,004 a	0,429 ± 0,001 f	2,446 ± 0,002 b	0,882 ± 0,005 e
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	3,290 ± 0,560 ef	0,170 ± 0,001 de	0,436 ± 0,002 g	2,594 ± 0,003 g	0,881 ± 0,003 e
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	5,230 ± 0,12ab	0,172 ± 0,001 e	0,430 ± 0,001 f	2,439 ± 0,002 a	0,860 ± 0,005 cd
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	5,560 ± 0,180ab	0,170 ± 0,001 de	0,371* ± 0,001 b	2,522* ± 0,002 d	0,783 ± 0,005 a
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	6,120 ± 0,760a	0,167 ± 0,001 cde	0,386* ± 0,001 c	2,561 ± 0,001e	0,866 ± 0,005 cde
Ortalama		2,550 ± 0,210	0,166 ± 0,001	0,396 ± 0,001	2,542 ± 0,002	0,834 ± 0,005

Çizelge 3. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprak kuru madde miktarı ve mineral içerik (Sodyum, Çinko, Demir) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz (dS/m)	Kuru madde miktarı (g)	Na (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Fe (mg/kg)
Kontrol	50	1,85 ± 0,10abc	778± 0,71e	38,77±0,1a	141,27±0,145b
ZnNanops	50	1,97 ± 1,14abc	742±0,73d	39,61*±0,1ab	143,69± 0,035c
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	2,33 ± 0,20bcd	683±0,69a	43,89±0,05cd	144,26±0,350cd
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	2,39± 0,16 e	605±0,75c	40,85±0,15b	155,71±0,1f
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	2,19 ± 0,06bcd	805±0,72b	43,52±0,045cd	144,79±0,250cd
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	1,19 ± 0,08a	921±0,76f	44,32±0,2de	131,1±0,40a
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	1,5733±0,288d	612±0,69l	45,53±0,1e	148,28±0,185e
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	1,24 ± 0,36 cd	694±0,71k	47,87±0,1f	143,39± 0,130c
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	2,50 ± 0,56 ef	757±0,59ı	47,42±0,05f	145,75±0,1d
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	2,57 ± 0,54ef	720±0,62h	42,8±0,1c	149,15±0,15e
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	2,65 ± 0,12ef	726±0,64g	38,22*±0,78a	149,17± 0,29g
Ortalama		1,86 ± 0,28e	731,68 ± 0,65	430,95±0,18	146,1818±0,19

*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli (p<0,05) değil

Çizelge 4. Bakteri uygulamaları, nanopartikül ve nano-bakteri uygulamalarının domates bitkisinin yaprakta mikro element (Mangan, Bakır, Bor) üzerine etkilerine ait analiz sonuçları

Uygulamalar	Tuz (dS/m)	Mn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	B (mg/kg)
Kontrol	50	55,80±0,106ab	63,76±0,148d	15,07±0,141b
ZnNanops	50	57,02±0,127c	60,99±0,304a	16,02±0,127cd
<i>B. pumilis</i> (N1)	50	55,80*±0,707ab	61,57±0,007ab	17,08±0,509ef
<i>B. pumilis</i> (N1)+20 ZnNanops	50	59,02±0,127d	67,62±0,127e	17,84±0,254f
<i>B. pumilis</i> (N1)+40 ZnNanops	50	58,38±0,282d	61,78±0,141bc	19,52±0,190e
<i>B. subtilis</i> (N28)	50	64,15±0,424ef	62,92*±0,113cd	19,71±0,381f
<i>B. subtilis</i> (N28)+20 ZnNanops	50	56,74*±0,141bc	73,12±0,466g	13,17±0,707a
<i>B. subtilis</i> (N28)+40 ZnNanops	50	63,22±0,424e	68,40±0,142e	20,59±0,042f
<i>L. casei</i> (Nm24)	50	65,27±0,212f	61,09±0,572ab	17,67±0,0636e
<i>L. casei</i> (Nm24)+20 ZnNanops	50	55,05*±0,424a	68,88±0,145f	15,46*±0,127bc
<i>L. casei</i> (Nm24)+40 ZnNanops	50	57,55±0,141c	63,56*±,212d	16,85±0,190de
Ortalama		59,05±0,191	64,88±0,155	17,184 ± 1,870

*Uygulama grupları arasında kontrole göre oluşan fark önemli ($p \leq 0,05$) değildir

Çalışmada kullanılan ZnO nanopartikül tabanlı biyolojik gübreninde mineral içerik açısından kontrole göre *B. subtilis* (N28) + 40 ZnNanops uygulama grubu fosfor içeriğini %15,64, potasyum içeriğini % 2,75, *B. subtilis* (N28) + 40 ZnNanops uygulama grubu kalsiyum içeriğini % 8,2 *B. subtilis* uygulama grubu magnezyum içeriğini % 17,19 *B. subtilis* (N28) +40 ZnNanops uygulama grubu çinko içeriğini % 19,01, *B. subtilis* uygulama grubu demir içeriğini % 7,75 *L. casei* uygulama grubu mangan içeriğini % 14,6, *B. subtilis* (N28)+20 ZnNanops uygulama grubu bakır içeriğini % 12,71, *B. pumilis* (N28)+40 ZnNanops bor içeriğini % 23,8, *L. casei* (Nm24) + 40ZnNanops uygulama grubu toplam azot içeriğini yaklaşık üç kat arttırdığı gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar doğrultusunda nanopartikül ve bakteri uygulamalarının bitkinin tuz stresine karşı bir direnç oluşturabileceği gözlemlenmiştir. Uygulamalar sonucunda kuru madde içeriğinin (% 31,2), fosfor içeriği %15,64, potasyum içeriği % 2,75, kalsiyum içeriğini % 8,2, magnezyum içeriği %17,19, *B. subtilis* (N28)+40 ZnNanops uygulama grubu çinko içeriği %19,01, demir içeriği %7,75, mangan içeriği % 14,6, B bakır içeriğini %12,71, *B. pumilis* bor içeriğini % 23,8, toplam azot içeriğinin ise yaklaşık 3 kat arttırdığı gözlemlenmiştir. Tüm bu bilgilerin ışığında bakteri, nanopartikül, bakteri ile birlikte nanopartikül uygulamaları tuz stresi koşullarında bitkinin mineral içeriğini yer yer kritik aralık düzeyine yükseltmiştir. Ancak bitkiler henüz genç çiçeklenme aşamasına geçmediği için mineral içerik değerlerindeki yükselme normal kabul edilmektedir. Her besin elementi için her bitkinin belirli ve genetik olarak değişmeyen besin alım potansiyeli vardır. Genetik olarak denetlenen besin alım potansiyeli nedeniyle, yeşil bitki dokularının azot (N) ve fosfor (P) kapsamalarının 10, mikro besin elementleri kapsamalarının 100-1000 katı fazla olabilmektedir. Bu genel görünüm tüm yüksek bitkiler için geçerlidir. Aynı bitkide değişik organların mineral kapsamaları da farklıdır. Genelde yaprak, sap ve kök gibi vejetatif organların mineral içerikleri meyve, yumru ve tohum gibi üretken organlara göre daha değişkendir. Genç bitki dokularının N, P ve potasyum K yönünden varsıl olmalarına karşın, yaşlı bitkiler ve olgun dokular kalsiyum (Ca), mangan (Mn), demir (Fe) ve bor (B) yönünden daha varsıldılar (Mengel ve Kirkby, 2001). Fakat bitkilerin gelişim periyodu boyunca genç ve yaşlılık durumlarında mineral içerikleri değişebileceğinden uygulamalarımızın domates verim ve kalitesi üzerinde olumlu ya da olumsuz bir etki yaratabileceğini hakkında bir varsayımında bulunmak için erken olacaktır. Araştırma çalışmasında nanopartikül ve mikrobiyal gübre gibi iki önemli unsurun birlikte kombinasyon oluşturabildiğini, biyolojik aktivitenin çalışır olduğu ve kısmen organomineral gübreymiş gibi yeni bir formülasyonun (mikroorganizmaların farklı nano tabanlı minerallerle birleştirilip) akademik ölçekte kullanışlı olup olmadığını deneyerek, gerek bilimsel çalışmalarla ve gerekse tarım sektörü açısından birçok yeniliğe olası ışık tutabileceğine dikkat çekilmeye çalışılmıştır. Gübre sektörü açısından yeni bir ürünün altyapısı, araştırmacılar açısından bitki besleme veri tabanında, tarımsal nanobiyoteknoloji bilimsel disiplini ölçüğünde öncü bir çalışmanın altyapısını oluşturabileceği muhtemeldir.

