



2018

Cilt/Volume : 6

Sayı/Number : 2

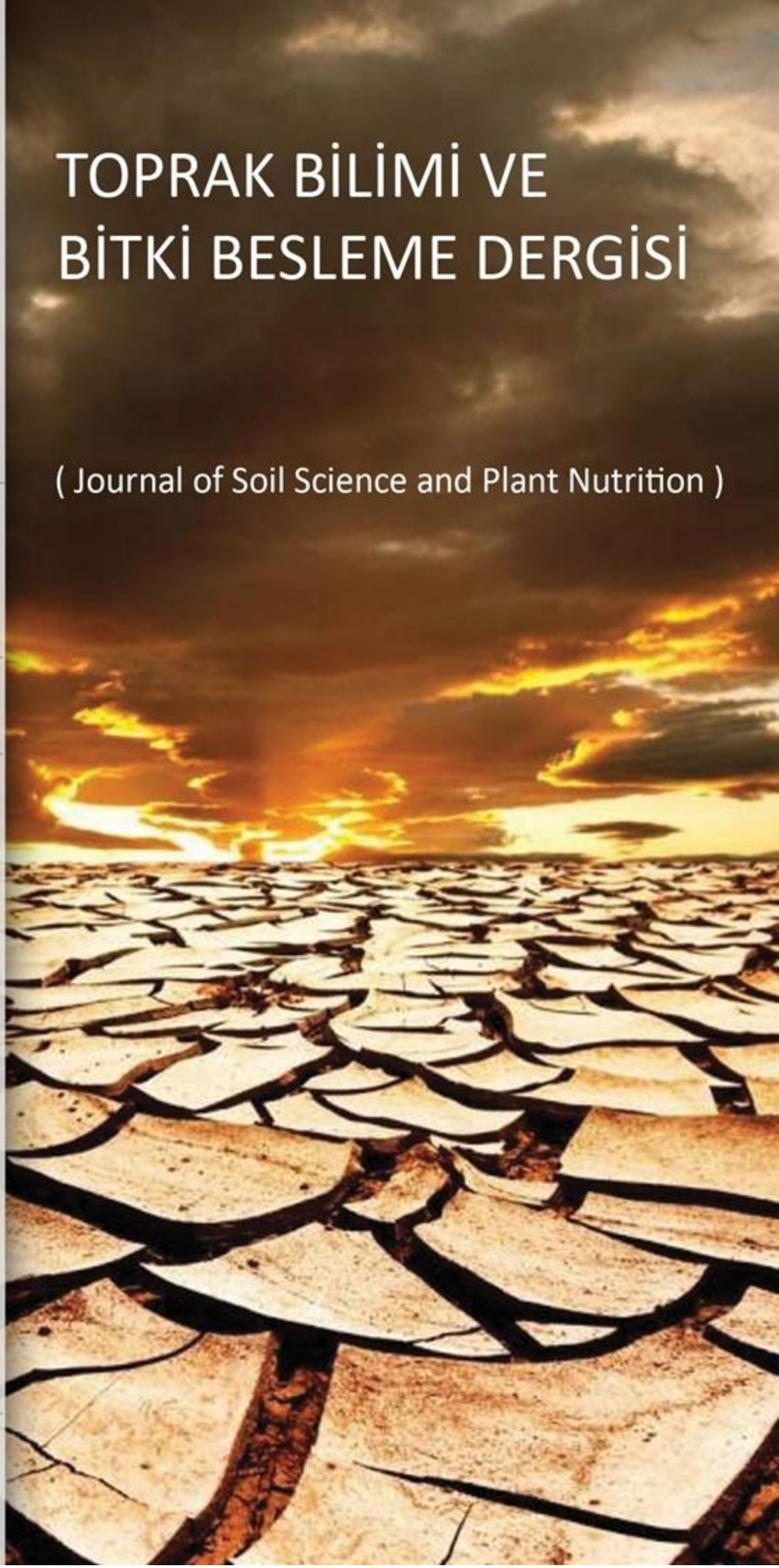
eISSN : 2146 - 8141

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

EDİTÖRLER KURULU

Dr.Alexandre F. D'ANDREA, Federal Institute of Education, Science & Technology of Paraíba, Brazil
Dr.Amrakh I. MAMEDOV, Institute of Soil Science and Agrochemistry, Azerbaijan
Dr.Bülent OKUR, Ege Üniversitesi, İzmir
Dr.David PINSKY, Institute of Physico-chemical & Biological Problems in Soil Science, Russia
Dr.Evgeny SHEIN, Lomonosov Moscow State University, Russia
Dr.Guguli DUMBADZE, Batumi Shota Rustaveli State University, Georgia
Dr.Günay ERPUL, Ankara Üniversitesi, Ankara
Dr.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.Ryszard MAZUREK, University of Agriculture in Krakow, Poland
Dr.Sezai DELİBACAK, Ege Üniversitesi, İzmir
Dr.Suat ŞENOL, Çukurova Üniversitesi, Adana
Dr.Svetlana SUSHKOVA, Southern Federal University, Russia
Dr.Tuğrul YAKUPOĞLU, Bozok Üniversitesi, Yozgat
Dr.Valentina VOICU, National Research-Development, Institute for Soil Sci., Agro-Chemistry & Environment, Romania
Dr.Yasemin KAVDİR, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale

DERGİ HAKKINDA

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

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



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2018

CİLT : 6

SAYI : 2

SAYFA : 67 - 163

İÇİNDEKİLER

- Elma ve gül posası biyoçarlarının kumlu toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri** 67
Pelin Alaboz, Ahmet Ali Işıldar
- Frekans oranı yönteminin erozyon duyarlılık analizinde kullanımı: Selendi Çayı Havzası (Manisa) örneği** 73
Yıldız Güney
- Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinin gelişimine etkileri** 86
Damla Bender Özenç, Demirhan Hut
- Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi** 95
Murat Durmuş, Rıdvan Kızılkaya
- Buğday ayçiçeği ekim nöbeti uygulanan toprakların özellikleri, sınıflandırılmaları ve alternatif bitki desenlerinin oluşturulması** 101
Ferruh Feza Yılmaz, Duygu Boyraz Erdem
- Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yer alan avutmuş çayının batı kesimlerindeki bazı meyve bahçelerinin toprak özellikleri** 111
Bahadır Atmaca, Hafize Nalbant
- Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi** 122
Mehmet Burak Taşkın, Ferhat Türkmen, Muhittin Onur Akça, Mahmut Reşat Soba, Hasan Sabri Öztürk
- Boussinesq denkleminin çözümüne bağlı olarak taban suyu seviyesi yüksekliğinin incelenmesi** 134
İmanverdi Ekberli, Coşkun Gülser
- Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi** 143
Funda Irmak Yılmaz, Safiye Kurt
- Silisyumun bitki gelişimine olan etkileri** 151
Ayhan Horuz



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Elma ve gül posası biyoçarlarının kumlu toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri

Pelin Alaboz *, Ahmet Ali Işıldar

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Tarım Bilimleri ve Teknolojileri Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Doğu kampüsü, 32260 Isparta

Özet

Çoğu organik atıkların farklı alanlarda kullanılabilme potansiyelleri, üzerinde sıkça çalışılan bir konudur. Gül ve elma üretiminin yoğun olduğu Türkiye-Isparta bölgesinde, doğal olarak gül yağı ve elma suyu sanayi de gelişmiş durumdadır. Söz konusu ürünlerin işleme sonrası atıklarının toprak özellikleri üzerine etkilerinin bilinmesi, yararlı ve uygun bir geri dönüşüm için gereklidir. Bu bağlamda gül ve elma posalarından elde edilen biyoçarlar, ağırlıkça % 0, 0.5, 1 ve 2 düzeylerinde kumlu bir toprağa uygulanmışlardır. Söz konusu toprak-biyoçar karışımları laboratuvar koşullarında 4 aylık bir süreyle inkübasyona bırakılmış ve bu süre boyunca nem içeriği tarla kapasitesinin % 70'i düzeyinde tutulmaya çalışılmıştır. Biyoçarların agregasyon üzerine etkileri kuru agregat büyüklük dağılımı (>2, 2-1, 1-0.5, 0.5-0.25, <0.25 mm) ve % agregasyon özellikleri incelenerek ortaya konulmaya çalışılmıştır. Nem tutma özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla 0.1, 0.33 ve 15 barlık tansiyon düzeyleri kullanılmıştır. Kuru agregat büyüklüklerinin dağılımı itibarıyla, 2- 1 mm boyutunda agregatların % oranları tüm uygulamalar için en yüksek seviyelerde belirlenmiştir. Agregasyon oranı (%) için biyoçar uygulamalarının neden olduğu değişim istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Ayrıca elma ve gül posası biyoçarları arasındaki farklılık sadece 0.5-0.25 mm agregat büyüklük grubunda belirlenmiştir. 0.1 ve 0.33 barlık tansiyonlar için tutulan nem miktarlarında dozlara bağlı farklılıklar ile 0.1 bar tansiyon için biyoçar türleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Agregasyon özelliklerinin geliştirilmesi için elma posası biyoçarının, nem tutma özelliklerinin geliştirilmesinde ise gül posası biyoçarının kullanılabilirliğinin daha yüksek olduğu gözlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Elma posası, gül posası, biyoçar, agregasyon, toprak nemli.

Effects of apple and rose pulp-biochars on some physical properties of a sandy soil

Abstract

The possibility of using organic wastes in different areas is a common issue. Rose oil and apple juice industry is naturally well developed in the region of Isparta-Turkey in where there are intensive rose and apple production. Knowing the effects of these products on the soil properties after processing is necessary for a useful and suitable recycling. In this context, the biochars obtained from rose and apple pulps were applied to sandy soil at 0, 0.5, 1 and 2 % by weight. The soil-biochar mixtures were allowed to incubate for 4 months under laboratory conditions and during that time the moisture content was tried to be kept at 70% of the field capacity. The effects of biochars on aggregation were investigated by examining dry aggregate size distribution (>2, 2-1, 1- 0.5, 0.5- 0.25, <0.25 mm) and aggregation properties. Tension pressure levels of 0.1, 0.33 and 15 bar were used to determine in moisture retention properties. In terms of the distribution of dry aggregate sizes, the amount of aggregate (%) in the size of 2-1 mm was determined at the highest levels for all applications. The change caused by the biochar applications was statistically significant ($P<0.05$) for the aggregation rate (%). In addition, the differences between apple and rose biochars were determined only in the 0.5-0.25 mm aggregate size group. The difference between the moisture content for 0.1 and 0.33 bar tensions and the biochar species for 0.1 bar tension were found to be statistically significant. It was observed that apple pulp biochar was used to improve aggregation properties and rose pulp biochar was used to improve moisture retention properties.

Keywords: Apple pulp, rose pulp, biochar, aggregation, soil moisture.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

İnsanların toprakla ilişkilerinde en kapsamlı alanı tarımsal faaliyetler oluşturmaktadır. Zira aşırı nüfus artışı ve yoğun endüstriyel gelişimin yarattığı baskı, bir taraftan daha çok ve kaliteli ürün elde etmeye yönelik

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 246 2118737

E-posta : pelinalaboz@isparta.edu.tr

Geliş Tarihi : 24 Mayıs 2018

Kabul Tarihi : 26 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

yoğun tarımsal uygulamaların önünü açarken, bilinçsiz bazı uygulamalar kirlenme ve bozunuma neden olmaktadır. Toprakların özelliklerinin bilinmesi, korunması yanında geliştirilmesine yönelik girişimler elbette üretim potansiyellerinin devamlılığı ya da diğer deyimle sürdürülebilir kullanımları için bir zorunluluk olarak değerlendirilmelidir. Bu bağlamda, çoğunlukla toprağın bitki besin elementi içeriklerinin izlenmesi yoluna başvurulmakta, kimyasal özelliklerin etkinliği üzerinde belirleyici rollere sahip fiziksel özelliklere daha az ilgi gösterilmektedir. Oysa ki, toprakta su ve hava kapasitesi ve iletimi, kök gelişimi, mikroorganizma aktivitesi, bitki besin elementlerinin yayılsılığı, erodibilite vb. özellikler, fiziksel özellikler ile yakın ilişki içerisindedirler (Özdemir ve Canbolat 1997; Karaman ve ark., 2007; Turgut ve Aksakal 2010; Barut ve ark., 2010). Kaldı ki bu kapsamda toprağın strüktürel durumunun değerlendirildiği çalışmaların da sınırlı olduğu yadsınmaz.

Topraklarda strüktürel durumun dolaylı ve niceliksel olarak ortaya konulmasında kullanılan özellikler çoğunlukla; toplam gözenek ve gözenek büyüklük dağılımı, su ve hava iletimi, agregat stabilitesi ve agregat büyüklük dağılımı ve toprak direnci olarak sıralanmaktadır. Keza, yapay ya da doğal bazı toprak düzenleyicilerin strüktürel özellikler üzerindeki etkinliklerinin ifadelendirilmesinde en sık yararlanılan göstergelerin de agregasyon ve su tutma kapasitesi olduğu gözlenmektedir (Simpson ve Hayes 1958; Boekel, 1963; Passioura, 1991; Carmeis Filho, 2016). Bilinen toprak düzenleyicilerden farklı ve henüz çok yaygın bir kullanımı söz konusu olmayan biyoçar üzerine çeşitli araştırmalar yapılmış olmakla birlikte, gerek bunların kökenlerinin ve elde edilmiş şartlarının gerekse uygulandıkları toprak ile incelenen özelliklerin oldukça farklılık gösterebilmesi konuyla ilgili araştırmaların daha uzun süre devam edeceğine işaret etmektedir (Spokas ve Reicosky, 2009; Jien ve Wang, 2013; Aslam ve ark., 2014).

Organik materyallerin yaklaşık 300- 1000 °C sıcaklıklarda oksijensiz veya az oksijen varlığında pirolizi sonucunda elde edilen biyoçar uygulamalarının; pH, EC, organik karbon, toplam azot, yayılsılı fosfor, katyon değişim kapasitesi (Nigussie ve ark., 2012) ve agregat stabilitesinde (Utomo ve ark., 2016) önemli artışlara neden olduğu ve bazı kirlilik etmenlerinin topraktan yıkanmasını engellediği (Mizuta ve ark., 2004; Komkiene ve Baltreinaite, 2016) bildirilmiştir. Düşük hacim ağırlığına sahip olan biyoçarın, toprağın hacim ağırlığı (Mankasingh ve ark. 2011; Novak ve ark., 2012) ve penetrasyon direncinde (Busscher ve ark., 2010) azalmalara neden olduğu ayrıca yüzey alanı artışı nedeniyle su tutma özelliğinde pozitif yönlü bir değişime yol açtığı (Karhu ve ark., 2011) belirtilmiştir. Dolayısıyla bu çalışmada da; elma ve gül işleme tesisleri son ürünü olan posa kökenli biyoçarların kumlu bir toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkilerinin belirlenmesi kapsamında; % agregasyon ve agregat büyüklük dağılımı ile 0.1, 0.33 ve 15 atm'de tutulan nem miktarları ve değişimlerinin değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Laboratuvarında yürütülmüştür. Kullanılan toprak ve biyoçar materyallerinde tane büyüklüğü 4 mm'nin altındadır. Toprağın organik madde içeriği % 1.57, CaCO₃ ise % 3.41 seviyesinde belirlenmiş olup pH (1:1) ve EC değerleri 7.52 ve 340 µS cm⁻¹'dir. Elma (EPB) ve Gül posası (GPB) biyoçarlarının pH'sı 7.73, 8.82 EC'leri ise 80.6 ve 510 µS cm⁻¹ seviyelerinde bulunmuştur. Ayrıca EPG ve GPB'nin 0.33 bar tansiyonda tutulan nem içerikleri sırasıya %75 ve %83'dür.

Elma ve gül posalarından oksijensiz ortamda 4000C sıcaklıkta elde edilen EPB ve GPB, kum tekstürlü (% 90.49 kum, % 4.35 silt ve % 5.16 kil) deneme toprağının 1 kg'ı için ağırlıkça %0 (D0), %0.5 (D1), %1 (D2) ve %2 (D3) düzeylerinde uygulanmıştır. Biyoçar uygulamalarında tane büyüklük farklılıklarının ortadan kaldırılması ve homojen şekilde uygulanması için uniform alt örneklemeler yapılarak karıştırılmış, toprak+biyoçar karışımları, tarla kapasitesinin %70'i nem düzeyi ve oda sıcaklığı (25°C±3°C) koşullarında 4 ay boyunca inkübasyona tabi tutulmuşlardır. Deneme sonunda karışımlardan alınan örneklerde kuru agregat büyüklük dağılımı (>2, 2- 1, 1- 0.5, 0.5- 0.25 ve <0.25 mm) ve <2 mm alt örneklerde ise 0.1, 0.33 ve 15 bar için toprak nem içerikleri belirlenmiştir. Agregasyon oranı (%), <2 mm agregat büyüklük grupları için belirlenmiştir. Keza, en büyük agregat büyüklük grubunda analiz için yeterli örnek eldesi mümkün olmamıştır.

Çalışma kapsamında, pH ve EC belirlemeleri Kacar (2009) ve US Salinity Laboratory Staf (1954)'a göre yapılmıştır. Organik madde içeriği değiştirilmiş Walkey-Black, %CaCO₃ Scheibler kalsimetresi aracılığı ile volumetrik olarak (Kacar, 2009) ve mekanik analiz hidrometre yöntemiyle belirlenmiştir. Farklı tansiyonlarda tutulan nem miktarları basınç tencereleri yardımıyla (Demiralay, 1993), kuru agregat büyüklük dağılımı, 75 amplitüd (titreşim) ve 5 dakikalık eleme süresi koşullarında ıslak- kuru elek seti

(Retch, AS 200) kullanılarak kuru eleme yoluyla, % agregasyon ise agregat büyüklük grubuna ayrılan örneklerde [US Salinity Laboratory Staf \(1954\)](#)'ta belirtilen esaslara uyularak hesaplanmıştır.

Verilerin istatistiksel analizi Minitab-16 yazılım programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Deneme deseni tesadüf parselleri şeklinde gerçekleştirilmiş olup varyans analizi (ANOVA) yapılan verilerin karşılaştırılmasında Tukey post-hoc testi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Agregatlaşma

Biyoçar uygulamaları agregat büyüklüğünü arttırmıştır. Keza, dozlar itibariyle ortaya çıkan pozitif yönlü değişim > 2 ve 2- 1 büyüklük grupları için istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 1). En küçük agregat büyüklük grubunda ise dozlara bağlı değişim yine istatistiksel olarak önemli olmakla birlikte negatif yönlüdür. Agregat yüzdesi değişimi > 2 ve 2- 1 mm agregat gruplarında D3 dozları için % 29.24 ve % 11.21 olarak belirlenmiştir. Diğer iki agregat büyüklük grubu için dozlar arasında pek farklılığın olmaması, bu artışların genel olarak < 0.25 mm agregat büyüklük grubundaki azalış kökenli olduğuna işaret etmektedir. [Liu ve ark. \(2012\)](#) biyoçar uygulanan kumlu tın ve siltli tın tekstürlü topraklarda agregat oluşumu ve stabilitedeki değişimlerin farklı olduğunu belirtirken, [Sun ve Lu \(2014\)](#) kullandığı türler içerisindeki saman ve arıtma çamuru biyoçarlarının makro agregatlarda (0.25- 0.5 ve 2- 5 mm) artış, mikro agregatlarda ise azalmaya neden olduğu ve stabilizeyi arttırdığını bildirmişlerdir. Elma ve Gül posası biyoçarlarının etkinlikleri, 2- 1 ve < 0.25 mm agregat büyüklük grupları için istatistiksel olarak farklılık göstermiştir. Bu durum biyoçar uygulamalarının agregat büyüklük dağılımı üzerine etkili bulunmasında elma posasının belirleyici olmasıyla da paralellik göstermektedir. Keza gül posası biyoçarı için elde edilen agregat yüzdelerinin dozlara bağlı değişimleri her iki agregat büyüklük grubu içinde düzenli bir değişim sergilememiştir.