Teşekkür

Doktora tez kapsamında hazırlanan bu yayında benden desteğini hiç esirgemeyen değerli danışmanım Prof. Dr. Sayın Nesrin YILDIZ başta olmak üzere, Prof. Dr. Sayın Neslihan DİKBAŞ, Prof. Dr. Faruk ÖZKUTLU, Prof. Dr. Sayın Metin TURAN ve Doc.Dr. Müdahir ÖZGÜL hocalarıma ayrı ayrı teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Alharby HF, 2016. The alteration of mRNA expression of SOD and GPX genes, and proteins in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) under stress of NaCl and/or ZnO nanoparticles. *Saudi Journal of Biological Sciences* 23: 773-781
- Bilgin N, Yıldız, N, 2008. Besin kültüründe yetiştirilen (Kaya-F1) domates çeşidinin (*Lycopersicon esculentum*) artan nacl uygulamalarına toleransı ve tuzluluk stresinin kuru madde miktarı ile bitki mineral madde içeriğine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 9: 15-21
- Bremner JM, 1996. Nitrogen Total. In: Sparks, D.L., Ed., Methods of Soil Analysis Part 3: Chemical Methods, SSSA Book Series 5, Soil Sci. Soci. of America, Madison, Wisconsin, 1085-1122.
- Flores HE, Galston AW, 1982. Analysis of polyamines in higher plants by high performance liquid chromatography. *Plant Physiology* 69, 701-706.
- Gill SS, Tuteja N, 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48, 909-930.
- Iqbal M, Ashraf M, 2006. Wheat seed priming in relation to salt tolerance: growth, yield and levels of free salicylic acid and polyamines. *Annales Botanici Fennici* 43, 250-259.
- Kazan K, 2015. Diverse roles of jasmonates and ethylene in abiotic stress tolerance. *Trends in Plant Science* 20, 219-229.
- Khan MIR, Iqbal N, Masood A, Mobin M, Anjum NA, Khan NA, 2016. Modulation and significance of nitrogen and sulfur metabolism in cadmium challenged plants. *Plant Growth Regulation* 78: 1-11.
- Kotuby J, Koenig R, Kitchen B, 1997. Salinity and Plant Tolerance. Utah State University Extension. AG-SO-03., Utah.plants. Environ. Sci. Technol. 48, 4376e4385.
- Lee CW, Mahendra S, Zodrow K, Li D, Tsai Y, Braam J, 2010. Developmental phytotoxicity of metal oxide nanoparticles to *Arabidopsis Thaliana*. *Environmental Toxicology and Chemistry* 29, 669-675.
- Lin D, Xing B, 2007. Phytotoxicity of nanoparticles: inhibition of seed germination and root growth. *Environmental Pollution* 150, 243-250.
- Lopez MV, Satti SME, 1996. Calcium and potassium-enhanced growth and yield of tomato under sodium chloride stress, *Plant Science* 114, 19-27.
- Mengel K, Kirkby EA, 2001. Principles of Plant Nutrition. ISBN 0-7923-7150-X (HB) Published by Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Mertens D, 2005a. AOAC official method 922.02. In: Horwitz, W., Latimer, G.W. (Eds.), Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 1-2. [18].
- Mertens D, 2005b. AOAC official method 975.03. In: Horwitz, W., Latimer, G.W.(Eds.), Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th ed. AOAC-International Suite, Gaithersburg, MD, USA, (Chapter 3), pp. 3- 4.
- Mosanna R, Khalilvand BE, 2015. Morpho-physiological response of maize (*Zea mays* L.) to zinc nano-chelate foliar and soil application at different growth stages. *Journal on New Biological Reports* 4, 46-50.
- Prasad TN, Sudhakar P, Sreenivasulu Y, Latha P, Munaswamy V, Raja Reddy, K Sreeprasad TS, Sajanlal PR, Pradeep T, 2012. Effect of nanoscale zinc oxide particles on the germination, growth and yield of peanut. *Journal of Plant Nutrition* 35, 905-927.
- Singh NB, Amist N, Yadav K, Singh D, Pandey JK, Singh SC, 2013. Zinc oxide nanoparticles as fertilizer for the germination, growth and metabolism of vegetable crops. *Journal of Nanoengineering and Nanomanufacturing* 3, 353-364.
- Smith W.E, Dent G, 2005. Modern Raman Spectroscopy – A Practical Approach, John Wiley & Sons Ltd, Chichester, s.135-136.
- Smith, TA, 1985. Polyamines. *Annual Review of Plant Physiology* 36, 117-143.
- Soydam S, Aras S, 2013. Relationships among lipid peroxidation, SOD enzyme activity, and SOD gene expression profile in *Lycopersicon esculentum* L. exposed to cold stress. *Genetics and Molecular Research* 12, 3220-3229.
- Subramanian KS, Sharmila RC, 2012. Ball milled nanosized zeolite loaded with zinc sulfate: a putative slow release Zn fertilizer. *Int. J. Innov. Hortic.* 1, 33-40.
- Yıldız N, 2012. Bitki Beslemenin Esasları ve Bitkilerde Beslenme Bozukluğu Belirtileri. Eser ofset matbaacılık, Erzurum.
- Yıldız N, Bircan H, 1994. Araştırma ve Deneme Metodları Atatürk Üni. Ziraat Fak. Yay. No. 697. Erzurum.
- Yıldız N, Canbolat M. ve Aydın A, 2000. Influence of increasing NaCl and NaHCO₃ on tomato plant grown in hydroculture. Workshop on Environmental impact of water quality, irrigation practices. Soil type and crop interactions. November 7, 2000. Antalya-Turkey.
- Zhao L, Peralta-Videa JR, Rico CM, Hernandez-Viezcas JA, Sun Y, Niu G, Servin A, Nunez JE, Duarte-Gardea M, Gardea-Torresday JL, 2014. CeO₂ and ZnO nanoparticles change the nutritional qualities of cucumber (*Cucumis sativus*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 62, 2752-2759.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması

Coşkun Gülser *, İmanverdi Ekberli

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

Özet

Bu çalışmanın amacı toprak profili boyunca sıcaklık değerlerinin tahmininde kullanılan, ısı taşınım denkleminin çözümünden elde edilen cosinusoidal harmonik fonksiyon (Tcos) ile pedotransfer (Tped) fonksiyonu karşılaştırmaktır. Deneysel olarak kil bünyeli bir toprağın 0-70 cm profil derinliğinde günün farklı saatlerinde yapılan sıcaklık ölçüm değerleri yüzey ve yüzeye yakın toprak katmanlarında (<30 cm) daha çok salınım gösterirken, toprağın daha derin katmanlarda (>30 cm) bu salınımın daha az olduğu belirlenmiştir. Yüzey toprak katmanında (10 cm) Tcos eşitliği ile hesaplanan değerler ölçülen toprak sıcaklık değerleri ile daha iyi uyum gösterirken, toprağın alt katmanlarında ölçülen sıcaklık değerleri Tped fonksiyonu ile hesaplanan değerler ile daha iyi uyum göstermiştir. Toprak profili boyunca ölçülen sıcaklık değerleri ile Tped fonksiyonuyla hesaplanan değerler daha yüksek R² (0,766**) ve daha düşük HKOK (0,99) verirken, Tcos ile hesaplanan değerler daha düşük R² (0,672**) ve daha yüksek HKOK (1,20) vermiştir. Amplitüt, ısı yayılımı, gecikme zamanı ve sönme derinliği gibi bazı parametrelere sahip Tcos eşitliği ile karşılaştırıldığında, pedotransfer fonksiyonunun avantajı sadece yüzey toprak sıcaklığını kullanarak verilen sınır koşulları içerisinde toprağın herhangi bir derinliğinde toprak sıcaklığının tahmin edilebilmesidir. Toprak sıcaklığının tahmininde kullanılabilecek pedotransfer fonksiyonların farklı toprak ve atmosfer sınır koşulları için geliştirilmesi, bu fonksiyonların kullanımlarındaki güvenilirlik ve hassasiyetlerini de artıracaktır.

Anahtar Kelimeler: Toprak sıcaklığı, ısı akış denklemi, pedotransfer fonksiyon, toprak derinliği.

Comparison of heat flow equation and pedotransfer function in prediction of soil temperature

Abstract

The objective of this study is to compare the cosinusoidal harmonic function (Tcos) obtained from the solution of heat transfer equation and the pedotransfer (Tped) function which are used in prediction of temperature values along the soil profile. Experimentally, while daily temperature measurement values of 0-70 cm a clay soil profile depth at different times showed more fluctuations at the surface and near the surface soil layers (<30 cm), it showed less fluctuations at deeper soil layers (> 30 cm). The values calculated by Tcos equation fitted very well with the measured soil temperature values at the surface soil layer (10 cm), while the temperature values measured at the lower soil layers showed better agreement with the values calculated by Tped function. The values calculated with Tped function gave higher R² (0.766**) and lower HKOK (0.99) with the temperature values measured through soil profile while the values calculated with Tcos gave lower R² (0.672**) and higher HKOK (1.20). When comparing with the Tcos equation having some parameters such as; amplitude, heat diffusivity, retardation time and damping depth, the advantage of the pedotransfer function is that the soil temperature can be predicted at any soil depth using just the surface soil temperature. The development of pedotransfer functions for different soil and atmospheric boundary conditions will increase their reliability and sensitivity for estimating soil temperature.

Keywords: Soil temperature, heat flow equation, pedotransfer function, soil depth

© 2019 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Günümüzde yaşanan küresel iklim değişiklikleri diğer çevresel olaylarla beraber, topraktaki sıcaklık değişimine, dolayısıyla toprak süreçlerinin gelişimine önemli düzeyde erki yapmaktadır. Toprakta sıcaklık değişiminin değerlendirilmesi, toprakların muhafazası ve yönetimlerinin belirlenmesinde gerekli aşamalardan birisidir. Toprak yüzeyinde ve alt katmanlarındaki sıcaklık değişimleri ısı alanının oluşumuna ve toprağın termofiziksel özelliklerinin değişimine neden olmaktadır. Toprak sıcaklığının farklı ortamlarda belirlenmesinde ve tahmin edilmesinde, birçok araştırmacı tarafından (Haverd ve ark., 2007; Ekberli ve ark.,

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 19 19

E-posta : cgulser@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 12 Ocak 2019

Kabul Tarihi : 25 Kasım 2019

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.668902

2015; Ekberli ve Gülser, 2014; 2015; Gülser ve ark., 2018; Xing ve ark., 2018) deneysel ve teorik yöntemler kullanılmıştır. Toprak sıcaklığı, bitki gelişiminde önemli olan ısı akışı ve enerji bilançosu faktörlerinin oluşumunda da temel bir fonksiyondur (Chen ve ark., 1999; Shao ve ark., 2014). Toprak sıcaklığı, toprağın termofiziksel değişkeni olup, toprağın nem değişiminin düzenlenmesinde ve kontrolünde de önemli bir parametredir (Dong ve ark., 2015; Merlin ve ark., 2018). Yan ve ark. (2018) tarafından yapılan bir çalışmada, toprak sıcaklığı deneysel olarak belirlenmiş, yüzey toprak rölyefinin sıcaklığı önemli düzeyde etkilediği vurgulanmış ve antropojen faktörlerin toprağın 10 cm derinliğinde sıcaklık artışına neden olduğu gösterilmiştir. Türkiye'nin farklı bölgelerine ait toprak sıcaklığının teorik olarak incelenmesine ait bir çalışmada (Yener ve ark., 2017), toprağın 5, 10, 20, 50 ve 100 cm derinliklerine ait meteoroloji sıcaklık verileri kullanılmış; hava sıcaklığı ile katmanlardaki toprak sıcaklıkları arasında ilişki belirlenmiştir. Her bölge için farklı teorik modeller kullanarak, toprak katmanlarında sıcaklık değerleri tahmin edilmiştir.

Araştırmanın amacına bağlı olarak, toprak sıcaklığının zamana ve toprak derinliğine göre değişimi, ısı iletkenliği denkleminin farklı sınır koşullarındaki çözümüne ve deneysel verilere dayanan pedotransfer modellere göre incelenmektedir. Hu ve ark. (2016), toprak sıcaklığının, toprağın termal özelliklerinin veya su akışının belirlenmesi için, sınır koşulu olarak Fourier serisini kullanarak ısı iletkenlik denkleminin çözümünü geliştirmiş, sınır koşulunun harmonik (sinüsoidal) fonksiyonla ifadesi durumunda da çözümün uygulanabilirliğini göstermişlerdir. Sınır koşullarının harmonik ve Fourier serisi ile ifadesi durumunda elde edilen çözüme göre, toprağın 10 cm derinliğinde hesaplanan ve ölçülen değerler arasındaki tahminin standart hatasının, normalleştirilmiş standart hatanın ve mutlak hatanın sırasıyla 0.55; 9.26; 0.47 ve 0.16; 2.7; 0.11 olduğunu saptamışlardır. Toprakta ısı akışının belirlenmesine ait yeni bir yaklaşıma ait yapılan çalışmada (Wang ve Bou-Zeid, 2012), toprağın ısı iletkenliği denkleminin, yüzey toprak sıcaklığının değişimini ifade eden ve sinüsoidal fonksiyonla ifade olunan sınır koşuluna dayanan çözümü kullanılmıştır. Önerilen matematiksel yöntemle göre hesaplanan sıcaklık değerleri kullanılarak, toprağın günlük yüzey ısı akışının haritalanmasının mümkün olabileceği vurgulanmıştır. Xu ve ark.(2018), çeşitli toprak ortamında su, tuz/azot değişimini, ısı taşınımını, bitki boyu ve verimini modellemek ve değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, su buharı difüzyonunun etkisi ihmal edilerek, bir boyutlu ısı taşınımının ifadesinde konveksiyon-dispersiyon denklemi kullanılmıştır. Sulanan ve bitki yetiştirilen kumlu bir toprağın yüzeyinde ısı ve su taşınımı tahmininde, ısı iletkenliği denkleminin dayanan bir boyutlu sayısal model kullanılmış, modelin vejetasyon döneminde buğday bitkisini kök bölgesinde ısı ve sıcaklık değişiminin belirlenmesinde uygulanabilirliği gösterilmiştir (Ji ve ark., 2009). Munoz-Criollo ve ark. (2014), toprakta güneş enerjisinin depolanması ve korunmasına yönelik bir çalışmada, mevsimler arası ısı akışının modellenmesinde bir boyutlu homojen olmayan ısı iletkenliği denklemi kullanılmışlardır. Genel olarak, ısı iletkenliği denkleminin hidroloji, jeoloji, hidrodinamik, jeodinamik, elektrodinamik, nemli cisimlerde ısı ve su transferine dayanan kurutma teorisi, yapı mühendisliği vb. alanlarda; ortamın enerji bilançosunun, radyasyon değişiminin, ısı ve su akışının, termofiziksel özelliklerinin değerlendirilmesinde; toprakta ısı ve madde değişimi gibi fiziksel süreçlerin incelenmesinde geniş uygulamaları vardır (Kaltreider ve ark., 2015; Cho ve ark., 2017; Ekberli ve ark., 2017).