Çizelge 1. Biyoçar uygulamalarının agregatların % dağılımları üzerine etkileri.

Doz	Agregat Büyüklüğü (mm)					
	> 2	2-1	1-0.5	0.5-0.25	< 0.25	
BE	D0	5.72	21.94bc**	20.13	19.84	30.62
	D1	6.43	21.75c	20.82	20.30	29.10
	D2	7.53	23.94b	20.16	19.23	27.65
	D3	7.49	26.44a	19.98	19.76	25.23
	Ortalama	6.79	23.52a*	20.27	19.78	28.15b
BG	D0	5.84	21.24a	20.23	18.85	32.10
	D1	6.70	21.24a	21.16	19.85	30.80
	D2	6.66	20.65a	20.67	20.02	31.85
	D3	7.45	21.59a	20.56	19.79	29.79
	Ortalama	6.66	21.18b	20.65	19.63	31.13a
Ortalama	D0	5.78C***	21.59	20.18	19.34	31.36 A
	D1	6.57B	21.49	20.27	20.08	29.95 A
	D2	7.09AB	22.30	20.41	19.62	29.75 AB
	D3	7.47A	24.01	20.27	19.78	27.51 B
Varyasyon kaynakları	sd	P				
Uygulama	1	0.354	0.000	0.323	0.659	0.000
Doz	3	0.000	0.000	0.443	0.509	0.005
Uygulama*Doz	3	0.066	0.000	0.966	0.343	0.133

BE: Elma posası biyoçarı, BG: gül posası biyoçarı, *Uygulamalar arasındaki farklar küçük kalın harfle, **Uygulama dozlarına göre farklılıklar küçük harfle, ***Dozlar arasındaki farklar büyük harfle gösterilmiştir.

Toprakların agregasyon özelliklerinin değerlendirilmesinde, agregat büyüklük dağılımı yanında stabilitenin de önemli bir yere sahip olması, pek çok çalışmada olduğu gibi bu çalışmada da tartışılması gerekliliğini göstermektedir. Bu bağlamda özellikle ıslak eleme ile karakterize edilebilecek yeterlilikte büyük agregatların bulunmadığı topraklar için önerilen ve dispersiyon işlemlerinin içerilmediği durumdaki silt+kil yardımıyla belirlenen suya dayanıklı agregatların durumu Çizelge 2'de verilmiştir. Farklı dozlarda biyoçar uygulamaları farklı büyüklük gruplarının tümünde istatistiksel olarak önemli (P<0.05) olduğu belirlenen değişimlere yol açmıştır. <0.25 mm büyüklüğe sahip agregat gruplarında uygulama dozlarına bağlı % agregat oranı değerlerinin pozitif yönlü ve düzenli artışı, belirtilen agregat büyüklüğünün üzeri için söz konusu değildir. Kontrole göre önemli farklar gözlenmekle birlikte elde edilen değerlerin uygulanan biyoçar miktarının

artışına tam bir paralelliği söz konusu değildir. Elma ve gül posası kaynaklı biyoçarlar için istatistiksel olarak önemli olduğu belirlenen farklılık sadece 0.5-0.25 mm agregat büyüklük grubunda geçerlidir. Ancak diğer agregat büyüklük gruplarının tümünde de gül posası için elde edilen ortalama değerler yine düşüktür. Her ne kadar çalışma kapsamında belirlenmiş olmasa da elma ve gül posası kaynaklı biyoçarların içerdikleri yüksek değerli katyonların farklılığı agregat oluşumunu da farklı etkilemektedir. Ca doygunluğunun yüksek olması kolloidler arasındaki bağı ve biyolojik aktiviteyi artırarak stabiliteyi de etkilediği bildirilmiştir (Özbek ve ark., 1993). Kumlu tekstürlü topraklarda özgül yüzey alanı düşüklüğü ve zayıf agregasyon tipik özelliklerdir (Troeh ve Thompson, 2005). Biyoçarın özgül yüzeyinin oldukça yüksek olması (Dovnie ve ark., 2009; Lehmann ve Joseph, 2015), total porazitede ve su içeriğinde artışların olabileceğinin bir göstergesidir (Dovnie ve ark., 2009). Devereux ve ark. (2012) kontrol uygulamasında 0.07 mm² olan ortalama gözenek çapının % 5 biyoçar uygulaması ile 0.046 mm² ye yükseldiğini belirtmiştir. Söz konusu bu özellikleri göz önüne alındığında, bu tür topraklara uygulanmaları sonrası beklenen olumlu değişimlerin sınırlı da olsa bu çalışmada da gerçekleştiği ortadadır.

Çizelge 2. Biyoçar uygulamalarının % agregasyon oranı üzerine etkisi

Uygulama	Doz	Agregat büyüklüğü (mm)			
		2-1	1-0.5	0.5-0.25	< 0.25
BE	D0	42.69b	41.02a	36.44b**	24.75
	D1	48.49a	47.92a	36.52b	25.76
	D2	45.62ab	43.72a	41.41a	25.56
	D3	44.39b	42.76a	42.81a	27.83
	Ortalama	45.30	43.85	39.29a*	25.96
BG	D0	43.24c	41.52b	36.19a	24.70
	D1	44.72b	41.83b	37.73a	23.71
	D2	43.19c	44.65a	38.31a	25.75
	D3	47.48a	41.15b	38.63a	27.77
	Ortalama	44.60	42.29	37.71b	25.50
Ortalama	D0	42.94	41.27	36.31	24.73A***
	D1	46.61	44.87	37.12	24.74B
	D2	44.43	44.19	39.86	25.66B
	D3	45.93	41.96	40.72	27.80B
Varyasyon kaynakları	sd	P			
Uygulama	1	0.079	0.055	0.005	0.246
Doz	3	0.000	0.018	0.000	0.001
Uygulama*Doz	3	0.000	0.027	0.006	0.186

BE: Elma posası biyoçarı, BG: gül posası biyoçarı, *Uygulamalar arasındaki farklar küçük kalın harfle, **Uygulama dozlarına göre farklılıklar küçük harfle, ***Dozlar arasındaki farklar büyük harfle gösterilmiştir.

Nem Tutma Kapasitesi

Biyoçar uygulamalarının nem tutma özelliğini geliştirdiği gözlenmiştir. Biyoçar uygulamalarının 0.1, 0.33 ve 15 barlık tansiyonlarda üzerine etkisi Çizelge 3'de belirtilmiştir. Farklı dozlarda biyoçar uygulanması sonucu düşük tansiyonlarda (0.1, 0.33 bar) tutulan nem miktarlarındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir (P<0.01). 0.1 bar için kontrolde % 14.79 olan nem içeriği biyoçar uygulama dozunun artışına paralel olarak artarak % 15.80'e ulaşmıştır. Kontrol uygulaması hariç tutulduğunda, dozlar arası farklılık önemli değildir. 0.33 bar için ise tersi bir durum söz konusudur. D1 haricinde, diğerleri arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemlidir. 15 bar için bulunan toprak nem miktarları biyoçar uygulama dozları için kontrole göre daha yüksek olmakla birlikte farklılıklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Biyoçar türlerinin etkinlik farklılığı sadece 0.1 bar tansiyonda belirlenmiş ve bu kapsamda gül posası biyoçarı için daha yüksek bir değer (% 15.55) elde edildiği gözlenmiştir. Söz konusu materyalin 0.33 bar tansiyonda daha yüksek seviyede nem tutma özelliğinin oluşu etkinliğinin yüksek olmasının sebebidir. Toprakta farklı tansiyonlarda tutulan nem üzerinde etkili faktörlerden, biyoçar uygulamalarıyla ilişkili olarak burada yüzey genişliği ve gözenek geometrisi ön plana çıkmıştır. Singh ve ark. (2010) Gözenekliliği yüksek olan biyoçarın su tutma kapasitesini arttırdığı belirtirken, Hardie ve ark. (2014) tarafından yapılan bir çalışmada; biyoçar uygulamasının tarla kapasitesi (-10 kPa, 30 µm) ve solma noktası (-1500 kPa, 0.2 µm) nem düzeylerinde önemli bir değişime neden olmadığı belirlenmiş, literatürde belirtilen yararlanılabilir nem artışının burada bulunamamış olmasının nedeni olarak yöntem farklılığı (laboratuvar ve yerinde tayin) gösterilmiştir. Keza çalışmada kullanılan biyoçarın sahip olduğu porların % 95'inin çapının <22.0 µm olduğu belirtilmiştir. Yine

Yu ve ark. (2013) Biyoçarın yüksek oranlarda (%0-100) karıştırılması belirgin bir şekilde su tutma kapasitesini arttıracakını bildirirken çalışmada, solma noktasındaki artışların istatistik anlamda önemli bulunmamasının sebebi uygulama miktarının düşük seviyelerde olmasından kaynaklanabilmektedir.

Çizelge 3. Biyoçar uygulamalarının toprakta tutulan nem %'leri üzerine etkileri.

Uygulama	Doz	Nem Tansiyonu (bar)		
		0.1	0.33	15
BE	D0	14.66	9.81b	5.09
	D1	15.17	10.33ab	5.14
	D2	15.57	10.03b	5.06
	D3	15.80	10.83a	5.25
	Ortalama	15.30b*	10.25	5.13
BG	D0	14.92	9.81b	5.01
	D1	15.74	10.72a **	5.32
	D2	15.75	10.48ab	5.26
	D3	15.80	10.56a	5.30
	Ortalama	15.55a	10.39	5.22
Ortalama	D0	14.79B***	9.80	5.05
	D1	15.45A	10.52	5.23
	D2	15.66A	10.25	5.16
	D3	15.80A	10.69	5.27
	Varyasyon Kaynakları	sd	P	
Uygulama	1	0.026	0.118	0.161
Doz	3	0.000	0.000	0.096
Uygulama*Doz	3	0.245	0.040	0.330

BE: Elma posası biyoçarı, BG: gül posası biyoçarı, *Uygulamalar arasındaki farklar küçük kalın harfle, **Uygulama dozlarına göre farklılıklar küçük harfle, ***Dozlar arasındaki farklar büyük harfle gösterilmiştir.

Sonuç

Elma ve gül posası biyoçarlarının kum tekstürlü bir toprağın agregasyon ve nem tutma özellikleri üzerine etkilerinin incelendiği bu çalışmada; kontrolde % 21- 22'lik bir orana sahip olan 2- 1 mm agregat grubu için özellikle elma biyoçarı uygulamasının D2 ve D3 dozlarıyla %9.12 ve %20.51 düzeylerinde agregat büyüklüklerinde artış sağlamıştır. Gül posası biyoçarının 0.25-1 mm agregat büyüklük grupları üzerindeki benzer yönlü etkisi dozlar itibarıyla çok anlamlı bulunmamıştır. Agregatların stabilitesi bağlamında biyoçar türleri için istatistiksel olarak önemli farklılık, sadece 0.5-0.25 mm agregat büyüklük grubu için söz konusudur. Ayrıca toprak nem tansiyonlarından 0.1 ve 15 bar aralığında tutulan nem miktarında en yüksek uygulama dozu için % 8.11'lik bir artış gerçekleşmiştir. Yüksek sıcaklıkta üretilen biyoçarın oldukça gözenekli yapıda olmasından kaynaklı özgül yüzeyinde artışlara (Downie ve ark., 2009) sebep olacağı böylelikle nem tutma özelliğini olumlu etkileyeceği ayrıca toprağa bağlanmasıyla agregatlaşmayı etkileyeceği yapılan çalışmada ortaya konulmaya çalışılmıştır. Dolayısıyla incelenen özellikler itibarıyla özellikle agregasyon özelliklerinin geliştirilmesi için EPB, nem tutma özelliklerinin geliştirilmesinde ise GPB'nin kullanımının önerilebileceği değerlendirilmiştir.

Kaynaklar

- Aslam Z, Khalid M, Aon M, 2014. Impact of biochar on soil physical properties. *Scholarly Journal of Agricultural Science* 4: 280-284.
- Barut ZB, Çelik İ, Turgut MM, 2010. Buğday tarımında farklı toprak işleme sistemlerinin toprağın bazı fiziksel özelliklerine etkisi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 6(4): 237-246.
- Boekel P, 1963. Soil structure and plant growth. *Netherlands Journal of Agricultural Science* 11: 120-127.
- Busscher WJ, Novak JM, Evans DE, Watts DW, Niandou MAS, Ahmedna M, 2010. Influence of pecan biochar on physical properties of a norfolk loamy sand. *Soil Science* 175: 10-14.
- Carmeis Filho AC, Crusciol CA, Guimarães TM, Calonego JC, Mooney SJ, 2016. Impact of amendments on the physical properties of soil under tropical long-term no till conditions. *PLoS one* 11(12): e0167564.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 143. Erzurum
- Devereux RC, Sturrock CJ, Mooney SJ, 2012. The effects of biochar on soil physical properties and winter wheat growth. *Earth and Environmental Science Transactions of the Royal Society of Edinburgh*. 103: 13-18.
- Downie A, Crosky A, Munroe P, 2009. Physical properties of biochar. In Lehmann J, Joseph S. (Eds.) *Biochar for Environmental Management. Science and Technology*. (pp. 1332). Earthscan. London.

- Downie A, Crosky A, Munroe P, 2009. Physical properties of biochar. *Biochar for Environmental Management: Science and Technology*, 13-32.
- Hardie M, Clothier B, Bound S, Oliver G, Close D, 2014. Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? *Plant and Soil* 376(1-2): 347-361.
- Jien SH, Wang CS, 2013. Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena* 110: 225-233.
- Kacar B, 2009. Toprak analizleri. Nobel Yayın Evi, 468. Ankara.
- Karaman MR, Brohi AR, Müftüoğlu NM, Öztaş T, Zengin M, 2007. Sürdürülebilir toprak verimliliği, s:15-29. Detay yayıncılık, Ankara
- Karhu K, Mattila T, Bergström I, Regina K, 2011. Biochar addition to agricultural soil increased CH₄ uptake and water holding capacity—results from a short-term pilot field study. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 140: 309-313.
- Komkiene J, Baltreinaite E, 2016. Biochar as adsorbent for removal of heavy metal ions [cadmium (II), copper (II), lead (II), zinc (II)] from aqueous phase. *International Journal of Environmental Science and Technology* 13: 471-482.
- Lehmann J, Joseph S (Eds.), 2015. Biochar for environmental management: Science, Technology and Implementation. Routledge.22p
- Liu XH, Han FP, Zhang XC, 2012. Effect of biochar on soil aggregates in the loess plateau: results from incubation experiments. *International Journal of Agriculture and Biology* 14(6): 975- 979.
- Mankasingh U, Choi PC, Ragnarsdottir V, 2011. Biochar application in a tropical, agricultural region: a plot scale study in Tamil Nadu. India. *Applied Geochemistry* 26: 218-221.
- Mizuta K, Matsumoto T, Hatate Y, Nishihara K, Nakanishi T, 2004. Removal of nitrate-nitrogen from drinking water using bamboo powder charcoal. *Bioresource Technology* 95(3): 255-257.
- Nigussie A, Kissi E, Misganaw M, Ambaw G, 2012. Effect of biochar application on soil properties and nutrient uptake of lettuces (*Lactucasativa*) grown in chromium polluted soils. *American-Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Science* 12(3): 369-376.
- Novak JM, BusscherWJ, Watts DW, Amonette JE, Ippolito JA, Lima IM, Gaskin J, Das KC, Steiner C, Ahmedna M, 2012. Biochars impact on soil-moisture storage in an ultisol and two aridisols. *Soil Science* 177: 310-320.
- Özbek H, Kaya Z, Gök M, Kaptan H, 1993. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi Kitabı, Yayın no: 73, Ders Kitapları Yayın No: A-16,: 77-119, Adana.
- Özdemir N, Canbolat MY, 1997. Toprak strüktürünün oluşum süreçleri ve yönetimi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 28(3):413-419.
- Passioura JB, 1991. Soil structure and plant growth. *Soil Research* 29(6): 717-728.
- Simpson K, Hayes SF, 1958. The effect of soil conditioners on plant growth and soil structure. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 9(3): 163-170.
- Singh B, Singh BP, Cowie AL, 2010. Characterisation and evaluation of biochars for their application as a soil amendment. *Soil Research* 48(7): 516-525.
- Spokas KA, Reicosky DC, 2009. Impacts of sixteen different biochars on soil greenhouse gas production. *Annals of Environmental Science* 3: 179-193.
- Sun F, Lu S, 2014. Biochars improve aggregate stability, water retention, and pore space properties of clayey soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 177(1): 26-33.
- Troeh FR, Thompson LM, 2005. Soils and Soil Fertility. Sixth Edition, Blackwell, Ames, Iowa, 489.
- Turgut B, Aksakal EL, 2010. Fiğ samanı ve ahır gübresi uygulamalarının toprak aşınım parametreleri üzerine etkileri. *Artvin Çoruh University Faculty of Forestry Journal* 11(1): 1-10.
- U.S. Salinity Laboratory Staff., 1954. Diagnosis and improvement of salina and alkali soils. Agricultural Handbook, No: 60, U.S.D.A.
- Utomo W, Ganika S, Wisnubroto E, Islami T, 2016. Friability and aggregate stability of loamy soil after 5 years of biochar application. In EGU General Assembly Conference Abstracts (Vol. 18. p. 10361). Available from URL: <https://meetingorganizer.copernicus.org/EGU2016-10361.pdf>
- Yu OY, Raichle B, Sink S, 2013. Impact of biochar on the water holding capacity of loamy sand soil. *International Journal of Energy and Environmental Engineering* 4(1): 44.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Frekans oranı yönteminin erozyon duyarlılık analizinde kullanımı: Selendi Çayı Havzası (Manisa) örneği

Yıldız Güney *

Uşak Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Coğrafya Bölümü, Uşak

Özet

Coğrafi Bilgi Sistemleri yazılımları ile yapılan erozyon duyarlılık analizleri hazır ya da bağımsız erozyon modelleri kullanılarak yapılmaktadır. Parametre sayısının ve analiz yönteminin kullanıcılar tarafından özgürce belirlenebildiği bağımsız erozyon modelleri ile yapılan erozyon duyarlılık analizleri özellikle son yıllarda oldukça artmıştır. Bağımsız erozyon modeli oluşturmada kullanılan çeşitli yöntemler vardır. Bağımsız erozyon modeli oluşturmada kullanılacak yöntemlerinden biri de frekans oranıdır. Frekans oranı tamamen istatistiksel bir yöntem olup genellikle heyelan duyarlılık çalışmalarında kullanılmaktadır. Heyelan olayı arazide veya uydu görüntülerinden hatta topografya haritalarından tespit edilerek bununla ilgili bir envanter oluşturulması nispeten daha kolay olduğu için frekans oranı yöntemiyle heyelan duyarlılık analizi yapmak mümkündür. Bu çalışmada arazide ölçmesi ve tespit edilmesi heyelana göre nispeten zor bir süreç olan erozyon olayını frekans oranı yöntemiyle analiz ederek tamamen istatistiksel analize dayalı objektif bir erozyon duyarlılık analizi yapmak hedeflenmiştir. Bunun için arazide erozyonun şiddetli olduğunu gösteren işaretler kullanılarak bir envanter hazırlanmıştır. Araştırma alanında erozyonu etkilediği düşünülen topografik, jeolojik, hidrografik, çevresel ve iklimle ilgili parametreler kullanılarak bir veri tabanı oluşturulmuştur. Sonuçta erozyon yüzeyleri envanteri ile araştırma alanında erozyonu etkilediği düşünülen parametreler birlikte değerlendirilerek, frekans oranı yöntemiyle Selendi Çayı Havzası için bir erozyon duyarlılık analizi yapılmıştır. Frekans oranı gibi tamamen istatistiksel bir yöntemin erozyon duyarlılığında kullanılması araştırmacıların objektif bir değerlendirme yapmasına imkan sağladığı ve uzman görüşüne dayalı subjektif parametre ağırlıklandırma yöntemlerinin aksine kullanıcı kaynaklı hataları engelleyebileceği görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: Frekans oranı, Erozyon duyarlılığı, Selendi Çayı Havzası.

The use of frequency ratio method in erosion susceptibility analysis: the case of Selendi River Basin (Manisa)

Abstract

Erosion susceptibility analysis done by Geographic Information Systems are made using prepared or independent erosion models. Recently, erosion susceptibility analyses made by independent erosion models in which parameter numbers and analysis methods can be freely selected by users, have raised. There are various methods used in creating independent erosion model. One of them is frequency ratio. Frequency ratio is totally statistical method and is usually used in landslide susceptibility studies. It is possible to make landslide susceptibility analysis because it is easier to create an inventory by defining landslide on area or via satellite imaging, even by topographic map. In this study, it is aimed to make an erosion susceptibility analysis which is totally statistical, by using frequency ratio. This measurement and defining process is much harder than landslide. Therefore, an inventory is prepared by using signs that show erosion is severe in the land. In research area, a database is created by using topographic, geologic, hydrographical, environmental and climatic parameters which are thought to be effecting erosion. Finally, an erosion susceptibility analysis for Selendi River Basin through the frequency ratio method. In this method, the parameters that is thought to be effecting the erosion in the area and the erosion surfaces inventory are assessed together. Using of a completely statistical method such as frequency ratio enables users to make an assessment which is objective. Also, using these methods may inhibit errors originating from users, on the contrary of subjective parameter weighting which is based on specialist opinion.

Keywords: Frequency ratio, Erosion susceptibility, Selendi River Basin.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Literatürde Coğrafi Bilgi Sistemleri kullanılarak yapılan erozyon duyarlılık analizi ile ilgili pek çok çalışma bulunmaktadır. Bu konuda kullanılan modelleri hazır ve bağımsız erozyon modelleri olarak iki ana grupta

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 276 2212164

E-posta : yildiz.guney@usak.edu.tr

Geliş Tarihi : 26 Temmuz 2018

Kabul Tarihi : 17 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

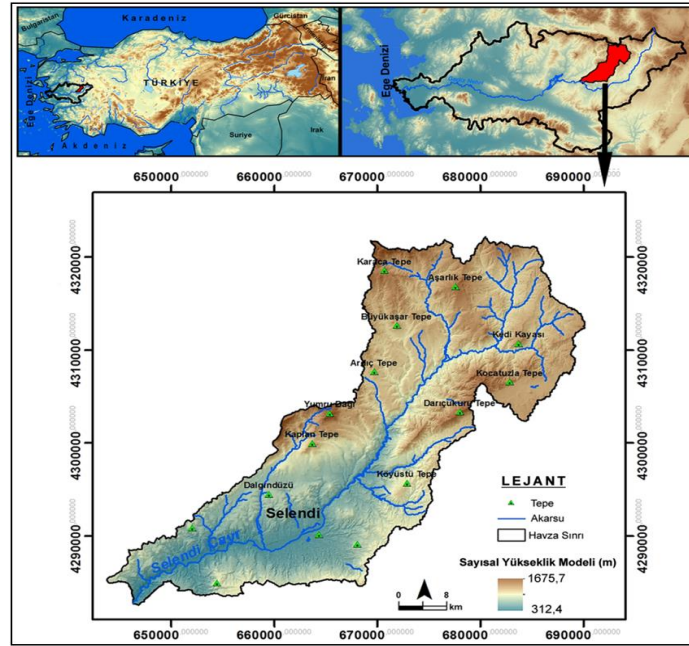
değerlendirmek mümkündür. RUSLE, USLE, CORINE, CREAMS, ANSWERS, WEPP, EUROSEM, PESERA gibi literatürde adına sıklıkla rastlanılan hazır erozyon modellerinde uygulayıcıların analizde kullanacakları parametreler önceden belirlenmiştir. Bunları kullanarak yapılan çalışmalarda yöntem farklı ölçeklerdeki ve özelliklerdeki alanlara aynı standartlarda uygulanır. Hazır erozyon modellerinde parametrelerin analizi sonucunda elde edilen sonuç değerleri sınıflandırmada kullanılan standart skalalar da vardır. Analiz sonucu elde edilen değerler bu standart skalalar doğrultusunda sınıflandırılarak haritalanır (Özden ve Özden, 1997; Bayramin, 2003; Bayramin ve ark., 2003; Bayramin ve ark., 2006; Cürebal ve Ekinci, 2006; Tağıl, 2007; Çilek ve Berberoğlu, 2013; Dindaroğlu ve Canpolat, 2013; Çilek ve ark., 2014; Kanar ve Dengiz, 2015; Pektezel, 2015; Başayığıt ve ark., 2016; Erdem, 2017).

Son yıllarda Coğrafi Bilgi Sistemleri'nin erozyon duyarlılığını haritalamak için kullanıldığı bağımsız modeller de literatürde ön plana çıkmaktadır. Bağımsız erozyon modellerinde ise hazır erozyon modellerinin aksine parametre sayıları, parametrelerin alt sınıfları, parametrelerin ağırlıkları kullanıcılar tarafından özgürce belirlenir. Bağımsız erozyon modellerinde analiz sonucunda elde edilen değerleri sınıflandırmada kullanılan hazır bir skala da yoktur (Akgün, 2007; Akgün ve Türk, 2010; Zhang ve ark., 2012; De Lollo ve Sena, 2013; Sunkar ve Avcı, 2015; Yüksel ve Avcı, 2015). Örneğin lojistik regresyon yöntemiyle oluşturulan modeller erozyon duyarlılığını haritalamada sıklıkla kullanılan yöntemlerdendir (Campling ve ark., 2002; Kravchenko ve ark., 2002; Mueller ve ark., 2005; Begueria, 2006; Lesschen ve ark., 2008). Araştırmacıların lojistik regresyon yöntemini tercih etme sebebi bu yöntemin kendilerine parametreleri sınıflandırma ve seçme özgürlüğü sağladığı için eski haritalarda olabilecek sınıflandırma ve içerik hatalarına karşı duyarsız olmasıdır. Bu yöntem sayesinde araştırmacılar litolojik ve topografik verilerden parametre oluşturarak erozyon indisleri geliştirebilirler (Muller ve ark., 2005). Yine bağımsız erozyon modelleri oluşturmada literatürde sıklıkla kullanılan yöntemlerden biri de çok ölçütlü karar analizidir. Bu yöntemde de analizlerde kullanılacak parametreler ve ağırlıkları uzmanlar tarafından belirlenir (Bathrellos ve Skilodimo, 2007; Conoscenti, 2008; Agnesi ve ark., 2011; Raissouni ve ark., 2012; Ronghua ve ark., 2013; Moayeri ve ark., 2013).

Bu çalışmada bağımsız erozyon modelleri oluşturmak için kullanılabilir bir yöntem olan frekans oranı ile bir erozyon duyarlılık analizi uygulaması yapılmıştır. Frekans oranı yöntemi tamamen istatistiksel bir yöntem olup genellikle heyelan duyarlılık çalışmalarında kullanılmaktadır (Jadda ve ark., 2009; Yılmaz, 2009; Avcı, 2016). Yöntemin kullanılacağı doğal olayla ilgili öncelikle bir envanter verisine ihtiyaç duyulmaktadır. Heyelan olayı arazide veya uydu görüntülerinden, hatta topografya haritalarından tespit edilerek bununla ilgili bir envanter oluşturulması nispeten daha kolay olduğu için frekans oranı yöntemiyle heyelan duyarlılık analizi yapmak mümkündür. Bu çalışmada arazide ölçmesi ve tespit edilmesi heyelana göre nispeten zor bir süreç olan erozyon olayını frekans oranı yöntemiyle analiz edilerek tamamen istatistiksel analize dayalı objektif bir erozyon duyarlılık analizi yapmak hedeflenmiştir.

Araştırma alanı olarak Gediz Nehri'nin kollarından birisi olan Selendi Çayı'nın su toplama havzası seçilmiştir. Yaklaşık 716.12 km² alana sahip Selendi Çayı Havzası, kabaca 38°39' 41"-39°00' 47" kuzey enlemleri ile 28°39' 14"-29°11' 41" doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 1).

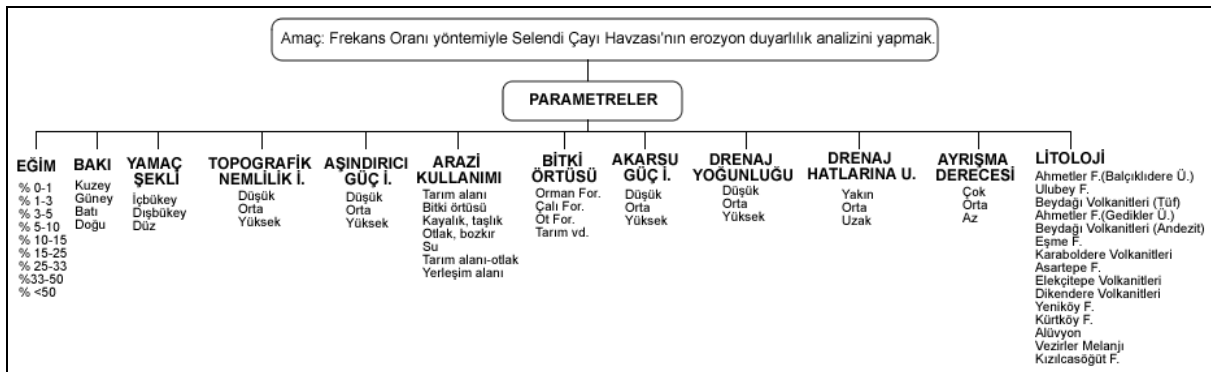
Doğal olaylarla ilgili duyarlılık çalışmalarında, doğal olayları tahmin etmek için çoğunlukla kabul edilen varsayım şudur; "Güncel veya gelecekteki doğal olaylar, geçmişte meydana gelen doğal olaylarla ilişkili aynı faktörler nedeniyle oluşacaktır." (Chung ve Fabbri, 1996; Lee ve ark., 2004; Akgün, 2007; Jadda ve ark., 2009; Yılmaz, 2009; Akgün ve Türk, 2010). Bu varsayımdan yola çıkarak, geçmiş doğal olay konumları ile doğal olayı etkileyen her bir etken arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koymak için frekans oranı yöntemi kullanılmaktadır (Lee ve Min, 2001). Tamamen istatistiksel bir yöntem olan frekans oranı parametrelerin ağırlıklandırılması sırasında kullanıcıların tercihlerinden kaynaklanabilecek subjektifliği engellemektedir (Avcı, 2016). Erozyon olayı ile erozyonu etkileyen coğrafi parametreler arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak ortaya koyup, objektif bir değerlendirme yapabilmek için bu makale kapsamında frekans oranı yönteminin erozyon duyarlılık analizinde kullanımıyla ilgili bir uygulama yapılmıştır.



Şekil 1. Araştırma alanının lokasyon haritası.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanının litoloji parametresi için sahada önceden yapılmış çalışmalardan yararlanılmış olup, farklı amaçlarla hazırlanmış raporlar ve bunların eklerindeki haritalar incelenmiştir (Ercan ve ark., 1983; Ozaner, 1984; Crawford, 1985; Ozaner, 1988). 1/25000 ölçeğinde haritalanan litolojik birimler ArcGIS 10.2 yazılımı ile sayısallaştırılmış ve 15 birim ayırt edilerek stratigrafik istifi takip edecek şekilde düzenlenmiştir. Sayısallaştırılmış litoloji haritası üzerindeki birimler, önceki çalışmalarda kullanılan formasyon adları kullanılarak isimlendirilmiş ve sayısal formatta litoloji haritasına ait bir veritabanı elde edilmiştir. Kuaterner bazaltları, Elekçitepe volkanitleri; Pliokuaterner tarihli konglomera, kumtaşı ardanması Asartepe formasyonu; Üst Miosen konglomera, tüfit, kiltası, marn, kalker ardanması Ahmetler formasyonu (Balçıklidere üyesi); Üst Miosen kiltası, siltaşı, tüfit ardanması Ahmetler formasyonu (Gedikler üyesi); Üst Miosen andezitik lavları ve tüfleri Beydağı volkanitleri; Üst Miosen riyoit, trakiandezit, andezit, tuf, aglomera Karaboldere volkanitleri; Üst Miosen gösel kalkerleri Ulubey formasyonu; Orta Miosen riyoit, riyoasit, tuf Dikendere volkanitleri; Orta Miosen konglomera, kumtaşı, kiltası, siltaşı, kalker ardanması Yeniköy formasyonu; Alt Miosen tarihli konglomera, kumtaşı Kürtköy formasyonu; Kretase melanji Vezirler melanji; Jura tarihli dolomitler Kızılcaşöğüt formasyonu; Paleozoik gnays ve şistleri ise Eşme formasyonu olarak isimlendirilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Erozyon duyarlılık analizinde kullanılan parametreler

Araştırma alanında litoloji parametresinin yanısıra, kayaların ayrışma derecesi de ikinci jeolojik parametre olarak kullanılmıştır. Bunun için araştırma alanında yüzeylenen alüvyonlar hariç geriye kalan 14 litolojik birimden 200 m aralıklarla 6 yükselti basamağından (312-512, 512-712, 712-912, 912-1112, 1112-1312, 1312-1675 metre) 4 ana yönden (kuzey, güney, doğu, batı) örnek alanlar belirlenerek, Schmidt çekici ile

ölçüm yapılmış ve kayaçların erozyon duyarlılığını ilgilendiren fiziksel özelliklerinin analizi için kayaç numunesi alınmıştır. Araştırma alanında yüzeylenen kayaçlardan alınan numuneler kullanılarak Dokuz Eylül Üniversitesi Torbalı Meslek Yüksekokulu Kaya Mekaniği Laboratuvarları'nda nokta yük direnci ve suda dağılmaya karşı hassasiyet indeksi testleri yapılmıştır. Araştırma alanının farklı noktalarından yapılan Schmidt çekici ölçümleri ve alınan numunelerin laboratuvar analizi sonuçları toplanmış ve IDW enterpolasyon ile haritalanmıştır. Daha sonra bu harita Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile yeniden sınıflandırılarak, az, orta ve çok ayrılmış olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır (Şekil 2).

Bu çalışmada eğim haritası 10 metre çözünürlüklü SYM'den (Sayısal Yükseklik Modeli) 9 sınıfa ayrılarak elde edilmiştir. Eğim değerleri yüzde cinsinden olup, eğim sınıflaması USDA'nın (United States Department of Agriculture) Toprak Etüt Kitapçığındaki eğim sınıflaması ve tanımları göz önünde bulundurularak yapılmıştır (Şekil 2). Araştırma alanının bakı haritası 10 m çözünürlüklü SYM'den batı, doğu, kuzey ve güney olmak üzere 4 sınıflı olarak hazırlanmıştır (Şekil 2).

Yamaç eğriselliği parametresi için 10 m çözünürlüklü SYM'den üretilen profil yamaç eğriselliği haritasında 0'dan büyük değerler dışbükey, 0 düz, 0'dan küçük değerler ise içbükey olarak sınıflandırılmıştır (Şekil 2).

Araştırmada kullanılan topografik nemlilik indeksi 10 metre çözünürlüklü SYM'den oluşturulup Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile düşük, orta ve yüksek olmak üzere üç sınıfa ayrılmıştır.

Araştırma alanının bitki örtüsü haritası için 1/100000 ölçekli orman amenajman haritası kullanılarak formasyon sınırları çıkarılmıştır. Araştırma alanının orman amenajman haritasından ve arazi gözlemlerinden yararlanarak orman formasyonu, ot formasyonu, çalı formasyonu ve diğer (tarım alanları, kayalık ve boş alanlar) olmak üzere dört sınıftan oluşan bir bitki örtüsü parametresi oluşturulmuştur (Şekil 2).

Araştırma alanının arazi kullanımı/örtüsü haritası için 2014 yılına ait Landsat 8 uydu görüntüsü, Google Earth Pro yazılımı, 1/100000 ölçekli orman amenajman verisi ve arazi gözlemlerinden faydalanılmıştır. Arazi kullanımı/örtüsü sınıfları 7 grupta toplanmıştır. Bu arazi kullanımı/örtüsü sınıflarından havzadaki göl ve göletleri temsil eden su sınıfı hariç diğer 6 sınıf erozyon sürecine direkt etkileyebilecek arazi kullanım sınıflarıdır (Şekil 2).

10 metre çözünürlüklü SYM verisinden üretilen drenaj hatları, araştırma alanında km²'ye düşen drenaj hattı yoğunluğunun hesaplanmasında kullanılmıştır. Vektör formatındaki drenaj hatları verisi ArcGIS yazılımında Spatial Analyst modülü altındaki araçlardan biri olan Line Density aracı ile analiz edilerek drenaj yoğunluk haritası elde edilmiştir. Daha sonra raster formatındaki bu harita düşük, orta ve yüksek olmak üzere yeniden sınıflandırılarak üç sınıflı bir drenaj yoğunluğu parametresi oluşturulmuştur (Şekil 2).

Drenaj hatlarına uzaklık parametresi için SYM'den üretilen akarsu ağı kullanılarak ArcGIS yazılımındaki Spatial Analyst araçlarından "Eucliden Distance" komutuyla analiz yapılmıştır. Bu uygulama, SYM'den üretilen drenaj hatlarına, ilgili her bir pikselin sahip olduğu mesafenin miktarını ifade eder (Akgün, 2007). Piksellerin drenaj hatlarına uzaklığı 0 m ile 457 m arasında değişmekle birlikte elde edilen raster harita Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile yakın, orta ve uzak olmak üzere 3 sınıfa ayrılmıştır (Şekil 2).

Akarsu aşındırma gücü indeksi (Stream Power Index), su deşarjının spesifik akaçlama alanı (As) ile orantılı olduğu varsayımına dayanarak akış halindeki suyun eroziv etkisinin bir ölçüsüdür. $SPI = (AS \cdot \tan \beta)$ eşitliği ile hesaplanır. "AS" değeri spesifik havza alanını (m²/m), " β " derece olarak eğim değerini temsil etmektedir (Moore ve ark., 1991). Bu indis araştırma alanının 10 metre çözünürlüklü SYM verisinin SAGA (System for Automated Geoscientific Analysis) GIS yazılımında analizi sonucu elde edilmiştir. Natural Breaks (Jenks) sınıflama yöntemi ile düşük, orta, yüksek olmak üzere üç sınıflı olarak sınıflandırılmıştır.

İklimin erozyona etkisini ortaya koymak için iklim ve erozyon arasındaki etkileşimi en iyi kuran hazır erozyon modellerinden biri olan CORINE metodolojisinden yararlanılmıştır. Erozyona iklimin aşındırıcı güç etkisini belirlemek amacıyla öncelikle araştırmada kullanılan istasyonların aylık ortalama yağış ve sıcaklık dağılım haritaları yapılmıştır. Bu veriler kullanılarak yağışın erozivitesi için Modified Fournier Index (MFI), kuraklık için ise Bagnouls-Gaussen Aridity Index (BGI) hesaplanarak haritalanmıştır. MFI ve BGI iklimik göstergeleri CORINE metodolojisinde kullanıldığı gibi sınıflandırılıp birleştirilerek düşük, orta ve yüksek olmak üzere 3 sınıflı bir erozivite indeksi oluşturulmuştur.