Pedotransfer fonksiyonlar (PTF), toprağın deneysel olarak belirlenen özellikleri arasındaki karşılıklı nicel etkilerinden yararlanılarak yapılmaktadır. İncelenen özellikler arasındaki neden-sonuç ilişkisini açıklamadan, araştırılan özelliğin fonksiyonel olarak bulunmasına yönelik olmaktadır. "PTF" terimi ilk olarak Bouma ve van Lanen (1987) tarafından kullanılmıştır. Daha sonraları, Bouma (1989) tarafından toprağın (pedo) temel özelliklerine ait bilgilere bağlı olarak, topraktaki su taşınımını (transfer) ifade eden fonksiyonel ilişkiler yapılmıştır. Günümüzde PTF terimi, toprak biliminin tüm alanlarında toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin matematiksel ifadesinde geniş düzeyde kullanılmaktadır (Pachepsky ve Rawls, 2003; Donatelli ve ark., 2004; Pachepsky ve ark., 2006; Candemir ve Gülser, 2012; Evrendilek ve ark., 2012). PTF'lerin yapılmasında çoklu doğrusal regresyon, yapay sinir ağları, genetik programlama, karar ağacı analizi gibi çeşitli yöntemler kullanılmaktadır (Ghanbarian ve ark., 2017). Yapılan araştırmalar, PTF'lerin toprak özelliklerinin kuvvetini, karekökünü ve çarpımını kapsayan çoklu terimlerle ifadesinin, regresyon katsayısını, dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükselttiğini göstermektedir (Donatelli ve ark., 2004; Gülser, 2004; Gülser ve ark., 2007; Evrendilek ve ark., 2012; Ekberli ve Dengiz, 2017). Regresyon modellerine dahil olan parametrelerin fazla olması (>20-30) modellerin uygulanabilirliğini zorlaştırmaktadır. Diğer modellerde olduğu gibi, PTF oluşumunda da, gerçek ortamdaki parametreler arasındaki ilişkilerin ve karşılıklı etkilerin detaylı matematiksel ifadesi mümkün değildir. Parametreler arasındaki fonksiyonel ilişkilerin belirlenmesinde, bazı sınırlamaların dahil edilmesi, regresyon modellerinin olumsuz yanındır.

Toprak sıcaklığı ile toprağın termo-fiziksel ve diğer özellikleri arasındaki matematiksel ilişkilerin belirlenmesi, termo pedo-transfer fonksiyonlar (TPTF) ile mümkündür. TPTF'lerin yapılmasında, toprak sıcaklığı ile önemli düzeyde karşılıklı etkide olan parametrelerin göz önüne alınması gerekmektedir. Singh ve ark. (2018) tarafından yapılan bir araştırmada, toprağın 5 cm, 10 cm, 20 cm derinliklerindeki sıcaklığın belirlenmesinde girdi parametreleri havanın maksimum ve minimum sıcaklıkları, buharlaşma bağıl nem, rüzgar hızı olan doğrusal regresyon denklemi (pedotransfer fonksiyon) kullanılmıştır. Türkiye'nin bazı bölgelerinde toprağın 0-5 cm katmanındaki sıcaklığın ve havanın maksimum ve minimum sıcaklıklarının değişiminin değerlendirilmesinde de zamana (ay) bağlı 3. dereceden doğrusal regresyon denklemi uygulanmıştır (Evrendilek ve ark., 2012).

Bu çalışmanın amacı, toprak profili boyunca ısı taşınım denkleminin çözümünden elde edilen cosinusoidal harmonik fonksiyona ve pedotransfer fonksiyona göre hesaplanan toprak sıcaklıklarının nicel olarak değerlendirilmesi ve karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Yerleşim sahası Ziraat Fakültesinin deneme alanında, 2x3m parselde 08-18.05.2002 tarihleri arasında yapılmıştır. Deneme alanı 41° 21.86' Kuzey, 36°11.41' Doğu koordinatlarında, deniz seviyesinden 187 m yükseklikte yer almaktadır. Deneme alanının toprağının kil, silt ve kum içerikleri hidrometre yöntemine göre (Demiralay, 1993), organik madde (OM) kapsamları modifiye Walkley-Black yöntemine göre saptanmıştır (Kacar, 1994). Toprakların elektriksel iletkenlik değerleri (EC25.4°C) 1:1 toprak:su süspansiyonunda, CaCO₃ miktarı "Scheibler Kalsimetresi" kullanılarak hacim esasına göre belirlenmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

Toprak sıcaklığı günlük olarak 9:00, 12:00, 16:00, 19:00 saatlerinde civalı cam termometre ile 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60 ve 70 cm katmanları için ölçülmüştür (Sterling and Jaskson, 1986).

Arazide ölçülen toprak sıcaklık değerlerinden yararlanılarak, toprağın $x_i - x_{i+1}$ katmanındaki ısısal yayılım katsayısı ($cm^2 \cdot sn^{-1}$)

$$a = \frac{\omega (x_i - x_{i+1})^2}{2 (\ln(A_i / A_{i+1}))^2} \quad (i = \overline{1, n}) \quad (1)$$

İfadesi belirlenerek, teorik toprak sıcaklıklarının belirlenmesinde toprağın ısı taşınımı (2) denkleminin (3) koşulunu sağlayan (4) çözümü kullanılarak toprak sıcaklıkları her bir toprak katmanı için hesaplanmıştır.

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x < \infty, t > -\infty) \quad (2)$$

$$T(0, t) = A \cos \omega t \quad (3)$$

$$T(x, t) = T_{0(x)} + A e^{-\sqrt{\frac{\omega}{2a}} x} \cos \left(\sqrt{\frac{\omega}{2a}} x - \omega t \right) \quad (4)$$

burada; A_i ve A_{i+1} sırasıyla toprağın x_i ve x_{i+1} derinliklerine ait sıcaklık amplitütü;

$\omega = 2\pi / P = \frac{6.28}{86400 \text{ sn}} \approx 0.0000727 \text{ sn}^{-1}$ -açısal frekans; P -periyot, sn ; t -zaman, sn 'dir.

Deneme süresince 0-70 cm toprak profilinin her 10 cm'sinde ölçülen toprak sıcaklık değerlerinden hesaplanan ve ısı taşınım (4) eşitliğinde kullanılan amplitüt ve ısısal yayılım katsayıları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Isı taşınım denkleminde kullanılan amplitüt (A) ve ısısal yayılım (a) parametreleri.

Toprak derinliği, cm	A, °C	a, cm ² sn ⁻¹	Toprak derinliği, cm	A, °C	a, cm ² sn ⁻¹
0	12.31	0	40	0.64	6.65x10 ⁻³
10	3.53	2.33x10 ⁻³	50	0.40	7.74x10 ⁻³
20	1.47	3.22x10 ⁻³	60	0,34	1.37x10 ⁻³
30	0.90	4.78x10 ⁻³	70	0,21	0.16x10 ⁻³

Deneme alanında 0-70 cm toprak profilinin her 10 cm'sinde ölçülen toprak sıcaklıkları kullanılarak bu katmanlardaki toprak sıcaklık değerleri, yüzey toprak sıcaklığı ve derinliğin bir fonksiyonu olarak oluşturulan pedotransfer fonksiyon (ikinci dereceden çoklu regresyon eşitliği) (5) yardımıyla hesaplanmıştır (Ekberli, 2006; Arkhangelskaya, 2014). Pedotransfer modelin elde edilmesinde MİNİTAB-16 paket programı kullanılmıştır.

$$T_{ped} = 14,9 + 0,437*T - 0,158*x - 0,00632*T^2 + 0,000951*x^2 \quad (5)$$

burada; T-ölçülen toprak sıcaklık değerlerini, x-ölçüm yapılan toprak derinliğidir.

Hata kareler ortalamasının karekökü (HKOK veya RMSE), aşağıdaki eşitlikten hesaplanmıştır:

$$HKOK = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} \quad (6)$$

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

Modelin etkinliği (ME) aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır. Krause ve ark. (2005) tarafından, deneysel hidrolojik modele yönelik bir araştırmada, ME değerlerinin 1 (mükemmel uyum) ile $-\infty$ arasında değiştiği gösterilmiş; ME'nin sıfırdan küçük olması durumunda ise ölçülen ortalama değer, hesaplanan değerden daha etkin olduğu belirtilmiştir (Krause ve ark., 2005; Willmott ve ark., 2012; Banimahd and Zand-Parsa, 2013; Kumar et al., 2015).

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (7)$$

Burada; x_i - ölçülen, y_i - hesaplanan değerler, \bar{x} ölçülen değerlerin ortalamasıdır.

Bulgular ve Tartışma

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanına ait toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir. Deneme alanında toprağın 0-20 cm katmanı killi (C), 20-60 cm katmanı ise kumlu-tınlı (SL) olup, tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Organik madde içeriği ise iyi (0-20 cm) ile çok az (20-60 cm) arasında değişmektedir. Toprakta kireç ($CaCO_3$) miktarı az olup, ancak 40-50 cm katında çok az birikme gözükmemektedir.

Çizelge 2. Deneme alanı toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

Derinlik, cm	Kil, %	Silt, %	Kum, %	OM, %	EC _{25,4°C} , dS m ⁻¹	CaCO ₃ , %
0-10	52.58	21.78	25.64	3.55	0.35	0.34
10-20	53.75	19.10	27.15	2.39	1.07	0.19
20-30	41.60	14.92	43.48	0.77	0.40	0.16
30-40	19.58	18.65	61.77	0.33	0.20	0.18
40-50	18.37	16.12	65.51	0.16	0.25	2.96
50-60	18.68	19.17	62.15	0.18	0.25	0.18

Deneme alanında 8 - 18 Mayıs 2002 tarihleri arasında 0-70 cm toprak derinliği boyunca her 10 cm'de bir ölçülen toprak sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 3'te verilmiştir. Toprak profili boyunca günün farklı saatlerinde ölçülen sıcaklık değerlerindeki en fazla değişim toprağın yüzey ve üst katmanlarında gerçekleşmiştir. Toprak derinliği arttıkça sıcaklık değerleri arasındaki varyasyon katsayısı (VK) değerleri de azalma göstermiştir. Bu durum topraktaki asıl ısı kaynağının güneşten gelen radyasyona bağlı olması ve ısınma-soğuma olaylarının toprak yüzeyinde gerçekleşmesi ile açıklanmaktadır (Gülser ve Ekberli, 2004).

Deneme sahasında 8-18 Mayıs 2012 tarihleri arasındaki farklı katmanlardaki toprak sıcaklıkları ısı taşınım denklemi (cosinusoidal harmonik eşitlik) (4) ve pedotransfer fonksiyon (5) kullanılarak hesaplanmış, bu sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler Çizelge 4'te verilmiştir. Isı taşınım denklemi (Tcos) ve pedotransfer fonksiyon (Tped) kullanılarak toprak derinliği boyunca hesaplanan sıcaklık değerlerine ait VK değerleri gerçek sıcaklık ölçüm değerlerine göre (özellikle 10 ve 20 cm katmanları için) daha düşük hesaplanmıştır (Çizelge 3 ve 4). Tcos ile belirlenen sıcaklıklara ait VK değerlerinde derinlik artışı ile bir azalma olmasına rağmen, Tped ile hesaplanan sıcaklıklara ait VK değerlerinde aksine bir artış belirlenmiştir.

Genel olarak benzer durum Tcos ve Tped ile hesaplanan sıcaklık değerlerine ait çarpıklık ve basıklık değerlerinde de görülmektedir.

Çizelge 3. Arazide 8-18 Mayıs 2002 tarihleri arasında yapılan toprak sıcaklık ölçümleri (°C).

	En düşük, °C	En yüksek, °C	Ortalama, °C	Std. Sapma	VK, %	Çarpıklık	Basıklık
Ty0*	12,0	40,0	27,8	7,13	25,65	-0,25	-0,71
Ty10	15,0	24,0	20,7	2,31	11,16	-0,94	0,45
Ty20	15,5	20,5	18,6	1,29	6,93	-0,86	0,72
Ty30	15,0	19,00	17,7	1,05	5,93	-0,92	0,55
Ty40	14,6	18,50	17,1	0,93	5,44	-0,85	0,58
Ty50	14,0	18,00	16,5	0,92	5,57	-0,49	0,62
Ty60	13,8	17,50	16,0	0,86	5,37	-0,32	0,31
Ty70	13,6	17,20	15,5	0,83	5,35	0,21	0,11

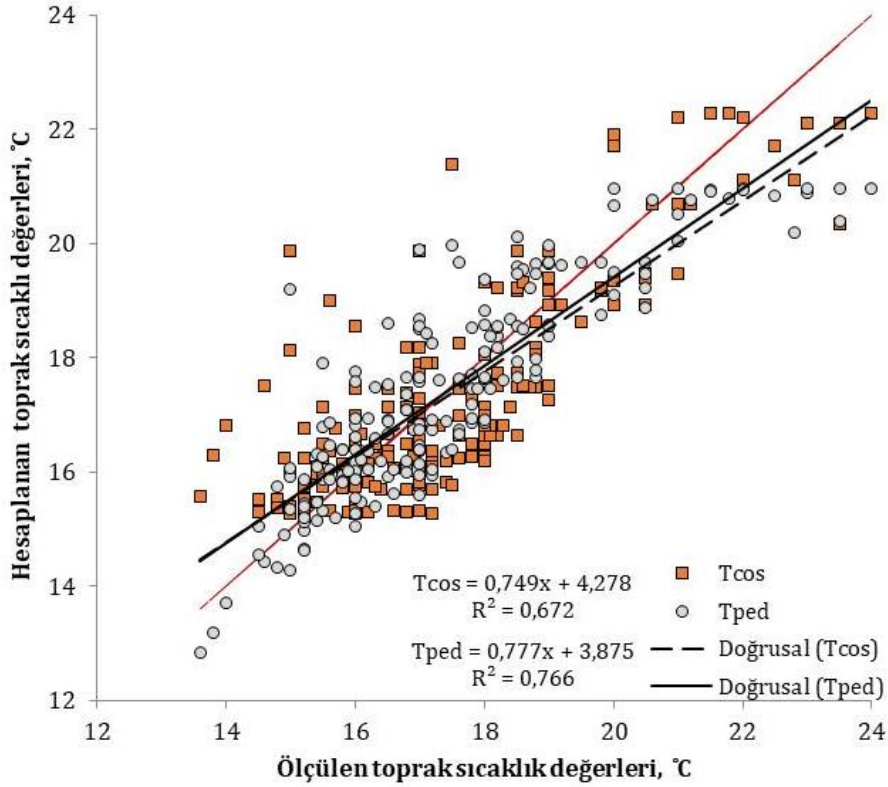
*Ty0,.....Ty10: Toprak yüzeyinden itibaren 10 cm aralıklarla ölçülen sıcaklıklar.

Çizelge 4. Isı taşınım denklemi (Tcos) ve pedotransfer fonksiyon (Tped) ile farklı katmanlar için hesaplanan toprak sıcaklık değerlerine ait tanımlayıcı istatistikler.

	En düşük	En yüksek	Ortalama	Std. Sapma	VK, %	Çarpıklık	Basıklık	R ²	HKOK	ME
Tcos-10	18,5	22,3	21,0	1,14	5,42	-0,47	-0,99	0,370**	1,86	0,99
Tped-10	17,7	21,0	20,4	0,78	3,82	-1,86	4,21	0,514**	1,90	0,79
Tcos-20	17,1	19,4	18,5	0,85	4,57	-0,78	-1,05	0,245**	1,14	0,56
Tped-20	16,5	19,7	19,1	0,76	4,00	-1,81	3,86	0,412**	1,12	0,58
Tcos-30	16,5	18,2	17,4	0,62	3,59	-0,32	-1,42	0,011	1,21	-0,23
Tped-30	15,3	18,6	18,0	0,78	4,33	-1,86	4,21	0,484**	0,80	0,47
Tcos-40	16,2	17,5	16,8	0,47	2,77	0,08	-1,37	-0,062	1,17	-0,41
Tped-40	14,4	17,7	17,1	0,76	4,48	-1,92	4,48	0,523**	0,65	0,56
Tcos-50	16,1	16,8	16,4	0,26	1,57	0,56	-1,06	-0,210*	1,07	0,38
Tped-50	13,7	16,9	16,3	0,76	4,67	-1,87	4,22	0,490**	0,69	0,74
Tcos-60	15,7	16,3	15,9	0,20	1,26	0,70	-0,95	-0,256**	0,98	0,65
Tped-60	13,2	16,4	15,8	0,77	4,84	-1,80	3,88	0,500**	0,67	0,84
Tcos-70	15,3	15,6	15,4	0,09	0,57	1,02	0,24	-0,331**	0,89	0,83
Tped-70	12,8	16,1	15,5	0,76	4,93	-1,94	4,54	0,370**	0,71	0,89
Tcos Genel	15,3	22,3	17,3	1,89	10,92	1,16	0,52	0,672**	1,20	0,66
Tped Genel	12,8	21,0	17,4	1,84	10,57	0,26	-0,64	0,766**	0,99	0,77