Yukarıda saydığımız bu veri yapıları tek bir veri tabanında toplanarak sahaya ait bir veri tabanı oluşturulmuştur. Böylece bu veri tabanı içinde yapılacak değerlendirmeler üçüncü aşama ve dördüncü aşama olan istatistiksel analizler için altlık teşkil edecek niteliğe dönüştürülmüştür.

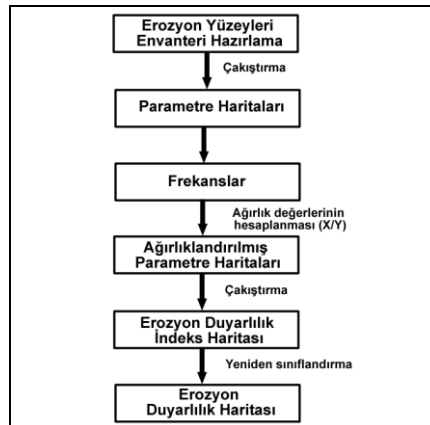
Literatürde erozyonun şiddetli olduğunu gösteren erozyon yüzeylerini kullanarak arazi tabanlı erozyon değerlendirmesi yapan pek çok araştırma bulunmaktadır (Clark, 1980; Hudson, 1995; Herweg, 1996; De Bie, 2005; Vigiak ve ark., 2005; Nasri ve ark., 2008; Stocking ve Murnaghan, 2001). Araştırma alanında gelişen erozyon yüzeylerinin erozyon duyarlılık analizinde envanter verisi olarak kullanılması hedeflenmiştir. Bu

amaçla araştırma alanındaki erozyon yüzeyleri ayrıntılı arazi gözlemleri ve uydu görüntüsü yardımıyla haritalanmıştır. Envanter haritalaması yapılırken Clark (1980) tarafından önerilen erozyon yüzeyleri sınıflaması kullanılmıştır. Clark (1980), arazide erozyonu değerlendirmek için farklı erozyon yüzeyleri tanımlamıştır. Buna göre arazide erozyonun kanıtı olarak gösterilen özellikler şunlardır: toprak hareketi, yüzey döküntüsünün yer değiştirmesi, köklerin açığa çıkmasının ölçüsü, anakayanın açığa çıkmasının ölçüsü, yüzeysel akış şekillerinin oluşumu, rill erozyonu oluşumu, gully erozyonu oluşumu, heyelanlar ya da kütle hareketleri oluşumudur. Bu doğrultuda araştırma alanında 434 tane lokasyonda erozyon yüzeyleri tespit edilmiştir (Şekil 3). Bu erozyon yüzeylerinin koordinat bilgileri Garmin Etrex 10 el tipi GPS ile kaydedilmiştir. Daha sonra erozyon duyarlılık analizinde kullanılan parametrelerin hangi sınıflarına tekabül ettikleri belirlenerek analizler için frekans oranı tablosuna tespitler işlenmiştir.



Şekil 3. Araştırma alanında kayıt altına alınan erozyon yüzeyi örnekleri **a)** Heyelan **b)** Rill **c)** Erozyonla açığa çıkmış ağaç kökleri **d)** Gully **e)** Kaya düşmesi **f)** Yamaç döküntüsünün yer değiştirmesi

Literatürde doğal afetlerle ilgili duyarlılık değerlendirmesinde oldukça sık tercih edilen bir yöntem olan frekans oranı, geçmişte meydana gelmiş bir doğal olaya etki eden faktörlerden yola çıkarak bir olayın gerçekleşme olasılığının gerçekleşmeme olasılığına oranı olarak tanımlanır (Bonham Carter, 1994; Dai ve Lee, 2002). Bu araştırma kapsamında ele alınan doğal olay erozyon olduğu için arazide şiddetli erozyonun kanıtı olarak kabul edilen, erozyon yüzeyleri ile erozyon duyarlılık analizinde kullanılan parametreler ilişkilendirilmiştir. Frekans oranı sayesinde araştırma alanında hem erozyonun şiddetli olduğu alanlar hem de kullanılan parametrelerin araştırma alanında kapladığı alanların büyüklüğü hesaba katılmıştır. Frekans oranı yönteminde izlenen işlem adımlarına ilişkin bir iş akış şeması Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Frekans oranı yönteminde izlenen iş akış şeması.

Frekans oranı hesabı için "FO=X/Y" formülü uygulanmıştır. Burada X, erozyonu etkileyen bir parametrenin her bir alt sınıfı içindeki erozyon yüzeyi varlığının yüzdesi, Y ise erozyonu etkileyen bir parametrenin her bir alt sınıfının o parametre içerisindeki yüzdesidir. Frekans oranı hesap tablosunda X, (A/B)*100 ve Y ise (C/D)*100 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 1). Bu bağıntıdaki B, araştırma alanındaki envanter verisi olarak kayıt altına alınan toplam erozyon yüzeyli piksel sayısını, D ise araştırma alanındaki toplam piksel sayısını ifade etmektedir (Erener ve Lacasse, 2007). Hesaplanan frekans oranı değeri 1'den ne kadar büyük olursa, erozyon ve erozyona neden olan parametre arasındaki ilişki o kadar yüksek; tersine 1'den ne kadar düşük olursa bu ilişki o kadar düşük olacaktır. Diğer bir deyişle frekans oranı değeri 1'den büyük olanlar yüksek korelasyonu, 1'den düşük olanlar düşük korelasyonu ifade etmektedir (Akgün, 2007).

Çizelge 1. Erozyon duyarlılık analizinde kullanılacak parametrelerin frekans oranı değerleri.

B=434		D=7161305		Erozyon Yüzeysel Piksel Sayısı		Alandaki Piksel Sayısı		Frekans Oranı (X/Y)
Parametreler	Parametrelerin Alt Sınıfları	A	X (%)	C	Y (%)			
Litoloji	Eşme Formasyonu: Gnays, şist	25	5.76	880981	12.41	0.47		
	Kızılcaşöğüt Formasyonu: Dolomit	0	0.00	1805	0.03	0.00		
	Vezipler Melanjı: Melanj	0	0.00	109880	1.55	0.00		
	Kürtköy Formasyonu: Konglomera, kumtaşı	0	0.00	27603	0.39	0.00		
	Yeniköy For.: Konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası, kalker	0	0.00	1395733	19.66	0.00		
	Dikendere Volkanitleri: Riyolit, riyodasit, tuf	3	0.69	65958	0.93	0.75		
	Ulubey Formasyonu: Gösel kalker	87	20.00	803930	11.33	1.77		
	Karaboldere V.:Riyolit, trakianandezit, andezit, tuf, aglomera	16	3.69	414815	5.84	0.63		
	Beydağı Volkanitleri: Andezitik Tuf	44	10.14	857851	12.09	0.84		
	Beydağı Volkanitleri: Andezit	33	7.60	536772	7.56	1.00		
	Ahmetler F. (Gedikler Üyesi): Kiltası, silttaşı, tüfit	41	9.45	304971	4.30	2.21		
	Ahmetler F.(Balçıklıdere Ü.):Konglomera, tüfit, kiltası, marn, kalker	168	38.71	1240592	17.48	2.21		
	Asartepe Formasyonu: Konglomera, kumtaşı	12	2.76	96922	1.37	2.05		
	Elektepe Volkanitleri: Bazalt	5	1.15	84514	1.19	1.00		
Alüvyon	0	0.00	275309	3.88	0.00			
Ayrışma Derecesi	Çok ayrılmış	77	17.74	1379872	19.27	0.92		
	Orta derecede ayrılmış	268	61.75	3913819	54.65	1.13		
	Az ayrılmış	89	20.51	1867611	26.08	0.79		
Eğim (%)	0-1	0	0.00	34372	0.48	0.00		
	1-3	2	0.46	226998	3.17	0.16		
	3-5	4	0.92	334553	4.67	0.19		
	5-10	10	2.30	984424	13.75	0.17		
	10-15	24	5.53	997960	13.94	0.39		
	15-25	52	11.98	1695456	23.68	0.51		
	25-33	65	14.98	1063003	14.84	1.01		
	33-50	149	34.33	1365182	19.06	1.80		
<50	128	29.49	459357	6.41	4.60			
Bakı	Kuzey, Kuzeydoğu, Kuzeybatı	50	11.52	1470923	20.54	0.56		
	Güney, Güneydoğu, Güneybatı	148	34.10	1938184	27.06	1.26		
	Doğu	85	19.59	1855978	25.92	0.76		
	Batı	151	34.79	1896220	26.48	1.31		
Yamaç Şekli	İçbükey	33	7.60	3525924	49.24	0.15		
	Dışbükey	266	61.29	2578843	36.01	1.70		
	Düz	135	31.10	1056536	14.75	2.11		
Topografik Nemlilik İndeksi	Düşük	4	85.02	3906599	54.55	1.56		
	Orta	61	14.06	2784207	38.88	0.36		
	Yüksek	369	0.92	470498	6.57	0.14		
Bitki Örtüsü	Diğer (Tarım alanı, kayalık, boş)	326	75.12	2768837	50.8	1.48		
	Çalı Formasyonu	24	5.53	1908480	20.2	0.27		
	Ot Formasyonu	62	14.29	664143	9.3	1.54		
	Orman Formasyonu	22	5.07	1818835	19.7	0.26		
Arazi Örtüsü	Tarım alanı	329	75.81	2875903	40.16	1.89		
	Otlak, çayır, bozkır	62	14.29	664143	9.28	1.54		
	Bitki örtüsü	36	8.29	3085518	43.09	0.19		
	Tarım alanı-Otlak	1	0.23	386573	5.40	0.04		
	Yerleşim alanı	1	0.23	101150	1.41	0.14		
	Kayalık, taşlık	5	1.15	14164	0.20	6.07		
Su	0	0.00	32844	0.46	0.00			
Drenaj Yoğunluğu	Düşük	235	54.15	1540604	21.51	2.51		
	Orta	93	21.43	3389804	47.34	0.45		
	Yüksek	106	24.42	2230896	31.15	0.78		
Akarsu Güç İndeksi	Düşük	64	14.75	4474588	62.48	0.22		
	Orta	354	81.57	2346426	32.77	2.49		
	Yüksek	16	3.69	340291	4.75	0.78		
Aşındırıcı Güç (Erozivite) İndeksi	Düşük	25	5.76	2373074	33.14	0.18		
	Orta	48	11.06	968922	13.53	0.82		
	Yüksek	361	83.18	3819309	53.33	1.56		
Drenaj Hatlarına Uzaklık	Yakın	174	40.09	3352867	46.82	0.86		
	Orta	204	47.00	2621337	36.60	1.28		
	Uzak	56	12.90	1187101	16.58	0.78		

Bulgular ve Tartışma

Litoloji

Jeolojik parametreler içerisinde yer alan litoloji, erozyon duyarlılığı çalışmalarında duyarlılığı etkileyen önemli bir parametre olarak bir çok çalışmada kullanılmıştır (Conoscenti, 2008; Kheir ve ark., 2007; Agnesi ve ark., 2011; Akgün ve Türk, 2011; Conforti ve ark., 2011; Ogbonna ve ark., 2011; Moayeri ve ark., 2013; Raissouni ve ark., 2012). Araştırma alanının % 20'sini kaplayan konglomera, kumtaşı, silttaşı, kiltası, kalker ardalılarından oluşan Yeniköy formasyonu havzada en geniş yayılış alanına sahip birimdir. Ahmetler formasyonu (Balçıklıdere üyesi) % 17, Eşme formasyonu % 12, Beydağı volkanitleri (tüf) % 12, Ulubey formasyonu % 11, Beydağı volkanitleri (andezit) % 8, Karaboldere volkanitleri % 6, Ahmetler formasyonu (Gedikler üyesi) % 4, alüvyon % 4, Vezirler melanjı % 2, Elekçitepe volkanitleri % 1, Dikendere volkanitleri % 1, Kürtköy ve Kızılcaşöğüt formasyonları ise % 1'in altında alan kaplamaktadır. Erozyon yüzeylerinin litolojik birimlere dağılışında ise birimler arasında büyük dengesizlik söz konusudur.

Araştırma alanında erozyonel süreçlerin yoğun yaşandığı alanlar özellikle sedimanter birimlerin bulunduğu alanlardır. Ahmetler formasyonu araştırma alanının % 21'ini kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin yaklaşık yarısı (%48'i) bu birime özellikle de Balçıklıdere üyesine tekabül etmektedir. Ahmetler formasyonunun araştırma alanındaki badlands oluşumları, heyelanlar ve yamaç süreçleri konusundaki duyarlılığı Ozaner (1988) tarafından da vurgulanmıştır. Ozaner (1988)'in arazi gözlemlerine dayandırdığı bu değerlendirme bu çalışma ile istatistiksel olarak ortaya konulmuştur. Yeniköy formasyonu araştırma alanında en geniş alanı kaplayan birim olmasına rağmen hiç erozyon yüzeyi tekabül etmemiştir (Çizelge 1). Bunun sebebi olarak bu birimin daha çok havzanın bitki örtüsünün yoğun olduğu, kuzeydeki ormanlık kesimlerinde yayılış göstermesi olduğu düşünülmektedir.

Ayrışma Derecesi

Erozyon yüzeylerinin en çok tekabül ettiği sınıf %61.7 ile orta derecede ayrılmış sınıftır. Bu sınıfın araştırma alanının % 54.7'sini kapladığı da göz önünde bulundurulursa erozyon yüzeylerinin daha çok bu sınıfa tekabül etmesi normal olarak değerlendirilebilir. Bununla birlikte erozyon yüzeylerinin %20.5'i araştırma alanının % 26.1'ini kaplayan az ayrılmış sınıfa tekabül etmiştir. Son olarak araştırma alanının % 19.3'ünü kaplayan çok ayrılmış sınıfa ise erozyon yüzeylerinin sadece %17.7'si tekabül etmiştir (Çizelge 1).

Eğim

Eğim miktarı, yüzeysel akışı, drenaj yoğunluğunu, erozyonu vs. etkilediği için arazi evrimini yöneten süreçlerin dinamiğinde en önemli faktördür (Dramis ve Gentili, 1977). Bu nedenle eğimin fazla olması yüksek yüzeysel akış hızını destekler ve bunun sonucunda rill ve gully oluşumunun başlamasına sebep olur. Dolayısıyla erozyonel süreçlerin duyarlılık haritalamasında eğim değeri çok önemli bir yere sahiptir (Valentin ve ark., 2005). Selendi Çayı Havzası'nda erozyon yüzeylerinin yarısından fazlası eğimin % 33'ten fazla olduğu çok sarp yamaçlar ile aşırı derecede dik yamaçlara tekabül etmektedir. En düşük eğim sınıfını temsil eden % 0-1 eğim değerine sahip düze yakın yamaçlara hiç erozyon yüzeyi tekabül etmezken eğim değeri arttıkça erozyon yüzeylerinin sayısı artmaktadır. Literatürde pek çok çalışmada eğim ve erozyon duyarlılığı arasında kurulan doğru orantı göz önünde bulundurulduğunda araştırma alanı için çıkan bu tablo şaşırtıcı değildir. Erozyon yüzeyli piksel oranı ile toplam piksel oranlarına bakıldığında eğim değeri % 33'ten fazla olan çok sarp yamaçlar ile aşırı derecede dik yamaçlar araştırma alanının % 25.5'ini kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin % 63.8'i bu eğim sınıflarına tekabül etmektedir. Özellikle eğimin % 50'den fazla olduğu aşırı derecede dik yamaçlar araştırma alanının sadece % 6.4'ünü kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin % 29.5'inin bu sınıfta toplanması araştırma alanında bu nitelikteki yamaçların yoğun bir aşınımına maruz kaldığını göstermektedir (Çizelge 1).

Bakı

Bakı da erozyonel süreçlerin duyarlılık çalışmalarında önemli bir faktör olarak değerlendirilir (Carrara ve ark., 1991; Maharaj, 1993; Guzzetti ve ark., 1999; Nagarajan ve ark., 2000). Bakı kuzeyden saat yönünde 0'dan 360 dereceye kadar değişen değerlerle ifade edilir. -1 değeri taşkın ovaları, alüvyal teraslar gibi düz yüzeyleri tanımlamak için kullanılır. Bir yamacın bakışı bir çok iklimik koşulu (Güneş ışığını alma süresi, yağış yoğunluğu, nem tutma vs.) ve bitki örtüsünü kontrol ettiği için erozyonel süreçleri dolaylı olarak etkilemektedir (Dai ve ark. 2001; Çevik ve Topal, 2003; Pulice ve ark., 2009). Selendi Çayı Havzası'nda bu bakı sınıflarının kapladıkları alanların oranı arasında çok büyük fark yoktur. Araştırma alanının % 27'sini kaplayan güney yamaçlar biraz hakimken, araştırma alanının % 20'sini kaplayan kuzey yamaçlar ise göreceli

olarak daha az alan kaplamaktadır. Araştırma alanında tespit edilen erozyon yüzeylerinin %34.79'u batı sektörlü yamaçlara rastlarken onu %34.10 ile güney sektörlü yamaçlar takip etmektedir (Çizelge 1). Kuzey Yarımkürede bulunan araştırma alanında güney ve batı yamaçlarının ayrışma süreçleri ve erozyonel süreçler açısından daha uygun koşullarda olduğu düşünülürse erozyon yüzeylerinin daha çok güney ve batı yamaçlara rastlaması normaldir. Çünkü Kuzey Yarımkürede bulunan araştırma alanının güney yamaçları gerek güneşlenme süresi, gerek zeminin nem tutma kapasitesi gerekse vejetasyon örtüsü açısından ayrışma ve erozyona daha elverişli koşullardadır. Ayrıca araştırma alanının Batı Anadolu'da bulunması ve bu alana yağış getiren hava kütlelerinin batıdan gelmesi sebebiyle batı sektörlü yamaçlar yine erozyonel süreçler açısından daha elverişli şartlara sahiptir.

Yamaç Şekli (Yamaç Eğriselliği)

Yamaç eğriselliği, genel olarak belli bir doğrultuda eğim derecesinin değişim oranı olarak tanımlanır ve plan yamaç eğriselliği, profil yamaç eğriselliği, diferansiyel yamaç eğriselliği gibi türleri vardır (Huggett ve Cheesman, 2002). Yamaç eğriselliği türlerinden yamaç boyunca gelişen erozyonu en iyi ifade eden ve dolayısıyla çalışmanın amacına en uygun olan, profil yamaç eğriselliği erozyon duyarlılık değerlendirmesinde parametre olarak kullanılmıştır. Profil yamaç eğriselliği, dikey düzlemde eğim yönüne paralel yamaç boyunca olan eğim değişimini yansıtır ve bu durum suyun yüzeydeki akış hızını kontrol etmek yoluyla yamaç boyunca sediment taşınımını ve erozyonu etkiler. Dışbükey yamaç profillerinde akış hızının arttığı, içbükey profillerde ise akış hızının azaldığı ortaya konulmuştur (Wilson ve Gallant, 2000; Jordan, 2007). Profil yamaç eğriselliği suyun yüzeyde akışının hızlanmasını ve yavaşlamasını etkilediği için erozyon ve sedimentasyonda önemlidir (Web 1). Su akışının daha hızlı olduğu dış bükey yamaçlar iç bükey yamaçlara oranla erozyona daha duyarlıdır. Yamaç aşağı içbükey şekle sahip alanlar ise yüzeysel akışın daha yavaş olduğu ve dolayısıyla erozyon duyarlılığının daha düşük olduğu alanlar olarak değerlendirilebilir. Nitekim arazi gözlemlerimiz ve erozyon yüzeylerinin yamaç eğriselliği sınıflarına dağılımı da bunu doğrular niteliktedir. Erozyon yüzeylerine ait frekans Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'den anlaşılacağı üzere yamaç şekli sınıflarına göre erozyon yüzeylerinin dağılımı konusunda dışbükey yamaçlar dikkati çekmektedir. Yamaç şekli parametresinin erozyon yüzeyleri açısından anlamlılığı yamaç şekli sınıflarının kapladıkları alanlar ile bu sınıflara tekabül eden erozyon yüzeylerini ilişkilendirince daha net olarak ortaya çıkmaktadır. Dışbükey yamaçlar araştırma alanında içbükey yamaçlara oranla az alan kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin yarısından fazlası (% 61.3) dışbükey yamaçlara tekabül etmiştir. İçbükey yamaçlar ise araştırma alanının hemen hemen yarısını kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin sadece % 7.6'sı gibi az bir kısmı içbükey yamaçlara tekabül etmiştir. Sonuç olarak Selendi Çayı Havzası'nda erozyon yüzeyleri ile profil yamaç eğriselliği arasındaki ilişki erozyon yüzeylerinin dışbükey yamaçlarda daha sık görüldüğünü, dolayısıyla da dışbükey yamaçların erozyon duyarlılığının daha fazla olduğunu göstermektedir. Ayrıca erozyon yüzeylerinin özellikle dışbükey yamaçlarda toplanması yamaç eğriselliği parametresinin erozyon duyarlılık değerlendirmesindeki önemini de ortaya koymaktadır (Çizelge 1).