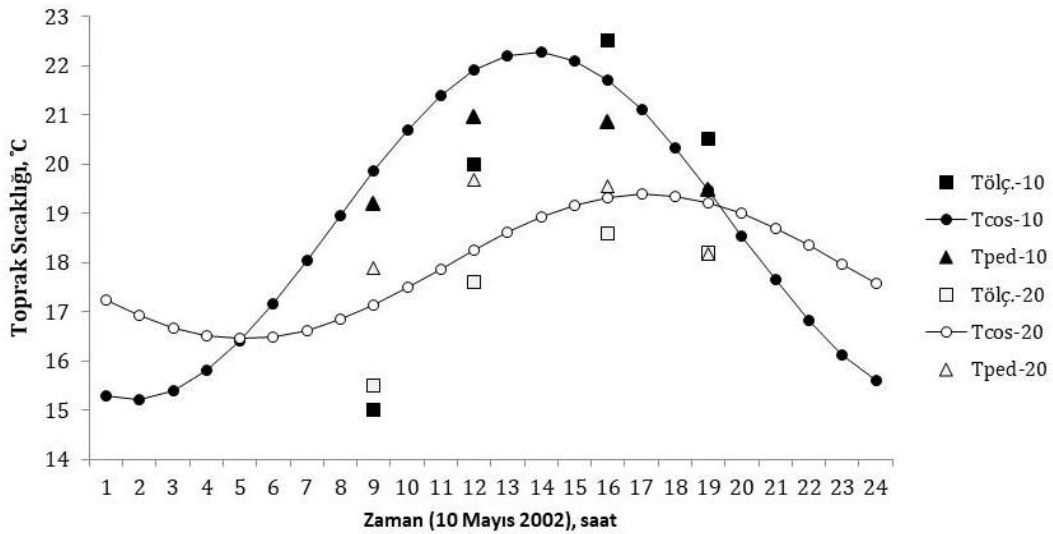
Pedotransfer fonksiyondan hesaplanan (Tped) sıcaklık değerleri, ısı akış denkleminin çözümünden (Tcos) hesaplanan sıcaklık değerleri ile karşılaştırıldığında toprak profili boyunca ölçülen toprak sıcaklık değerleriyle daha yüksek R² değerleri vermiştir (Çizelge 4, Şekil 1). Yüzey toprak katmanında (10cm) ölçülen sıcaklık değerleri dikkate alındığında, Tcos ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin daha yakın sonuçlar verdiği, Tped ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin ise genelde daha düşük değerlerde tahmin edildiği görülmektedir (Şekil 1 ve 2). Bu durum Tcos için hesaplanan HKOK değerinin (1,86) sadece yüzey katmanında (10 cm) Tped için hesaplanan HKOK değerinden (1,90) düşük bulunması ve Tcos-10 da ölçülen ME değerinin (0,99) 1'e çok yakın olmasından da anlaşılmaktadır (Çizelge 4). Alt toprak katmanlarında ise Tcos ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin ölçülen değerlerden daha yüksek olduğu, Tped ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin ise ölçülen değerlere daha yakın sonuçlar verdiği görülmektedir (Şekil 1). Alt toprak katmanlarında Tcos sıcaklık değerleri ile karşılaştırıldığında Tped için hesaplanan sıcaklıklara ait R² değerlerinin daha yüksek, HKOK daha düşük, ve ME'nin 1'e daha yakın olması bu durumu açıklamaktadır (Çizelge 4).

Toprak profili boyunca Tped fonksiyonu ile hesaplanan değerler ölçülen sıcaklık değerleri ile daha yüksek R² (0,766**), daha küçük HKOK (0,99) ve daha büyük ME (0,77) değeri vermiştir. Zhu ve ark. (2014), MODİS (Orta Çözünürlüklü Görüntüleme Spektrometresi) verilerini kullanarak toprak yüzeyinde ısı akışının günlük değişiminin belirlenmesinde bir boyutlu ısı iletkenlik denkleminin çözümüne dayanan matematiksel modelden faydalanmış, farklı iki bölgede 432 saatlik bir süre boyunca hesaplanan ve ölçülen yüzey sıcaklık değerleri arasında önemli düzeyde ilişki (R²=0.984 ve R²=0.986) belirlemişlerdir.

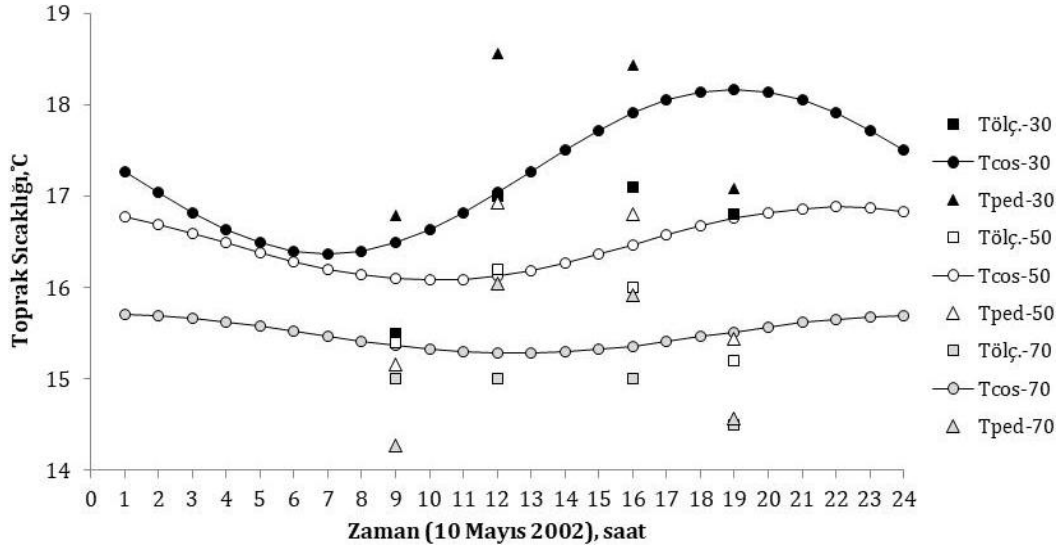


Şekil 1. Ölçülen toprak sıcaklık değerleri ile ısı akış denkleminin çözümünden (Tcos) ve pedotransfer fonksiyondan hesaplanan (Tped) sıcaklık değerleri arasındaki ilişkiler.

Farklı yöntemlerle hesaplanan toprak sıcaklık değerlerinin karşılaştırılmasına örnek oluşturması amacıyla 10 Mayıs tarihinde günün farklı saatlerinde (8:45, 12:00, 16:00 ve 19:00) ölçülen toprak sıcaklık değerlerinin, Tcos ve Tped eşitlikleri ile hesaplanan sıcaklık değerleri ile yapılan karşılaştırmaları Şekil 2, 3 ve 4'te verilmiştir. Yüzey katmanlarında (10 ve 20 cm gibi) gün içinde ölçülen sıcaklık değerlerinin daha geniş bir salınım aralığı göstermesine rağmen (Şekil 2), alt katmanlardaki sıcaklık değerlerinin daha düşük salınım aralığına sahip olduğu görülmektedir (Şekil 3). Gülser ve Ekberli (2004) yaptıkları çalışmada yüzey toprak katmanlarında (<30 cm) sıcaklık değerlerinin gün içinde fazla değişkenlik göstermesine rağmen, daha derin katmanlarda sıcaklık değişiminin daha az olduğunu ve 50 cm katmanında ortalamaya yakın hemen hemen sabit sıcaklık değerlerine ulaşıldığını bildirmişlerdir.

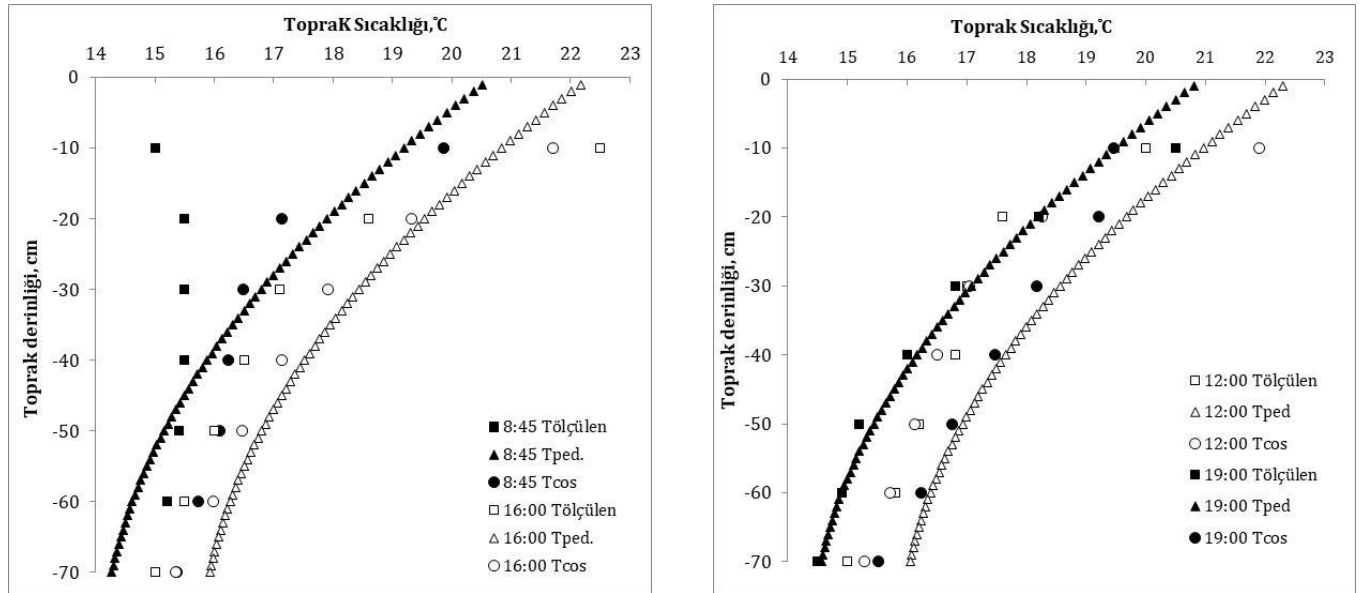


Şekil 2. Toprağın 10 ve 20 cm katmanlarında örnek olarak günlük ölçülen sıcaklık değerlerinin ısı akış denkleminin çözümünden (Tcos) ve pedotransfer fonksiyondan hesaplanan (Tped) sıcaklık değerleriyle karşılaştırılması.



Şekil 3. Toprağın 30, 50 ve 70 cm katmanlarında örnek olarak günlük ölçülen sıcaklık değerlerinin ısı akış denkleminin çözümünden (Tcos) ve pedotransfer fonksiyondan hesaplanan (Tped) sıcaklık değerleriyle karşılaştırılması.

Günün erken saatlerinde (8:45) yüzey katmanlarda (<30 cm) ölçülen toprak sıcaklık değerlerinin alt katmanlardaki sıcaklık değerlerinden daha düşük olduğu, hem Tcos, hem de Tped fonksiyonları ile hesaplanan sıcaklık değerlerinin yüzey katman sıcaklıklarını iyi yansıtmadıkları görülmektedir (Şekil 4). Sabah ile öğlen saatleri arasında toprak yüzey katmanlarında gerçekleşen ani sıcaklık değişimlerinin, toprağın alt katmanlarındaki sıcaklık değişimlerinden daha hızlı olduğu ve ısı taşınım denklemleriyle yapılan hesaplamalarda tam olarak yansıtmadığı bildirilmektedir (Gülser ve Ekberli, 2004). Pedotransfer fonksiyonun oluşturulduğu toprak derinliğine ait sınır aralığında, yüzey toprak sıcaklığı kullanılarak herhangi bir derinlikteki toprak sıcaklığı tahmin edilebilmektedir (Şekil 4).



Şekil 4. Toprak profili boyunca örnek olarak günlük ölçülen sıcaklık değerlerinin ısı akış denkleminin çözümünden (Tcos) ve pedotransfer fonksiyondan hesaplanan (Tped) sıcaklık değerleriyle karşılaştırılması.

Sonuç

Toprağın yüzey ve yüzeye yakın katmanları için ölçülen toprak sıcaklık değerleri, toprağın daha derin katmanları için ölçülen değerler ile karşılaştırıldığında gün içerisinde daha büyük farklılıklar ve salınımlar göstermektedir. Bu durum topraktaki ısınma ve soğuma olaylarının genelde toprak yüzeyine ulaşan radyasyon ve atmosfer olaylarının etkisinde bulunmasından kaynaklanmaktadır. Toprağın 10 m yüzey

katmanında ölçülen sıcaklık değerleri ısı taşınım denkleminin çözümüyle elde edilen (T_{cos}) eşitlikle hesaplanan değerler ile daha iyi ifade edilmiştir. Toprak derinliği boyunca deneysel olarak ölçülen toprak sıcaklık değerleri genel olarak ikinci dereceden yüzey toprak sıcaklığı ve toprak derinliğinin bir fonksiyonu olarak verilen sınır koşullarında elde edilen pedotransfer fonksiyonla (T_{ped}) hesaplanan sıcaklık değerleri ile daha yüksek ilişki göstermişlerdir. Verilen sınır değerleri için oluşturulan T_{ped} fonksiyonu ile yüzey toprak sıcaklık değerleri yardımıyla toprağın herhangi bir derinliğindeki sıcaklık değerinin tahmin edilebileceği anlaşılmaktadır. Pedotransfer fonksiyonla toprak derinliğine bağlı olarak sıcaklığın tahmin edilmesinin ısı taşınım denkleminin göre en büyük avantajı, T_{ped} fonksiyonunun oluşturulduğu toprak derinliği aralığındaki herhangi bir derinlikte toprak sıcaklığının tahmin edilebilmesidir. Isı taşınım denkleminin toprağın farklı derinliklerinde sıcaklığın tahmin edilebilmesi için bu derinliklerdeki ortalama toprak sıcaklığının, amplitütün ve ısıl yayılım katsayılarının hesaplanması gerekmektedir. Toprak sıcaklığının tahmin edilmesi bitki kök bölgesindeki biyolojik ve kimyasal süreçlerin sürdürülebilir yönetimi ve verimlilik açısından önemlidir. Yüzey toprak sıcaklığının yanı sıra diğer meteorolojik verilerinde kullanıldığı pedotransfer fonksiyonların farklı toprak özellikleri ve sıcaklık değerlerini yansıtan sınır değerleri için geliştirilmesi, farklı toprak derinliklerindeki sıcaklık tahmin değerlerinin güvenilirliğini ve hassasiyetini de artıracaktır.

Kaynaklar

- Arkhangelskaya TA, 2014. Diversity of thermal conditions within the paleocryogenic soil complexes of the East European Plain: The discussion of key factors and mathematical modeling. *Geoderma*, 213: 608-616.
- Banimahd SA, Zand-Parsa Sh, 2013. Simulation of evaporation, coupled liquid water, water vapor and heat transport through the soil medium. *Agricultural Water Management*, 130: 168-177.
- Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances Soil Science*, 9: 177-213.
- Bouma J, van Lanen HAJ, 1987. Transfer functions and threshold values: from soil characteristics to land qualities. In: Quantified Land Evaluation, Proceedings of a workshop. ISSS/SSSA, Washington, D.C. ITC Publ. Enschede, the Netherlands, pp. 106-110.
- Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing Factors and Prediction of Hydraulic Conductivity in Fine Textured-Alkaline Soils. *Arid Land Research Management*, 26:15-31.
- Chen J, Saunders S, Crow T, Naiman, R, Brosofske K, Mroz G, Brookshire B, Franklin J, 1999. Microclimate in forest ecosystem and landscape ecology. *BioScience*, 49: 288-297.
- Cho B, Park D, Kim J, Hamasaki H, 2017. Study on the heat-moisture transfer in concrete under real environment. *Construction and Building Materials*, 132: 124-129.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, 111-120.
- Donatelli M, Wösten JHM, Belocchi G, 2004. Methods to evaluate pedotransfer functions. *Developments in Soil Science*, 30: 357-411.
- Dong J, Steele-Dunne, SC, Judge J, van de Giesen, N, 2015. A particle batch smoother for soil moisture estimation using soil temperature observations. *Advances in Water Resources*, 83: 111-122.
- Ekberli İ, 2006. Determination of initial unconditional solution of heat conductivity equation for evaluation of temperature variance in finite soil layer. *Journal of Applied Sciences*, 6(7): 1520-1526.
- Ekberli İ, Dengiz O, 2017. Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyonlar üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik ve fiziko- kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi* 6 (1): 15-27.
- Ekberli İ, Gülser C, 2014. Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University (Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета)*, 2(30): 12-15.
- Ekberli İ, Gülser C, 2015. İki boyutlu ısı iletkenliği denkleminin bağlı olarak toprak sıcaklığının matematiksel modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3): 287-291.
- Ekberli İ, Gülser C, Mamedov A, 2015. Toprakta bir boyutlu ısı iletkenlik denkleminin incelenmesinde benzerlik teorisinin uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 69-79
- Ekberli İ, Gülser C, Özdemir N, 2017. Farklı toprak derinliklerindeki sıcaklığın tahmininde parabolik fonksiyonun kullanımı. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5(1): 34- 38.
- Evrendilek F, Karakaya N, Gungor K, Aslan G, 2012. Satellite-based and mesoscale regression modeling of monthly air and soil temperatures over complex terrain in Turkey. *Expert Systems with Applications*, 39: 2059-2066.
- Ghanbarian B, Taslimitehrani V, Pachepsky YA, 2017. Accuracy of sample dimension-dependent pedotransfer functions in estimation of soil saturated hydraulic conductivity. *Catena*, 149: 374-380.
- Gülser C, 2004. Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktasının toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3): 19-23.
- Gülser C, Ekberli İ, 2004. A Comparison of estimated and measured diurnal soil temperature through a clay soil depth. *Journal of Applied Science* 4(3), 418-423.
- Gülser C, Candemir F, 2006. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kurupelit kampüs topraklarının bazı mekaniksel özellikleri ve işlenebilirlikleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21 (2): 213-217.