Topografik Nemlilik İndeksi

Topografik nemlilik indeksi (Topographic Wetness Index), genel olarak topografyanın suyun yüzeysel akışa geçeceği alanların konumu ve büyüklüğü üzerindeki etkisi olarak tanımlanır. Topografyaya bağlı olarak zeminin suya doygunluk derecesiyle ilgili veya suyun zemindeki hareketiyle ilgili ipucu verir. Topografik nemlilik indeksinin erozyon süreçleriyle ilişkisi kanıtlandığı için bu indeks çalışmada bir parametre olarak kullanılmıştır. Zeminin nemliliği, suyun yüzeydeki akış hızını, sızmasını, göllenmesini etkileyeceğinden erozyon duyarlılığında kullanılmak üzere bir parametre olarak üretilmiştir (Conforti ve ark., 2011). Araştırma alanında topografik nemlilik indeksi değerlerinin 4.2 ile 20.5 arasında değiştiği görülmektedir. Topografik nemlilik indeksi değerlerinin araştırma alanında en düşük olduğu yerler sırt, dış bükey eğimler ve dik yamaçlar gibi suyun yüzeyde oyalanmasının az olduğu yerlerdir. Değerlerin yüksek olduğu yerler ise daha çok vadi tabaları, düzlük ve az eğimli yerlerdir. Dolayısıyla erozyon yüzeylerinin % 85 gibi büyük bir bölümü topografik nemlilik indeksinin düşük olduğu alanlarda toplanmıştır. Onu % 14.1 ile orta ve % 0.9 gibi önemsiz bir değerle topografik nemlilik indeksinin yüksek olduğu yerler izlemektedir (Çizelge 1).

Bitki Örtüsü

Bitki örtüsü temelde iklim tarafından yönetilen aşındırma etmen ve süreçlerinin etkinlik dereceleri ve hızları üzerinde rol oynar. Zeminin çıplak ya da vejetasyonla kaplı olması da aşındırmanın şiddeti üzerine büyük etkiler yapar. Çıplak arazilerde aşındırma, vejetasyonla kaplı sahalara oranla karşılaştırılamayacak kadar fazladır. Bitki örtüsünün aşındırmaya karşı koruyucu etkisi, bütün vejetasyon formasyonlarında şüphesiz ki aynı değildir. Bir halı gibi yeri kaplayan formasyonlar zemini daha iyi korur. Bitki örtüsünün bu etkileri çok

değişik yollardan meydana gelir. Bitkiler damla erozyonuna karşı zemini koruyarak, yağışın bir kısmını alıkoyarak zeminde depo edilen suyu arttırarak, sürtünmeyi kuvvetlendirmek yoluyla hızı azaltıp sızmayı kolaylaştırarak ve akış düzenini bozmak yoluyla suyun belirli kanallarda toplanmasına engel olarak aşınmayı büyük ölçüde azaltır. Örneğin, bitki örtüsü kapalılığı fazla olan alanlarda, eğim, litoloji, toprak gibi diğer şartlar da uygunsa, damla erozyonu, fiziksel parçalanma, kütle hareketleri, sel ve seyelân aşındırması gibi süreçlerin etkisi önemsizdir. Buna karşın az kapalı veya bitki örtüsünden yoksun sahalarda, diğer şartlar da uygunsa, bu süreçlerin etkisi büyük önem kazanır ve sahanın aşındırılması hızlanır (Erinç, 1982; Hoşgören, 1983). Araştırma alanında erozyon yüzeylerinin en çok tekabül ettiği sınıf % 75.1 ile diğer kategorisinde toplanan tarım alanları, kayalık ve boş alanlardır. Onu % 14.3 ile ot formasyonu, % 5.5 ile çalı formasyonu ve % 5.1 ile orman formasyonu sınıfı takip etmektedir. Bitki formasyonu sınıflarından araştırma alanı içerisinde en az alanı ot formasyonu kaplamasına rağmen en fazla erozyon yüzeyi ot formasyonuna tekabül etmiştir (Çizelge 1).

Arazi Kullanımı/Arazi Örtüsü

Arazi örtüsü ve arazi kullanım şekli yamaçlardaki jeomorfolojik süreçler üzerinde önemli etkiye sahiptir. Genel olarak, bitki örtüsünün çıplak ya da seyrek olduğu alanlar erozyondan ve kütle hareketlerinden orman alanlarına göre daha çok etkilenirler. Bitki örtüsünün varlığı yüzeysel akışın aşındırıcı etkisini azaltması sebebiyle erozyon duyarlılığını azaltıcı etkiye sahiptir. Ayrıca tarım yapılan alanlarla yapılmayan alanlar arasında erozyon açısından farklılıklar olması kaçınılmazdır. Özellikle eğim değerleri yüksek yamaçlarda yapılan tarımsal faaliyetler erozyon duyarlılığını arttırıcı niteliktedir (Anabalagan, 1992; Dai ve ark., 2001; Çevik ve Topal, 2003; Conforti ve ark., 2011). Bu sebeple havzanın arazi kullanımı ve arazi örtüsünün de erozyon duyarlılığına etki eden coğrafi faktörlerden birisi olarak üzerinde durulmuştur. Tarımsal faaliyetlerin oldukça geniş alan kapladığı sahada erozyon yüzeylerinin de % 75.81 gibi büyük bir oranı tarım alanlarına tekabül etmektedir. Erozyon yüzeylerinin % 14.3'ü otlak-çayır-bozkır alanlarına, % 8.3'ü bitki örtüsü alanlarına, % 1.2'si kayalık ve taşlık alanlara, % 0.2'si yerleşim alanlarına tekabül etmiştir (Çizelge 1).

Drenaj Yoğunluğu

Jeomorfolojik ve hidrolojik bir unsur olarak drenaj yoğunluğunun önemi daha önceki yıllarda Horton (1945) tarafından da ifade edilmiştir. Drenaj yoğunluğu, yüzeysel akışı kontrol eden faktörlerin ortak bir sonucudur ve aynı zamanda infiltrasyon, toprağın suya doyması, yüzey erozyonu, yüzeysel akış ve bunların bir sonucu olan sediment üretimi ile de yakından ilişkilidir (Gleen ve ark., 1998; Macka, 2001). Bu yakın ilişkiden yola çıkarak araştırma alanının drenaj yoğunluğu verisi üretilmiştir. Araştırma alanında drenaj yoğunluğunun düşük olduğu kesimler eğim değerlerinin fazla olduğu dik yamaçlara tekabül etmektedir. Drenaj yoğunluğunun yüksek olduğu sahalara ise akarsu şebekesinin daha iyi geliştiği Selendi Çayı anakolu boyunca ve havzanın güneyinde alçak düzlüklerde rastlanır. Araştırma alanındaki erozyon yüzeylerinin drenaj yoğunluğu sınıflarına göre dağılımına bakıldığında ise erozyon yüzeylerinin yarısından fazlasının drenaj yoğunluğunun düşük olduğu alanlara tekabül ettiği görülmektedir. Havzanın sadece % 21.5'ini kaplayan düşük drenaj yoğunluğuna sahip sahaların erozyon yüzeylerinin yarısından fazlasına sahip olması bu sahaların erozyon duyarlılığı konusundaki önemini ortaya koymaktadır (Çizelge 1).

Drenaj Hatlarına Uzaklık

Drenaj hatlarına uzaklık verisi, yamaç-drenaj hattı ve erozyon arasındaki ilişkiyi ortaya koyabileceği düşünüldüğü için üretilmiştir. Erozyon yüzeylerinin % 47'lik bir kısmı drenaj hatlarına uzaklık parametresinin orta sınıfında toplanmıştır. Onu % 40.09 ile yakın ve % 12.90 ile uzak sınıfı izlemektedir. Bu da araştırma alanında drenaj hatlarına orta derecede uzak alanların erozyon duyarlılığı açısından daha önemli olduğunu göstermektedir (Çizelge 1).

Akarsu Aşındırma Güç İndeksi

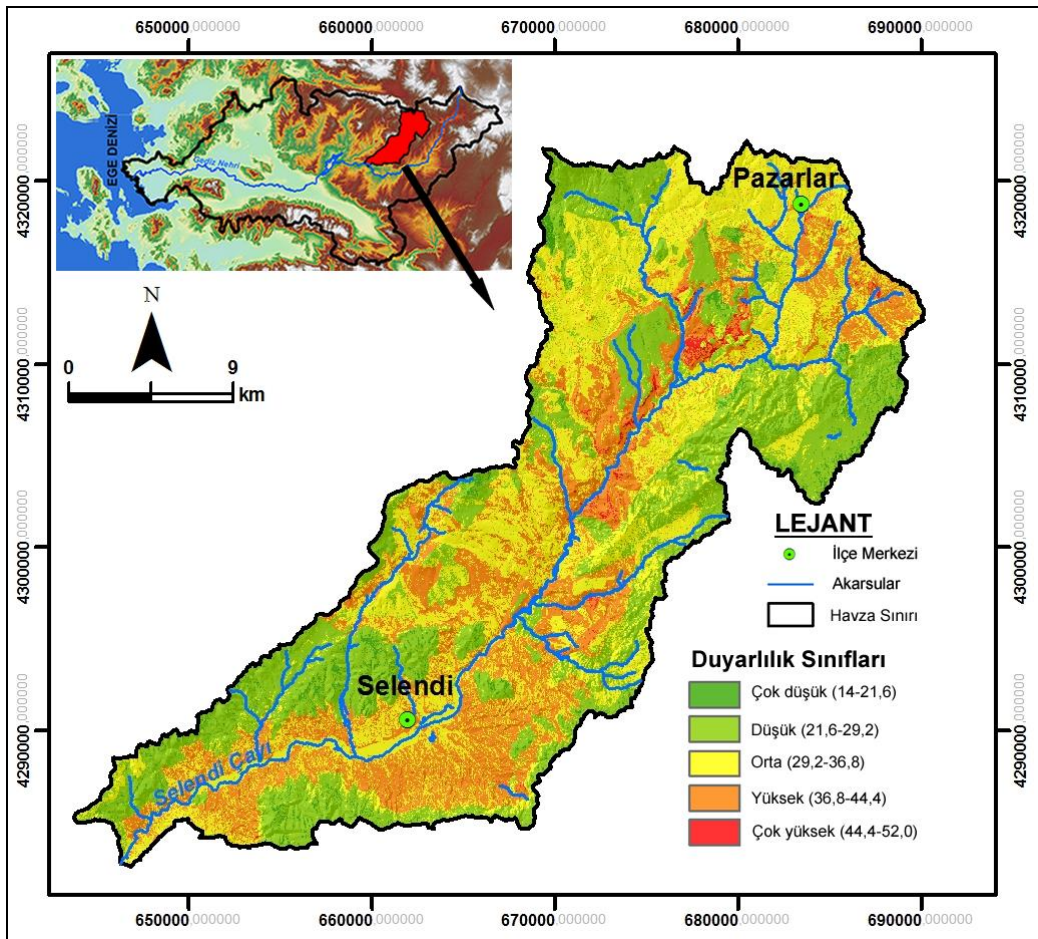
Yamaçtan akan suyun gücü erozyonu doğrudan etkilediği için akarsu güç indeksi yamaçlardaki erozyonal süreçleri kontrol eden temel faktörlerden biridir (Nefeslioğlu ve ark., 2008). Ayrıca yüksek akarsu güç indeksi değerlerinin görüldüğü alanlar büyük bir erozyon potansiyeline sahip olduğu için sedimentleri alıp götürecek potansiyel enerjiyi diğer bir deyişle sediment kaynağı olabilecek yerleri de göstermektedir (Kakembo ve ark., 2009). Bu sebeple erozyon duyarlılığında bir parametre olarak kullanılmak üzere Selendi Çayı Havzası'nın akarsu güç indeksi haritası oluşturulmuştur. Araştırma alanında yüksek akarsu aşındırma gücü indeks değerleri genel itibariyle eğimin fazla olduğu yerlerde dikkat çekmektedir. Eğim değerleri arttıkça akarsu aşındırma gücü indeksi değerleri yükselmektedir.

Araştırma alanında akarsu aşındırma gücü indeksi sınıflarının kapladığı alanlara ve bu sınıflara düşen erozyon yüzeylerine bakıldığında düşük akarsu güç indeksi sınıfını sahanın % 62.5'i gibi bir alan kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin sadece % 14.7'i bu sınıfa tekabül etmiştir. Bu da düşük akarsu aşındırma güç indeksi sınıfının erozyon duyarlılığı açısından diğer sınıflara göre önemsiz olduğunu göstermektedir. Akarsu aşındırma gücünün orta olduğu alanlar toplam araştırma alanının % 32.8'ini kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin % 81.6'ı gibi oldukça önemli bir kısmı bu sınıfta toplanmıştır (Çizelge 1).

Aşındırıcı Güç İndeksi

Aşındırıcı güç haritası arazide kayıt altına alınan erozyon yüzeyleri ile karşılaştırılmış ve erozyon yüzeylerinin % 83.2'si gibi çok büyük bir kısmının aşındırıcı güç indisinin yüksek olduğu yerlere tekabül ettiği tespit edilmiştir. Onu % 11.1 ile aşındırıcı güç indisinin orta olduğu sınıf takip etmektedir. Aşındırıcı güç indisinin düşük olduğu sınıf ise araştırma alanını toplamının % 33.1'ini kaplamasına rağmen erozyon yüzeylerinin sadece % 5.8 gibi diğerlerine göre önemsiz bir kısmı bu sınıfa tekabül etmiştir. Buna göre araştırma alanında erozyonun daha çok aşındırıcı güç indisinin yüksek olduğu yerlerde görüldüğü sonucuna varılmıştır. Ayrıca sınıflar arasındaki bu dengesiz dağılım, diğer bir deyişle erozyon yüzeylerinin çok büyük bir kısmının aşındırıcı güç indisinin yüksek olduğu yerlerde toplanması iklimin aşındırıcı gücü ile erozyon duyarlılığı arasındaki kuvvetli ilişkiyi de ortaya koymaktadır (Çizelge 1).

Frekans oranı yöntemi ile erozyon duyarlılık haritalarının üretilmesinde, erozyonu etkileyen her bir faktörün alt kategorileri için hesaplanan frekans oranları dikkate alınmaktadır (Erener ve Düzgün, 2007; Erener ve Lacasse, 2007; Reis, ve ark., 2009). Bu sebeple her bir parametre için hesaplanan ve Tablo 1'de verilen frekans oranı değeri ArcGIS 10.2'de reclass işlemi ile ilgili katmana atanarak puanlandırılmış parametre haritaları elde edilmiştir. Daha sonra Raster Calculator ile puanlandırılmış parametre haritaları toplanarak bir frekans oranı indeks (erozyon duyarlılık indeksi) haritası elde edilmiştir. Araştırma alanında bu indeks değeri 14-52 arasında değişmektedir. Toplam frekans oranı değerini gösteren bu harita, erozyon duyarlılık durumunun yorumlanabilmesi için eşit aralık yöntemiyle yeniden sınıflandırılmış ve sonuçta "çok düşük, düşük, orta, yüksek, çok yüksek" olmak üzere 5 erozyon duyarlılık sınıfı ayırt edilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Frekans oranı yöntemi ile üretilen erozyon duyarlılık analizi

Sonuç

Erozyon yüzeyleri envanteri sayesinde literatürde daha çok heyelan duyarlılık analizlerinde kullanılan ve tamamen istatistiksel tabanlı bir yöntem olan frekans oranı yöntemi erozyon duyarlılık analizlerinde uygulanabilmiştir. Frekans oranı yöntemi tamamen istatistiksel analizlerle elde edilen sonuçlara göre erozyon duyarlılık değerlendirmesi yapmaktadır. Dolayısıyla çok ölçütlü karar analizi gibi yöntemlere göre daha objektif bir yöntemdir. Frekans oranı gibi tamamen istatistiksel bir yöntemin erozyon duyarlılığında kullanılması araştırmacıların objektif bir değerlendirme yapmasına imkan sağladığı ve uzman görüşüne dayalı subjektif parametre ağırlıklandırma yöntemlerinin aksine kullanıcı kaynaklı hataları engelleyebileceği görülmüştür. Yeterli derecede arazi çalışması yapılmasına ve arazide kayıt altına alınan erozyon yüzeyleri sahanın tamamını temsil edebilecek nitelikte olmasına önem verilmelidir.

Araştırmada kullanılan yöntem ve yaklaşımlar ülkemizde özellikle tarımsal açıdan önemli ve baraj bulunan havzalara uygulanabilir. Fakat bu araştırma ile sunulan koşul ve sonuçların diğer alanlardan bağımsız olduğu unutulmamalıdır. Oluşturulan model başka bir bölgeye uygulanacağı zaman parametrelerin ve parametrelerin alt sınıflarının ilgili bölgenin durumuna göre mutlaka yeniden düzenlenmesi, ağırlıklandırılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu makale 19.05.2017-20.05.2017 tarihlerinde gerçekleşen Fiziki Coğrafya Araştırmaları Lisansüstü Öğrenci Sempozyumu-2017'de sözlü bildiri olarak sunulmuştur. Makale "Selendi Çayı Havzası (Manisa) Erozyon Duyarlılık Analizi ve İklim Değişikliğinin Erozyon Duyarlılığına Etkilerinin Modellenmesi" isimli doktora tezinin bulgularını içerir. 52039 numaralı proje kapsamında doktora tez çalışmamı destekleyen İstanbul Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim. Ayrıca katkı ve desteklerinden dolayı tez danışmanım Prof.Dr. Hüseyin TUROĞLU'na teşekkür ederim.

Kaynaklar

- Agnesi V, Angileri S, Cappadonia C, Conoscenti C, Rotigilano E, 2011. Multi-parametric GIS analysis to assess gully erosion susceptibility: a test in Southern Sicily, Italy. *Landform Analysis* 17: 15-20.
- Akgün A, 2007. Ayvalık ve yakın çevresinin erozyon ve heyelan duyarlılığının Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı incelenmesi. Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üni. Fen Bilimleri Ens., İzmir.
- Akgün A, Türk N, 2010. Mapping erosion susceptibility by a multivariate statistical method: a case study from the Ayvalık Region, NW Turkey. *Computers & Geosciences* 37 (9): 1515-1524.
- Anabalagan R, 1992. Landslide hazard evaluation and zonation mapping in mountainous terrain. *Engineering Geology* 32 (4): 269-277.
- Avcı V, 2016. Gökdere Havzası ve çevresinin (Bingöl Güneybatısı) frekans oranı metoduna göre heyelan duyarlılık analizi. *Marmara Coğrafya Dergisi* 34: 160-177.
- Başayığıt L, Uçar G, Dedeoğlu M, 2016. CBS ve LANDSAT uydu görüntüsü ile Beyşehir Gölü Havzası toprak kayıplarının RUSLE metoduna göre tahmini. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 11(2): 1-10.
- Bathrellos G, Skilodimou H, 2007. Using the analytic hierarchy process to create an erosion risk map, a case study in Malakasiotiko Stream, Trikala Prefecture. *Bulletin of the Geological Society of Greece* 40(4): 1904-1915.
- Bayramin İ, 2003. Soil erosion risk assessment with LEAM model; case study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 23: 105-116.
- Bayramin İ, Dengiz O, Başkan O, Parlak M, 2003. Soil erosion risk assessment with ICONA model; case study: Beypazarı Area. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 27 (2): 105-116
- Bayramin İ, Erpul G, Erdoğan EH, 2006. Use of CORINE methodology to assess soil erosion risk in the semi-arid area of Beypazarı-Ankara, Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Forestry* 30: 81-100.
- Beguiria S, 2006. Validation and evaluation of predictive models in hazard assessment and risk management. *Natural Hazards* 37: 315-329.
- Bonham-Carter GF, 1994. Geographic Information Systems for geoscientists, Modeling with GIS. Pergamon Press, Oxford.
- Campling P, Gobin A, Feyen J, 2002. Logistic modelling to spatially predict the probability of soil drainage class. *Soil Science Society of America Journal* 66: 1390-1401.
- Carrara A, Cardinali M, Detti R, Guzzetti F, Pasqui V, Reichenbach P, 1991. GIS techniques and statistical models in evaluating landslide hazard. *Earth Surf Processes and Landforms* 16 (5): 427-445.
- Conforti M, Pietro P, Aucelli PPC, Robustelli G, Scarciglia F, 2011. Geomorphology and GIS analysis for mapping gully erosion susceptibility in the Turbolo Stream Catchment (Northern Calabria, Italy). *Natural Hazards* 56: 881-898.
- Conoscenti C, Di Maggio C, Rotigliano E, 2008. Soil erosion susceptibility assessment and validation using a geostatistical multivariate approach: a test in Southern Sicily. *Natural Hazards* 46: 287-305.

- Chung CF, Fabbri AG, 1999. Probabilistic prediction models for landslide hazard mapping. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing* 65 (12): 1388-1399.
- Clark R, 1980. Erosion condition classification system. U.S. Department of the Interior, Bureau of Land Management, Technical Note No: 346, Denver Service Center, Colorado.
- Crawford AR, 1975. 1/25000'lık J21-c1, c3-c4; K21-b1, b2, b3, b4 paftaları kapsamına giren Demirci, Simav, Selendi arasında kalan sahanın jeolojisi hakkında rapor, MTA Raporu, No: 6892, Ankara.
- Cürebal İ, Ekinci D, 2006. Kızılkeçili Deresi Havzasında CBS tabanlı RUSLE yöntemiyle erozyon analizi. *Türk Coğrafya Dergisi* 47: 15-30.
- Çevik E, Topal T, 2003. GIS-based landslide susceptibility mapping for a problematic segment of the natural gas pipeline, Hendek (Turkey). *Environmental Geology* 44 (8): 949-962.
- Çilek A, Berberoğlu S, 2013. Coğrafi Bilgi Sistemleri yardımıyla Seyhan Havzasında PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin kıyaslanması. TMMOB 2013 Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi. 11-13 Kasım 2013. Ankara.
- Çilek A, Berberoğlu S, Erdoğan MA, Dönmez C, 2014. PESERA ve RUSLE erozyon modellerinin Akdeniz ve Ege havzalarındaki sonuçlarının karşılaştırılması. UZAL-CBS 2014. 14-17 Kasım 2014. İstanbul.
- Dai FC, Lee CF, Li J, Xu ZW, 2001. Assessment of landslide susceptibility on the natural terrain of Lantau Island, Hong Kong. *Environmental Geology* 40 (3): 381-391.
- Dai FC, Lee CF, 2002. Landslide characteristics and slope instability modelling using GIS, Lantau Island, Hong Kong. *Geomorphology* 42: 213-228.
- De Bie, CAJM, 2005. Assessment of soil erosion indicators for maize-based agro-ecosystems in Kenya. *Catena* 59: 231-251.
- De Lollo JA, Sena JN, 2013. Establishing erosion susceptibility: analytical hierarchical process and traditional approaches. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment* 72: 589-600.
- Dindaroğlu T, Canpolat MY, 2013. Erzurum ili Kuzgun Baraj Gölü Havzasında gerçek ve potansiyel erozyon risk alanlarının CORINE yöntemiyle belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*. 16 (3): 1-8.
- Dramis F, Gentili B, 1977. Contributo allo studio delle acclività dei versanti nell'appennino umbro-marchigiano. *Studi Geologici Camerti* 3: 153-164.
- Ercan E, Türkekcan A, Dinçel A, Günay E, 1983. Kula-Selendi (Manisa) dolaylarının jeolojisi. *Jeoloji Mühendisliği Dergisi* 17: 3-28.
- Erdem M, 2017. Erozyon tahmin modelleri ile toprak kaybının hesaplanması. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üni. Fen Bilimleri Ens., Ordu.
- Erener A, Düzgün HSB, 2007. Heyelan analizlerinde coğrafi ağırlıklandırılmış regresyon (CAR) metodu. 11. Türkiye Bilimsel Harita ve Teknik Kurultayı, 02-06 Nisan 2007, Ankara.
- Erener A, Lacasse S, 2007. Heyelan duyarlılık haritalamasında CBS kullanımı. TMMOB Coğrafi Bilgi Sistemleri Kongresi, 30 Ekim-02 Kasım 2007, Trabzon.
- Eriñç S, 1982. Jeomorfoloji I. Genişletilmiş 3.Baskı. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yay. İstanbul.
- Gleen EM, Elfatih AB, Eltahir Rafael LB, 1998. On the sensitivity of drainage density to climate change. *Water Resources Research* 34 (4): 855-862.
- Guzzetti F, Carrara, A, Cardinali M, Reichenbach P, 1999. Landslide hazard evaluation: a review of current techniques and their application in a multi-scale study, Central Italy. *Geomorphology* 31 (1-4): 181-216.
- Herweg K, 1996. Assessment of current erosion damage. Lang Druck AG, Liebefeld, Switzerland.
- Horton RE, 1945. Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative geomorphology. *Bulletin of the Geological Society of America* 56: 275-370.
- Hoşgören Y, 1983. Akhisar Havzası. İstanbul Üniversitesi Edebiyat Fakültesi Yayınları, No: 3088, İstanbul.
- Hudson N, 1995. Runoff, erosion and sedimentation: prediction and measurement. FAO (Ed.), In: Land and Water Integration and River Basin Management (ed. FAO) FAO Land and Water Bulletin, 1-85.
- Huggett RJ, Cheesman J, 2002. Topography and the environment. Prentice Hall Press, New Jersey.
- Jadda M, Shafri HZM, Mansor SB, Sharifikia M, Pirasteh S, 2009. Landslide susceptibility evaluation and factor effect analysis using probabilistic- frequency ratio model. *European Journal of Scientific Research* 33 (4): 654-668.
- Jordan G, 2007. Digital terrain analysis in a GIS environment, concepts and development. In: Digital Terrain Modelling (eds: Peckham RJ, Jordan, G) Springer, New York, 1-39.
- Kakembo V, Xanga WW, Rowntree K, 2009. Topographic thresholds in gully development on the hillslopes of communal areas in Ngqushwa Local Municipality, Eastern Cape, South Africa. *Geomorphology* 110: 188-195.
- Kanar E, Dengiz O, 2015. Madendere Havzasında potansiyel erozyon risk durumunun iki farklı parametrik model kullanarak belirlenmesi ve risk haritalarının oluşturulması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 2: 123-134.
- Kheir RB, Wilson J, Deng J, 2007. Use of terrain variables for mapping gully erosion susceptibility in Lebanon. *Earth Surface Processes and Landforms* 32: 1770-1782.
- Kravchenko AN, Bollero GA, Omonode RA, Bullock DG, 2002. Quantitative mapping of soil drainage classes using topographical data and soil electrical conductivity. *Soil Science Society of America Journal* 66: 235-243.
- Lee, S., Min, K, 2001. Statistical Analyses of Landslide Susceptibility at Yongin, Korea. *Environmental Geology* 40 (9), 1095-1113.

- Lee S, Choi J, Min K, 2004. Probabilistic landslide hazard mapping using GIS and Remote Sensing data at Boun, Korea. *International Journal of Remote Sensing* 25 (11): 2037-2052.
- Lesschen JP, Cammeraat LH, Nieman T, 2008. Erosion and terrace failure due to agricultural land abandonment in a semi-arid environment. *Earth Surface Processes and Landforms* 33(10): 1574-1584.
- Macka Z, 2001. Determination of texture of topography from Large Scalecon tour maps. *Geografskivestnik* 73 (2): 53-62.
- Maharaj RJ, 1993. Landslide processes and landslide susceptibility analysis from an Upland Watershed: a case study from St Andrew, Jamaica, West Indies. *Engineeing Geology* 34 (1-2): 53-79.
- Moayeri M, Maleki A, Entezari M, Moradi K, Olfati S, 2013. Simulation of possibility of gully erosion in catchment of Dyreh by analytical hierarchy process (AHP). *Journal of Basic and Applied Scientific Research* 3 (7): 1-9.
- Moore ID, Grayson RB, Ladson AR, 1991. Digital terrain modelling: a review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes* 5: 3-30.
- Mueller TG, Cetin H, Fleming RA, Dillon CR, Katathanasis AD, Shearer SA, 2005. Erosion probability maps: calibrating precision agriculture data with soil surveys using logistic regression. *Journal of Soil and Water Conservation* 60 (6): 462-468.
- Nagarajan R, Roy A, Vinod Kumar R, Mukherjee A, Khire MV, 2000. Landslide hazard susceptibility mapping based on terrain and climatic factors for tropical monsoon regions. *Bulletin Engineering Geology and the Environment* 58 (4): 275-287.
- Nasri M, Feiznia S, Jafari M, Ahmadi H, 2008. Using field Indices of rill and gully in order to erosion estimating and sediment analysis (case study: Menderjan Watershed in Isfahan Province, Iran). *International Journal of Environmental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering* 2 (7): 69-75.
- Nefeslioglu HA, Duman TY, Durmaz S, 2008. Landslide susceptibility mapping for a part of tectonic Kelkit Valley (Eastern Black Sea region of Turkey). *Geomorphology* 94: 401-408.
- Ogbonna JU, Alozie M, Nkemdirim V, Eze MU, 2011. GIS analysis for mapping gully erosion impacts on the geofomation of the Old Imo State, Nigeria. *ABSU Journal of Environment Science and Technology* 1: 48-61.
- Ozoner S, 1984. Kula-Selendi yörelerinin jeomorfolojisi ve morfo-tektoniği. MTA Raporu, No: 7599, Ankara.
- Ozoner S, 1988. Kula ve Selendi yörelerinin jeomorfolojisi. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Deniz Bilimleri ve Coğrafya Enstitüsü, Jeomorfoloji Anabilim Dalı, İstanbul.
- Özden Ş, Özden M, 1997. Türkiye toprak erozyon tahmin modeli TURTEM. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.
- Pektezel H, 2015. Gelibolu Yarımadası'nda CBS tabanlı RUSLE (3D) yöntemiyle erozyon duyarlılık analizi. *Akademik Sosyal Araştırmalar Dergisi* 17: 131-151.
- Pulice I, Scarciglia, F, Leonardi L, Robustelli G, Conforti M, Cuscino M, Lupiano, V, Critelli S, 2009. Studio multidisciplinare di forme e processi denudazionali Nell'area di Vrica (Calabria Orientale). *Bollettino della Società Geografica Italiana*. 87 (I-II): 399-414.
- Raissouni A, Issa LK, El Arrim A, Maâtouk, M, Passalacqua R, 2012. GIS-based model to assess erosion sensitivity in Northern Morocco, Laou Watershed case study. *International Journal of Geosciences* 3: 610-626.
- Reis S, Yalçın A, Atasoy M, Nişancı R, Bayrak T, Sancar C, Ekercin S, 2009. CBS ve uzaktan algılama teknikleri ile heyelan duyarlılık haritalarının üretimi: Rize ili örneği. Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği V. Teknik Sempozyumu, 4-6 Şubat, Ankara.
- Ronghua Z, Liu X, Heathman GC, Yao X, Hu X, Zhang G, 2013. Assessment of soil erosion sensitivity and analysis of sensitivity factors in the Tongbai-Dabie mountainous area of China. *Catena* 101: 92-98.
- Stocking MA, Murnaghan N, 2001. Handbook for the field assessment of land degradation, Arthscan Publications Ltd, London.
- Sunkar M, Avcı V, 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) ile Hasret Dağı ve çevresinin (Elazığ) erozyon duyarlılık analizi. *Coğrafi Bilimler Dergisi* 13 (1): 17-40.
- Tağıl Ş, 2007. Tuzla Çayı Havzasında (Biga Yarımadası) CBS-tabanlı RUSLE modeli kullanarak arazi degradasyonu risk değerlendirmesi. *Ekoloji* 17 (65): 11-20.
- USDA, 1993. Soil survey manual. Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture Handbook 18, USA.
- Valentin C, Poesen J, Li Y, 2005. Gully erosion: impacts, factors and control. *Catena* 63: 132-153.
- Vigiak O, Okoba Barrack O, Sterk G, Stroosnijder L, 2005. Water erosion assessment using farmers' indicators in the West Usambara Mountains, Tanzania. *Catena* 64: 307-320.
- Wilson JP, Gallant JC, 2000. Terrain analysis principles and applications. John Wiley and Sons, Canada.
- Yılmaz I, 2009. Landslide susceptibility mapping using frequency ratio, logistic regression, artificial neural networks and their comparison: a case study from Kat landslides (Tokat-Turkey). *Computers & Geosciences* 35 (6): 1125-1138.
- Yüksel A, Avcı V, 2015. Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama ile Yamaç Havzası'nın (Bingöl) erozyon duyarlılık analizi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 32 (2): 116-128.
- Zhang R, Liu X, Heathman GC, Yao X, Hu X, Zhang G, 2012. Assessment of soil erosion sensitivity and analysis of sensitivity factors in the Tongbai-Dabie mountainous area of China. *Catena* 101: 92-98.
- Web 1, <https://blogs.esri.com/esri/arcgis/2010/10/27/understanding-curvature-rasters/> (Son erişim: 02.05.2015)



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinin gelişimine etkileri

Damla Bender Özenç^{1,*}, Demirhan Hut²

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

² İlçe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü, Sürmene, Trabzon

Özet

Bu çalışma, farklı oranlarda toprağa karıştırılan çay çöpü kompostu ve farklı tuz konsantrasyonlarının biber bitkisinin gelişimi üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla sera koşullarında yürütülmüştür. Deneme kumlu killi tın bünyeli toprakta, çay çöpü kompostunun dört farklı oranı (%0, %2, %4, %8), beş tuz düzeyi (0, 0.75, 1.5, 2.5 ve 3.5 dS m⁻¹) ve üç tekrarlamalı olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuştur. Biber bitkisi gelişimini tamamladığında meyveler hasat edilmiş, bitki gelişimi ve bazı besin elementi içerikleri belirlenmiştir. Çay çöpü kompostunun %4 ve %8 uygulamaları ile kök-gövde ağırlıkları ve bitki boyunda 2 kat, meyve ağırlığında %49'luk artış sağlamış, meyve sayısına etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Tuz uygulamaları bu özellikleri olumsuz etkilemiş, kök ağırlıkları ve bitki boyunda 2 kat, gövde ağırlığında %40, meyve sayısında %41, meyve ağırlığında %39 düzeyinde azalmaya neden olmuştur. Kök gelişimi ve bitki boyunda 0.75 dS m⁻¹, diğer özelliklerde 1.5 dS m⁻¹ tuz uygulaması kritik nokta olarak belirlenmiştir. Biber bitkisinin azot, fosfor ve potasyum içerikleri üzerine her iki faktörün etkileşimi önemli bulunmuştur. Yaprak fosfor içeriği üzerine yapılan uygulamalar olumsuz etki yaparken, en yüksek yaprak azot içeriği tuzsuz ve %8 kompost uygulamasında, en yüksek yaprak potasyum içeriği 0.75 dSm⁻¹ tuz seviyesinde %8 kompost koşullarında belirlenmiştir. Tüm sonuçlar değerlendirildiğinde, kompost uygulamalarının tuzluluk koşullarında bitki gelişimini teşvik ettiği söylenebilir.

Anahtar Kelimeler: *Capsicum annum* L., Kompost, NaCl, Gelişim, Besin elementi.

Effects of tea litter compost and salt applications on the growth of pepper plant

Abstract

This study was carried out under the greenhouse conditions to determine the effect of tea litter compost mixed with soil at different ratios and different salt concentrations on the growth of the pepper plant. Experiment was established in a sandy clay loam soil according to randomized parcels design with four different ratios of tea litter compost (0, 2, 4 and 8%), five salt levels (0, 0.75, 1.5, 2.5 and 3.5 dS m⁻¹), and three replicates. Fruits were harvested when the pepper plant growth completed, and plant growth and some nutrient element contents were determined. 4% and 8% applications of tea garbage compost increased 2 times in root-shoot weights and plant height, 49% in fruit weight, and the effect of applications on the number of fruits was insignificant. Salt applications negatively affected these properties, resulting in a reduction of 2 times in root weights and plant height, 40% in shoot weight, 41% in number of fruits, and 39% in fruit weight. It was determined that the critical point in salt application was 0.75 dS m⁻¹ in root development and plant height, and 1.5 dS m⁻¹ in other properties. The effects of the interaction of these two factors on the nitrogen, phosphorus and potassium contents of the pepper plant were significant. While the applications had an adverse effect on the leaf phosphorus content, the highest leaf nitrogen content was in 8% compost doses without salt application, the highest leaf potassium content was found in 8% compost application at 0.75 dSm⁻¹ salt level. When all the results are evaluated, it can be said that compost applications encourage plant development in salinity conditions.

Keywords: *Capsicum annum* L., Compost, NaCl, Growth, Nutrient element.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Abiyotik stres faktörlerinden biri olan tuzluluk tarım yapılan toprakları olumsuz etkilemekte, bu topraklarda yetişen bitkilerde pek çok olumsuzluklara neden olmaktadır (Mane ve ark., 2011; Saqib ve ark., 2012). Tuz stresi, bitkilerde yavaş ve yetersiz çimlenme (Coardoba ve ark., 2001), çiçeklenmenin gecikmesi, bitki yaş ve kuru ağırlıklarında azalma (Parvaiz ve Riffat, 2005), bazı fizyolojik parametreler ile enzimler üzerine de olumsuz etkiler yaparak (Ashraf ve ark., 2012) ürün kalite ve miktarında azalmaya (Shani ve Dubble, 2001;

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 533 7457285

E-posta : damlabender@hotmail.com

Geliş Tarihi : 12 Temmuz 2018

Kabul Tarihi : 20 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

Ouda ve ark., 2008) neden olan sonuçlar doğurmaktadır. Diğer yandan, tuzluluk bitkilerde ve kök ortamında makro ve mikro besin elementleri arasında etkileşime neden olmakta (Marschner, 1995); tuz stresiyle makro elementler daha fazla etkilenmektedir (El Fouly ve Salama, 1999). Bitkiler tuzluluğa karşı farklı toleranslara sahip olup, aynı koşullar altında farklı adaptasyonlar göstermektedirler. Bir bitkinin strese karşı ilk savunma mekanizması köklerde başlar. Eğer bitkinin yetiştirildiği toprak sağlıklı ise stres koşulları altında daha yüksek yaşam şansına sahip olacaktır (Munns, 2002).