- Gülser C, Candemir F, İç S, Demir Z, 2007. Pedotransfer modellerle ince bünyeli topraklarda doymun hidrolik iletkenliğin tahmini. V. Ulusal Hidroloji Kongresi. Orta Doğu Teknik Üniversitesi. Ankara. 5-7 Eylül 2007, s. 563-569.
- Gülser C, Ekberli İ, Mamedov A, Özdemir N, 2018. Faz değişimine bağlı olarak ısı iletkenliği denkleminin incelenmesi ve toprak neminin ısıl yayınıma etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(3): 261-269.
- Haverd V, Cuntz M, Leuning R, Keith H, 2007. Air and biomass heat storage fluxes in a forest canopy: Calculation within a soil vegetation atmosphere transfer model. *Agricultural and Forest Meteorology*, 147: 125-139.
- Hızalan E, Ünal H, 1966. Toprakta önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 278s.
- Hu G, Zhao L, Wu X, Li R, Wu T, Xie C, Qiao Y, Shi J, Li W, Cheng G, 2016. New Fourier-series-based analytical solution to the conduction-convection equation to calculate soil temperature, determine soil thermal properties, or estimate water flux. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 95: 815-823.
- Ji XB, Kang ES, Zhao WZ, Zhang ZH, Jin BW, 2009. Simulation of heat and water transfer in a surface irrigated, cropped sandy soil. *Agricultural Water Management*, 96: 1010-1020.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri:III. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları. No:3, 89-98.
- Kaltreider C, Krarti M, McCartney J, 2015. Heat transfer analysis of thermo-active foundations. *Energy and Buildings*, 86: 492-501.
- Krause P, Boyle DP, Base FB, 2005. Comparison of different efficiency criteria for hydrological model assessment. *Advances in Geosciences*, 5: 89-97.
- Kumar P, Sarangi A, Singh DK, Parihar SS, Sahoo RN, 2015. Simulation of salt dynamics in the root zone and yield of wheat crop under irrigated saline regimes using SWAP model. *Agricultural Water Management*, 148: 72-83.
- Merlin O, Olivera-Guerra L, Hssaine BA, Amazirh A, Rafi, Z, Ezzahar J, Gentine P, Khabba S, Gascoin S, Er-Raki S, 2018. A phenomenological model of soil evaporative efficiency using surface soil moisture and temperature data. *Agricultural and Forest Meteorology*, 256-257: 501-515.
- Munoz-Criollo JJ, Cleall PJ, Rees SW, 2014. Analysis of inter-seasonal heat fluxes in soils. *Energy Procedia*, 57: 2315-2323.
- Pachepsky YA, Rawls WJ, 2003. Soil structure and pedotransfer functions. *European Journal of Soil Science*, 54: 443-452.
- Pachepsky YA, Rawls WJ, Lin HS, 2006. Hydropedology and pedotransfer functions. *Geoderma*, 131: 308-3016.
- Shao C, Li L, Dong G, Chen J, 2014. Spatial variation of net radiation and its contribution to energy balance closures in grassland ecosystems. *Ecological Processes*, 3: 7, 1-11.
- Singh VK, Singh BP, Kisi O, Kushwaha DP, 2018. Spatial and multi-depth temporal soil temperature assessment by assimilating satellite imagery, artificial intelligence and regression based models in arid area. *Computers and Electronics in Agriculture*, 150: 205-219.
- Sterling AT, Jackson RD, 1986. Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No. 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Xing, L, Li, L, Gong, J, Ren, C, Liu, J, Chen, H, 2018. Daily soil temperatures predictions for various climates in United States using data-driven model. *Energy*, 160: 430-440.
- Xu X, Sun C, Neng F, Fu J, Huang G, 2018. AHC: An integrated numerical model for simulating agroecosystem processes—Model description and application. *Ecological Modelling*, 390: 23-39.
- Wang Z-H, Bou-Zeid E, 2012. A novel approach for the estimation of soil ground heat flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154-155: 214- 221.
- Willmott CJ, Robeson SM, Matsuura K, 2012. Short Communication. A refined index of model performance. *International Journal of Climatology*, 32: 2088-2094.
- Yan Q, Dong F, Lou G, Yang F, Lu J, Li F, Zhang J, Li J, Duan Z, 2018. Alternate row mulching optimizes soil temperature and water conditions and improves wheat yield in dryland farming. *Journal of Integrative Agriculture*, 17(11): 2558-2569.
- Yener D, Ozgener O, Ozgener L, 2017. Prediction of soil temperatures for shallow geothermal applications in Turkey. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70: 71-77.
- Zhu W, Wu B, Yan N, Feng X, Xing Q, 2014. A method to estimate diurnal surface soil heat flux from MODIS data for a sparse vegetation and bare soil. *Journal of Hydrology*, 511: 139-150.

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.

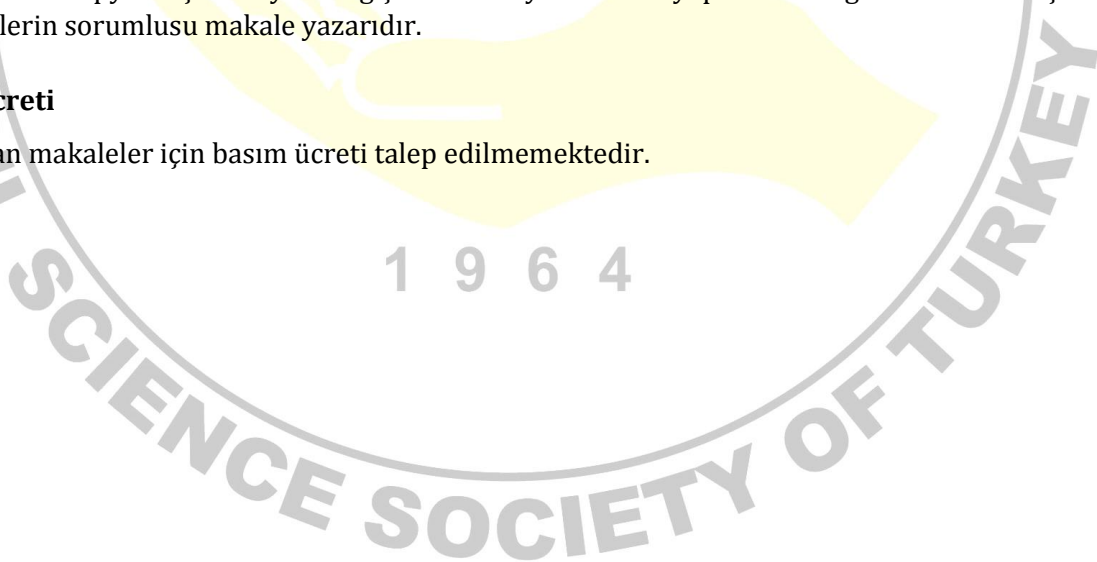
Kabul Sonrası

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.