Biber, tuza dayanımı orta hassas olan bir kültür bitkisidir. Birçok araştırmacı, biber bitkisinin farklı gelişme dönemlerinde tuzlu koşullara hassas ve orta hassas toleransa sahip olduğunu belirtmişler (Fernandez ve ark., 1977; Bethke ve Drew, 1992; Güneş ve ark., 1996; Pascale ve ark., 2003), bibere ait tuz tolerans eşik değerinin 1.5 dS m⁻¹ olduğu ifade edilmiştir (Bayraklı, 1998). Yıldırım ve Güvenç (2006), 11 biber çeşidinin çimlenme ve fide döneminde tuza olan toleranslarını incelemişler, çimlenme yüzdesinin artan tuz konsantrasyonuna bağlı olarak azaldığını, çeşitler arasında da toleransın farklı olduğunu ifade etmişlerdir.

Tuzluluk nedeniyle verimi düşen topraklar için bir amenajman tedbirleri uygulanması gerekmektedir; ancak bunlar pahalı ve zaman alıcı yöntemlerdir. Reddy ve Crohn (2012), Fekri ve ark. (2016), kompostlanmış organik madde ilavesinin tuzlu topraklar için bir çözüm yolu olduğu ve aşırı tuzun bitkilerde meydana getirdiği olumsuz etkileri azaltılabileceğini belirtmişlerdir. Çay çöpü, çay fabrikalarının yaş çay işlenerek siyah çaya dönüştürülmesi sırasında açığa çıkan atık çeşitlerinden birisidir. Devlet ve özel kuruluşlara ait fabrikalardan yılda 40-50 ton atık açığa çıkmaktadır (Anonim, 2014). Önemli bir organik madde, makro ve mikro besin içeriğine sahip olan çay atığının verim ve toprak yapısı üzerine olumlu etkiler sağladığı (Kacar, 1992), bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilineceği (Kütük ve ark., 1995), çay atık kompostunun çim bitkisinde kuru madde miktarını artırdığı (Aşık ve Kütük, 2012), mısır bitkisinin gelişimi üzerine etkili olduğu (Yılmaz ve Bender Özenç, 2012) ifade edilmiştir.

Bu çalışmada, toprağa karıştırılan çay çöpü kompostunun tuz uygulamaları koşullarında yetiştirilen biber bitkisinin gelişimi ve beslenmesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda hem değerlendirilmeyen çay çöpü atıklarının kompostlanarak sebze yetiştiriciliğinde kullanımının teşvik edilmesi hem de tuzluluk durumunda bu atıkların bitki gelişimine ne şekilde destek vereceği belirlenmiş olacaktır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışmada 0-20 cm derinlikten alınan kumlu killi tın bünyeye sahip toprak, organik materyal olarak ise, çay fabrikası işleme atığı olan çay çöpünden elde edilen kompost kullanılmıştır. Özel bir fabrikadan temin edilen çay çöpleri, üzeri kapalı olan açık bir alanda yığın oluşturularak kompostlanma işlemine tabi tutulmuştur. Çay çöpleri (yaklaşık 10 cm kalınlığında) serildikten sonra üzerine toprak serilerek (yaklaşık 1cm kalında), kireç ve azotlu gübre serpilmiş, materyal bitene kadar bu işleme devam edilmiştir. Her kattan sonra sıkıştırma ve nemlendirme işlemi yapıldıktan sonra yığının üzeri naylon örtü ile örtülmüştür. Kompost oluşum süresince yığının nem, sıcaklık kontrolü yapılarak, karıştırma ve sıkıştırma işlemi yapılmıştır. Doğal koşullar altında yaklaşık 4 ay sonunda materyalin kompostlaşması sağlanmıştır.

Denemenin kurulmasından önce, toprak örnekleri ve kompost materyalinin tanımlanması amacıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 1). Toprak, asit pH, tuzsuz, organik madde içerikleri bakımından çok fazla, temel besin elementi kapsamı bakımından ise yeter ve az düzeylere sahiptir. Çay çöpü kompostu, düşük hacim ağırlığı ile toprağa kolay karışabilen bir materyal olup, havalanma ve su tutma kapasitesi ideal sınırlar (Verdonck ve ark., 1984) içerisindedir. Yüksek organik madde içeriği, uygun pH, temel besin elementleri bakımından yeter düzeydedir. Bitki materyali olarak Lumbard F1 sivri tatlı biber fidesi, tuz uygulamasında NaCl tuzu kullanılmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprak ve çay çöpü kompostuna ait bazı özellikler

	Tekstür	HA (gcm ⁻³)	KAS (%)	HK (%)	pH	EC (dS/m)	C/N	OM (%)	N (%)	P (%)	K (%)
Toprak	SCL	1.40	16.53	11.31	4.43	2	-	8.99	0.17	1.71	1.97
ÇÇK	-	0.13	31.71	32.57	6.86	0.51	18	77	2.52	0.15	2.01

Denemenin Kurulması

Deneme, tesadüf parselleri deneme desenine göre, kumlu killi tın, dört çay çöpü kompostu dozu (% 0, % 2, % 4, % 8, ağırlık olarak), beş farklı tuz düzeyi (0 dS m⁻¹, 0.75 dS m⁻¹, 1.5 dS m⁻¹, 2.5 dS m⁻¹ ve 3.5 dS m⁻¹) ve 3

tekrarlamalı olarak kurulmuş (toplam 60 saksı) ve meyve hasadının sonunda bitirilmiştir (yaklaşık 70 gün). Deneme için çay çöpü kompostu ve toprak hava kuru duruma getirildikten sonra 6.35 mm'lik elekten elenmiştir. Kompost çalışmanın amacına uygun olarak, 1 dekar toprağa karıştırılan materyal miktarı (ortalama 4 ton) dikkate alınarak %2, %4 ve %8 olacak şekilde toprakla karıştırılarak ortamlar hazırlanmıştır. 4 kg toprak alan saksıların içine polietilen torbalar yerleştirildikten sonra belirlenen oranlarda karışımlar ayrı ayrı hazırlanıp doldurulmuştur. Tuz uygulamalarında, sivri biber için tuza tolerans eşik düzeyi 1.5 dS m⁻¹ baz alınmıştır. Uygulanacak tuz miktarları NaCl tuzundan hesaplanarak, saksılara ayrı ayrı ilave edilerek karıştırılmıştır. Tuz çözeltisi ilave edilen her saksıya 1 adet biber fidesi dikilmiş ve saksılara tarla kapasitesinin % 75'i düzeyinde su verilmiştir. Temel gübreleme amacıyla KH₂PO₄ gübresinden 100 ppm P/saksı, 125 ppm K/saksı, azot için 100 ppm N/saksı CAN gübrelenmesi uygulanmıştır. Deneme süresi boyunca, başka gübreleme yapılmamıştır. Fidelerin dikiminden itibaren meyve hasadının sonuna kadar tüm saksılara ihtiyacı kadar su verilmiş, gereken kültürel işlemler yapılmıştır.

Analiz Yöntemleri

Bitkiler hasat edilmeden önce toprağın hemen üzerinden bitkinin uç kısmına kadar olan bölüm ölçülerek bitki boyu, her saksıdaki meyve sayısı adet ve ağırlık olarak belirlenmiştir. Daha sonra, toprak üstü kısmından bitkiler hasat edilmiştir. Her bitkinin kök kısımlarını topraktan ayırmak için, saksılar bir kap içerisine konan elek üzerinde ayrı ayrı yıkanarak, kök kayıplarının oluşması engellenmeye çalışılmıştır. Yıkanan kökler elek üzerinden toplanarak, saf suyla yıkandıktan sonra kaba kurutma kağıdıyla fazla suyu emdirilmiş ve tartılarak yaş ağırlıkları alındıktan sonra, gövde ve kökler etüvde 65 °C' de 48 saat süre ile kurutularak gövde ve kök kuru ağırlıkları alınmıştır. Etüvde kurutulmuş ve yaprak değirmeninde öğütülmüş olan yapraklardan 200 mg tartılarak 550 °C kül fırında yakılmasıyla elde edilmiş ve kül rengini almış yaprak örnekleriyle yapılmıştır. Bu örneklerin üzerine 2 ml 1/3' lük HCl eklenerek saf su ile 20 ml' ye tamamlanmıştır. Örnekler daha sonra mavi bant filtre kâğıdından süzülerek okuma yapmaya hazır hale getirilmiştir. Çözelti halindeki örneklerin atomik absorpsiyon spektrofotometre ile okumaları yapılmıştır (Chapman ve ark., 1961).

Deneme topraklarına ait özelliklerin belirlenmesinde, 0-20 cm derinlikten alınan toprak örnekleri hava kuru duruma getirildikten sonra 2 mm'lik elekten elenmiştir. Toprak bünyesi hidrometre yöntemi (Bouyoucos, 1951), hacim ağırlığı Blake ve Hartge (1986)'a göre, toprak pH ve EC' si 1:2.5 toprak:su karışımında (U.S.Salinity Lab.Staff, 1954), organik madde Walkley-Black yaş yakma yöntemi ile Nelson ve Sommers (1982)' e göre, toplam azot (Bremner, 1965), yarıyıllı fosfor (Bray ve Kurtz, 1945), yarıyıllı potasyum (Knudsen ve ark., 1982) tarafından belirtildiği şekilde analiz edilmiştir. Çay çöpü kompostunun tanımlanması amacıyla hacim ağırlığı, kolay alınabilir su yüzdesi ve havalanma kapasitesi De Boodt ve ark. (1973)' e göre, organik madde DIN 11542 (1978)'e göre, pH ve EC Gabriels ve Verdonck (1992)' a göre belirlenmiş, materyalde P ve K Chapman ve ark. (1961)'na göre yapılmıştır.

Deneme sonunda elde edilen veriler "JUMP" paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve önemli bulunan sonuçlarda, uygulamalar arasındaki farklılığı belirlemek için % 5 önem düzeyinde LSD (Least Significant Difference-en küçük önem farkı) çoklu karşılaştırma testi uygulanmış, sonuçlar ortalamaların yanında harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Kök ve Gövde Yaş - Kuru Ağırlıkları

Toprağa karıştırılan çay çöpü kompostu ve tuz uygulamaları biber bitkisinin gelişimi üzerine önemli farklılıklar meydana getirmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2' de görüleceği üzere, toprağa çay çöpü kompostu karıştırılması bitkinin toprak altı ve topraküstü aksamının gelişimini artırmıştır. Toprak ortamında yetişen bitkilerde kök yaş ve kuru ağırlıkları 1.56 g ve 0.71 g olurken, en yüksek değer % 8 'lik uygulamada elde edilmiş olup (4.45 g ve 2.04 g), % 4' lük kompost uygulamasının (4.06 g, 1.99 g) istatistiksel olarak yeterli olacağı belirlenmiştir. Benzer bulgular gövde gelişiminde de elde edilmiş olup, toprakta yetişen bitkilerde gövde yaş ve kuru ağırlıklar 18.80 g ve 3.33 g olurken, % 8 'lik kompost uygulamasında en yüksek değerlere (37.07 g ve 8.37 g) ulaşılmıştır. Görüleceği üzere, kök ve gövde gelişiminde kompost uygulamaları yaklaşık 2 kat artış sağlamıştır. Bitkilerin iyi bir gelişim göstermesi için öncelikle iyi bir kök gelişimi ile başlar; çünkü bitkiler su ve besin ihtiyaçlarını kökleri vasıtasıyla karşılamaktadırlar. İyi bir kök gelişimi için de, ortamın hava-su dengesinin uygun olması gerekir. Çay çöpü kompostu yüksek havalanma ve su tutma kapasitesine sahip bir materyal olup (Çizelge 1), toprağa ilave edilmesi ile kök gelişimi için gereken bu özellikleri iyileştirmiştir. Çay atık kompostunun toprağın

fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine olumlu etki yaptığı, bunun yanı sıra bitkilerin tepe/kök oranı üzerine de etkili olduğu (Allievi ve ark., 1992), toprağa % 8 ve % 4 uygulamaları mısır bitkisinin erkenci çeşidinde toplam kök uzunluğu ve kök kuru ağırlığını daha fazla artırdığı (Yılmaz ve Bender Özenç, 2012), soğan bitkisinin yeşil aksam uzunluğu, aks uzunluğu, verim, kuru madde miktarı, kök uzunluğu, bitki yaprak sayısı üzerine etkilerinin önemli düzeyde olduğu (Ekbiç ve Keskin, 2018) bildirilmiştir. Toprakla organik kökenli materyaller kullanılarak hazırlanan yetiştirme ortamlarının gövde ve kök yaş ve kuru ağırlıkları gibi morfolojik özellikleri etkilediği (Akin, 2009), bu tür uygulamaların biber bitkisinde kök boyu, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkilerinin önemli olduğu ifade edilmiştir (Koç, 2008).

Toprakta oluşturulan tuz stresinin şiddeti arttıkça incelenen özellikler olumsuz etkilenmiştir ki bu da beklenen bir sonuçtur. Kontrol uygulamada sırasıyla 4.35 g ve 2.20 g olan bitki kök ağırlıkları, tuz konsantrasyonu arttıkça yaklaşık 2 kat düzeyinde azalmıştır. Gövde ağırlıkları ise tuzsuz koşullarda 31.08 g ve 6.92 g olurken, tuz stresi koşullarında yaş ağırlıkta % 21, kuru ağırlıkta % 40 lık bir azalma meydana gelmiştir (Çizelge 2). Burada biber bitkisinin köklerinin tuza karşı daha hassas olduğu söylenebilir. Bitki kökleri 0.75 dS m⁻¹ tuz konsantrasyonunda tepki verirken, gövde de 1.5 dS m⁻¹ NaCl dozunun kritik seviye olduğu bulunmuştur. Tuzluluk, bitkilerin su alınımı, ozmotik potansiyel, iyon eşitliği ve besin alımındaki dengeyi bozması nedeniyle çimlenme, büyüme, fizyoloji ve verimini olumsuz etkilemektedir (Niu ve ark., 1995). Yapılan çalışmalarda, kuraklık ve tuzluluğun biber bitkisinin kök ve vejetatif büyümesini azalttığı (Albaho ve ark., 2009); biberin tuz toleransına hassas bir bitki olduğu için tuzlu koşulların gelişimini olumsuz etkilediği (IbnMaaouia-Houimli ve ark., 2011), artan tuz stresinin chili biber çeşitlerinde köklerde uzunluk, yaş ve kuru ağırlıkları üzerine olumsuz etkide bulunduğu (Zhani ve ark., 2012); 3000 ve 6000 ppm tuzlu su ile sulama yapıldığında soğanda taze biyomas ağırlıklarında kontrole göre sırasıyla %29.1 ve %31.9 bir azalmanın olduğu (Hussein ve ark., 2014) bildirilmiştir.

Çizelge 2. Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinde kök ve gövde yaş-kuru ağırlıkları (g) üzerine etkileri

	Tuz Uygulaması (dS/m)					Kompost Uygulamaları (%)			
	0	0.75	1.5	2.5	3.5	0	2	4	8
KYA (g)	4.35a	3.51b	2.83c	2.65c	2.32c	1.56 c	2.46 b	4.06 a	4.45a
LSD (p<0.01)= 0.2843						LSD (p<0.01)= 0.2542			
KKA (g)	2.20a	1.74b	1.33c	1.23c	0.97c	0.71 c	1.23 b	1.99 a	2.04 a
LSD (p<0.01)= 0.18582						LSD (p<0.01)= 0.1662			
GYA (g)	31.1a	29ab	27.9bc	27.3c	25.5c	18.80c	28.47b	28.67b	37.07 a
LSD (p<0.05)= 1.6816						LSD (p<0.01)= 1.1040			
GKA (g)	6.92a	6.3ab	5.46bc	5.8bc	4.92c	3.33 c	6.07 b	5.73 b	8.37 a
LSD (p<0.01)= 0.4794						LSD (p<0.01)= 0.4288			

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir. KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, GYA: Gövde yaş ağırlık, GKA: Gövde kuru ağırlık

Bitki Boyu, Meyve Sayısı, Meyve Ağırlığı

Toprağa karıştırılan çay çöpü kompostu biber bitkisinin meyve sayısı hariç, bitki boyu ve meyve ağırlığı üzerine istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiş, tuz uygulamaları incelenen özelliklerin tümünü etkilemiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3'de görüleceği üzere, bitki boyu ve meyve ağırlığı kontrol grubunda 19.87 cm ve 57.97 g olup, % 8 çay çöpü kompostu uygulaması bu değerler 39.00 cm ve 86.47 g 'a yükselmiştir. Biber bitkisine artan düzeyde uygulanan çay çöpü kompostu uygulamaları bitki boyunda yaklaşık 2 kat, meyve ağırlığında % 49 'luk bir artış sağlamıştır. Bitki gelişimi, köklerden başlayıp, diğer organların gelişimi ile devam eder. Diğer özelliklerde de belirtildiği gibi, çay çöpü kompostu kök, gövde gelişimini artırmış, gelişen köklerin ortamdan besin alımının artması, dolayısıyla bitki boyunda da artışı sağlamıştır. Kır ve Mordoğan (2006), organik ve mineral gübre uygulamalarıyla yetiştirilen kırmızı biberde organik gübre uygulamalarının mineral gübre uygulamalarından daha uzun meyve boyu ortalamasına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Çay atık kompostunun yetiştirme ortamı olarak kullanılabilirliği (Kütük ve ark., 1995), mısır bitkisinin gelişiminde uygulama miktarına bağlı olarak değişik düzeylerde etkili olduğu (Erdal ve Tarakçıoğlu, 2000) ifade edilmiştir. Ayrıca, yapılan diğer çalışmalarda bitki atıkları kompostu ve N uygulamasının biber veriminde artış sağladığı (Hartz ve ark., 1996), kırmızı biberde kompostlaştırılmış organik gübrenin kimyasal gübre uygulamalarına göre % 77 daha yüksek verim sağladığı (Hsieh ve Hsu, 1994) ifade edilmiştir. Biber

bitkisinin gelişimi ile ilgili bazı organik materyallerin ve inorganik gübrelemenin etkilerini inceleyen çalışmalar yapılmakta ve yapılmaya devam edilmektedir (Majdi ve ark., 2012; Güngör ve Yıldırım, 2013).

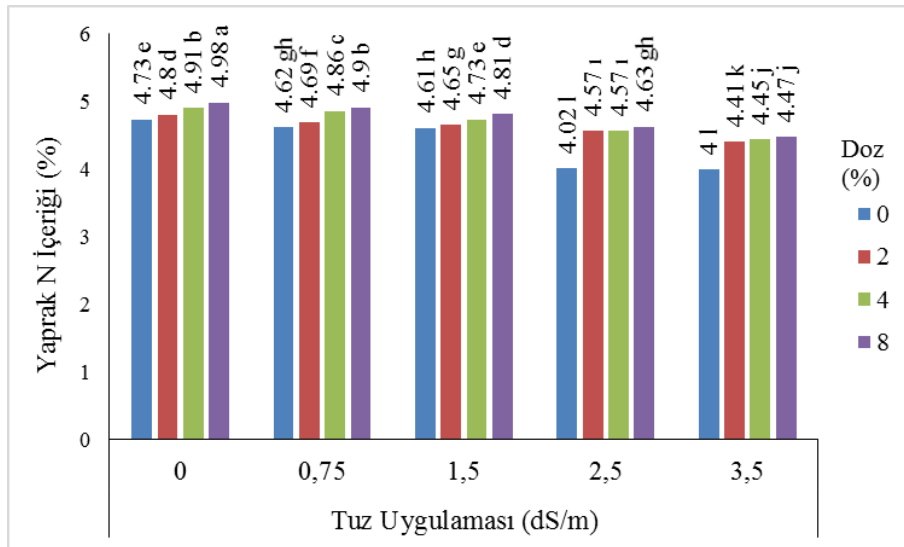
Toprağa uygulanan tuz konsantrasyonu arttıkça, bitki boyu, meyve sayısı ve ağırlığı olumsuz etkilenmiş, tuzsuz koşullarda bu özellikler sırasıyla 34.42 cm, 4.58 adet ve 90.13 g olurken, en yüksek tuz konsantrasyonuna (3.5 dS m^{-1}) göre bitki boyunda % 35, meyve sayısında % 41, meyve ağırlığında % 39 'luk azalma meydana gelmiştir. Bitki boy gelişimi için 0.75 dS m^{-1} kritik seviye olurken, diğer özelliklerde 1.5 dS m^{-1} NaCl kritik seviye olarak belirlenmiştir (Çizelge 3). Bitki boyundaki azalma Robinson ve ark. (1983) tarafından tuz stresine bağlı olarak fotosentezin azaldığı, hormonal dengede yıkım meydana geldiği, nitrat alımının düşmesiyle protein sentezindeki azalmadan kaynaklandığı şeklinde açıklanmıştır. Yurtseven ve Baran (2000), tuzluluğun artması ile belli bir noktadan sonra verimde sürekli bir azalmanın söz konusu olduğunu, sebzelerin $1.0\text{-}3.8 \text{ dS m}^{-1}$ dolaylarındaki toprak tuzluluğunda verimde azalma başladığını; tuzluluğunun artışı ile biber bitkisinde boy ve verimde belirgin bir şekilde azalma olduğunu (Tezcan, 2009) ifade edilmiştir. Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içerisinde önemli değildir.

Çizelge 3. Çay çöpü kompostu ve tuz uygulamalarının biber bitkisinde bitki boyu (cm), meyve sayısı (adet) ve meyve ağırlığı (g) üzerine etkileri

	Tuz Uygulaması (dS/m)					Kompost Uygulamaları (%)			
	0	0.75	1.5	2.5	3.5	0	2	4	8
Bitki Boyu (cm)	34.4a	30.8b	28.3b	28bc	25.5c	19.8d	27.3c	31.6b	39.0a
LSD ($p<0.01$)= 1.3782						LSD ($p<0.01$)= 1.2327			
Meyve Sayısı (adet)	4.58a	3.9ab	3.67b	3.58b	3.25b	3.13	4.00	4.06	4.00
LSD ($p<0.05$)= 0.4249						öd			
Meyve Ağırlığı (g)	90.1a	83.3ab	75.7bc	70.1 c	64.8 c	57.9b	81.0a	81.7a	86.5 a
LSD ($p<0.01$)= 6.1862						LSD ($p<0.01$)= 5.5331			

Yaprak Azot, Fosfor ve Potasyum İçerikleri

Biber bitkisinin yaprak azot, fosfor ve potasyum içerikleri üzerine çay çöpü kompostu uygulaması ve tuz uygulamasının etkisi etkili olmuş ve yaprak temel besin içerikleri üzerine bu etkileşim istatistiksel olarak $p<0.01$ düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Biber bitkisinin yaprak azot içeriği, toprağa % 8 oranında kompost karıştırılmış tuzsuz koşullarda en yüksek çıkmış (% 4.98), en düşük azot içeriği 3.5 dS m^{-1} NaCl konsantrasyonunda kompost uygulanmayan koşullarda % 4 olarak bulunmuştur (Şekil 1).

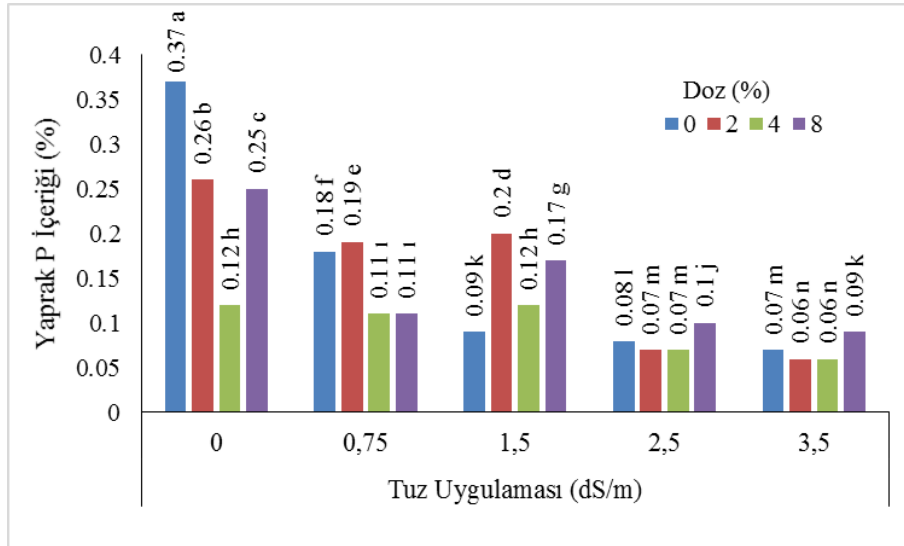


Şekil 1. Tuz stresi koşullarında çay çöpü kompost uygulamalarının biberde azot içeriğine etkisi

Bu sayede organik maddenin bitki yetiştiriciliği açısından ne kadar önemli olduğu ortaya konulmuş, çay çöpü kompostunun tuz stresine karşı biberde dayanıklılığı artırdığı söylenebilir. Bacilio ve ark. (2016) 75 mM tuz uygulaması koşullarında bitki gelişimini destekleyici uygulamalarının biberde yaprak kuru ağırlığı

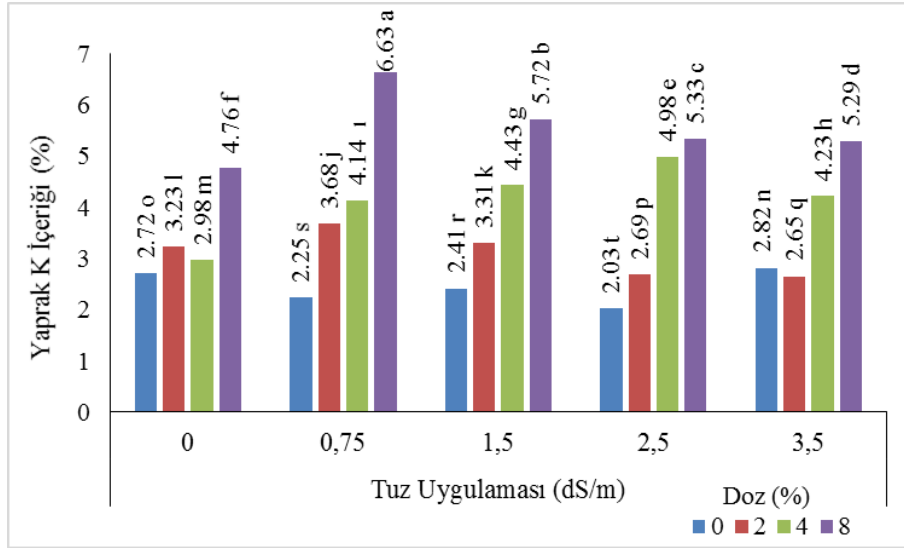
değerleri üzerine olumlu etki yaptığını rapor etmişlerdir. Tuzluluk, bitkide oluşturduğu stres sonucunda su alımını azaltmakta ve dolayısıyla bitki besin maddelerinin alımını da olumsuz etkilemektedir. Tuz içeriği yüksek ortamların genellikle düşük azot miktarına sahip olduğu bildirilmektedir (Amonkar ve Karnakar, 1995). Tuz stresinin, besin maddelerinin (N, P, K, Mg, Fe, Cu, Zn vs.) alımına, yararlılığına ve iletimine olumsuz etkisinden dolayı bitkide beslenme dengesizliğine neden olduğu ifade edilmiştir (Grattan ve Grieve, 1998).

Biber bitkisinin yaprak fosfor içeriği, çay çöpü kompostu uygulamalarıyla azalmış, bu azalma düzenli olmamıştır. Fosfor, toprak pH'sına bağlı olarak alınabilirliği en çok engellenen ve immobil bir elementtir. Çok düşük pH'ya sahip olan toprağa nötre yakın pH'ya sahip kompost uygulanmasına rağmen, fosfor alımında etkisi olmadığını düşündürmektedir. En yüksek fosfor içeriği tuz ve kompost uygulaması yapılmayan kontrol dozunda (% 0.37), en düşük ise 3.5 dS m⁻¹ tuz uygulaması yapılan % 2 ve % 4 dozlarda (% 0.06) elde edilmiştir (Şekil 2). Yaprak fosfor içeriğindeki azalma yapılan birçok çalışma ile benzer bir bulgudur. Besin elementlerindeki azalış, bitkinin kuru madde miktarındaki azalma ile de ilişkili olup, biberin gelişim özelliklerinde özellikle kuru madde miktarındaki azalmanın bir sonucu olduğu düşünülmektedir. Faiz ve ark. (1994), tuzluluğun artması ile N ve P konsantrasyonunun ayrıca meyve verimi ve bitki kuru ağırlığının da azaldığını, Kaya ve ark. (2001) tuzun, büyüme, gelişme ve üretiminde hasar oluşturarak yapraklardaki P ve K konsantrasyonunu bariz miktarda düşürdüğünü ifade etmişlerdir. Malkoç (2003), farklı tuz uygulamalarıyla toprağın pH ve tuzluluk seviyesinin arttığını, kuru madde miktarının azaldığını ve bu sayede N, P, K, Mg, Ca, Fe, Mn, Zn ve Cu içeriklerinin azaldığını, Evelin ve ark. (2009), tuz stresinin öncelikli fosfor olmak üzere birçok besin elementinin alımını azalttığını bildirmişlerdir.



Şekil 2. Tuz stresi koşullarında çay çöpü kompost uygulamalarının biberde fosfor içeriğine etkisi

Biber bitkisinin yaprak potasyum içeriği, çay çöpü kompostu uygulaması ile bitkinin tuz stresine olan toleransını etkilediği görülmüştür (Şekil 3). En düşük yaprak potasyum içeriği tuz ve kompost uygulamasının yapılmadığı kontrol dozunda görülürken, en fazla potasyum içeriği toprağa %8 kompost karışımının yapıldığı 0.75 dSm⁻¹ NaCl uygulamasında elde edilmiştir. Çay çöpü kompostu yüksek potasyum içeriğine sahip olması (Çizelge 1), tuzluluğun bitki üzerinde meydana gelecek olan negatif etkiyi engellediği söylenebilir. Bu artışın, potasyum ile sodyum iyonu arasındaki antagonistik etkileşimden meydana geldiği düşünülmektedir. Tuzlu koşullar altında tolerant genotiplerin duyarlı genotiplere göre köklerden yeşil aksamda daha fazla miktarda potasyum transferi yaptığı ve bu sayede Na iyonu alımını engelledikleri ifade edilmektedir (Catalan ve ark., 1994; Botella ve ark., 1997; Al-Karaki, 2000). Aktaş (2002), tuz stresinde farklı biber genotiplerinde dayanıklı genotiplerin Na yerine K' u tercih ettiklerini ve bu sayede bünyelerine daha az Na alarak kendilerini bu stres faktörüne karşı koruduklarını bildirmektedir. Hasegawa ve ark., (2000), tuz stresi altında Na, köke giriş için K ile rekabet etmektedir. Bitki türüne göre K ve Na ayrımı yeşil aksamda ozmotik düzenlemede rol oynamakta ve bu özellik değişmektedir (Marschner, 1995). Yüksek tuz stresine maruz kalan bitkilerde Na ve Cl vakuollerde biriktirilirken, fotosentezin sürdürülebilmesi için kloroplastlardaki K miktarının yüksek tutulduğu ifade edilmiştir (Blumwald, 2000).



Şekil 3. Tuz stresi koşullarında çöy çöpü kompost uygulamalarının biberde potasyum içeriğine etkisi

Sonuç

Tuz stresi koşulları biber bitkisi gelişiminin olumsuz etkilenmesine neden olurken, toprağa karıştırılan çay çöpü kompostu uygulamaları bitki gelişiminde oldukça büyük artışlar sağlamıştır. Biber bitkisinin temel besin elementi konsantrasyonları üzerine tuz stresine karşı kompost uygulaması teşvik edici olmuş, fosfor içeriği hariç özellikle potasyum da artış meydana gelmesini sağlamıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Demirhan Hut'un Yüksek Lisans Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Ordu Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Akın E, 2009. Farklı yetiştirme ortamlarının kapari (*Capparis ovata* Desf.) fidanlarının kalitesi üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Artvin.
- Aktaş H, 2002. Biberde tuza dayanıklılığın fizyolojik karakterizasyonu ve kalıtımı. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.
- Albaho M, Bhat N, Abo-Rezq H, Thomas B, 2009. Effect of three different substrates on growth and yield of two cultivars of capsicum annum. *European Journal of Scientific Research* 28(2): 227-233.
- Al-Karaki GN, 2000. Growth, water use efficiency and sodium and potassium acquisition by tomato cultivars grown under salt stress. *Journal of Plant Nutrition* 23 (1): 1-8.
- Allievi L, Marchesini A, Saalrdi C, Piano V, Ferrari A, 1992. Plant quality and soil residual fertility 6 years after a compost treatment. *Bioresource Technology* 43:85-89.
- Amonkar DV, Karnakar SM, 1995. Nitrogen uptake and assimilation in halophytes. In: Nitrogen Nutrition in Higher Plants (eds. Srivastada HS, Singh RB), Associated Publishing Co., New Delhi, 431-445.
- Anonim, 2014. Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Enerji Tarımı Araştırma Merkezi, Samsun.
- Ashraf MY, Awan AR, Mahmood K, 2012. Rehabilitation of saline ecosystems through cultivation of salt tolerant plants. *Pakistan Journal of Botany* 44 (Special Issue): 69-75.
- Aşık BB, Kütük, C, 2012. Çay atığı kompostunun çim alanların oluşturulmasında kullanım olanağı. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 26(2): 47-57.
- Bacilioa M, Morenoa M, Bashana Y, 2016. Mitigation of negative effects of progressive soil salinity gradients by application of humic asits and inoculation with *Pseudomonas stutzeri* in a salt-tolerant and a salt-susceptible pepper. *Applied Soil Ecology* 107: 394-404.
- Bayraklı F, 1998. Toprak Kimyası. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No: 26, 1. Baskı, Samsun, 214s.
- Bethke PC, Drew MC, 1992. Stomatal and non-stomatal components to inhibition of photosynthesis in leaves of capsicum annum during progressive exposure to NaCl salinity. *Plant Physiology* 99: 219-226.
- Blake GR, Hartge KH, 1986. Bulk density, Particle density. In: Methods of Soil Analysis. Part I, ASA-SSSA, Madison, WI, 363-382.
- Blumwald E, 2000. Sodium transport and salt tolerance in plants. *Current opinion in Cell Biology* 12(4): 431-434.
- Botella MA, Martinez J, Cerda A, 1997. Salinity induces potassium deficiency in maize plants. *Journal of Plant Physiology* 50(1-2): 200-205.

- Bouyoucos GD, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soil. *Agronomy Journal* 43 :434-438.
- Bray RH, Kurtz LT, 1945. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Science* 45: 39-45.
- Bremner JM, 1965. Methods of soil analysis part II. Chemical and Microbiological Properties. In.(eds. Balack CA), American Soc.of Agronomy.Inc.Pub.Agron Series. No:9 Madison USA.
- Catalan L, Bazlarını Z, Talesnik E, Serono R, Karlin U, 1994. Effect of salinity on germination and seedling growth of *Prosopis flexuosa*. *Forest Ecology and Management* 63(2-3): 347-357.
- Chapman HD, Pratt PF, Parker F, 1961. Methods of Analysis for Soils, Plant and Waters. Univ. of California. Div. of Agric. Sci.
- Coardoba A, Seffino LG, Moreno H, Arias C, Grunberg K, Zenoff A, Taleisnik E, 2001. Characterization of the effect of high salinity on roots of *Chloris gayana* Kunth: carbohydrate and lipid accumulation and growth. *Grass and Forage Science* 56(2): 162168.
- De Boodt M, Verdonck O, Cappaert I, 1973. Method for measuring the water release curve of organic substrates. Proc. Sym. Artificial Media in Horticulture, 2054-2062.
- DIN 11542, 1978. Torf für Gartenbau und Landwirtschaft, Germany.
- Ekbiç İ.E, Keskin A, 2018. Tuz stresi koşullarında yetiştirilen soğanda çay atığı kompostu uygulamalarının etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi* 8(1):1-8.
- El-Fouly MM, Salama ZH, 1999. Can foliar fertilization increase plant tolerance to salinity; Dahlia Greidinger International Symposium: Nutrient Management Under Salinity and Water Stress. 1-4 March, Technion-ITT Haifa.
- Erdal İ, Tarakçıoğlu C, 2000. Değişik organik materyallerin mısır bitkisinin gelişimi ve mineral madde içeriği üzerine etkisi. *Ondokuzmayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 15:80-85.
- Evelin H, Kapoor R, Giri B, 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany* 104(7): 1263-1280.
- Faiz SMA, Ullah SM, Hussain AKMA, Kamal, ATMM, Arduş S, 1994. Yield, mineral contents and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) under salt stress in a saline soil. *Current Agriculture* 18 (1/2): 9-12.
- Fekri M, Gharanjig L, Soliemanzadeh A, 2016. Effects of salinity and pistachio waste application on growth and physiological responses of pistachio seedlings. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 47(1):112-120.
- Fernandez FG, Caro M, Cerda A, 1977. Influence of NaCl in the irrigation water on yield and quality of sweet pepper (*Capsicum annuum*). *Plant and Soil* 46: 405-411.
- Gabriels R, Verdonck O, 1992. Reference methods for analysis of compost. In: Composting and compost quality assurance criteria. 173-183.
- Grattan SR, Grieve CM, 1998. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78(1-4): 127-157.
- Güneş A, İnal A, Alpaslan M, 1996. Effect of salinity on stomatal resistance, proline and mineral composition of pepper. *Journal of Plant Nutrition* 19(2): 359-396.
- Güngör F, Yıldırım E, 2013. Effect of different growing media on quality, growth and yield of pepper (*Capsicum annuum* L.) under greenhouse conditions. *Pakistan Journal of Botany* 45(5): 1605-1608.
- Hartz TK, Costa FJ, Schrader WL, 1996. Suitability of composted green waste for horticultural uses. *HortScience* 31 (6):961-964.
- Hasegawa PM, Bressan RA, Zhu JK, Bohnert HJ, 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51:463-499.
- Hsieh CF, Hsu KN, 1994. Effect of organic manures on the growth and yield of sweet pepper. *Bulletin of Taichung District Agricultural Improvement Station* No: 42, 1-10.
- Hussein MM, Faham SY, Alva AK, 2014. Role of foliar application of nicotinic acid and tryptofan on onion plants response to salinity stress. *Journal of Agricultural Science* 6(8): 41-51.
- Ibn Maaouia-Houimli S, Denden M, Dridi-Mouhanded B, Ben Mansour-Gueddes S, 2011. Caractéristiques de la croissance et de la production en fruits chez trois variétés de piment (*Capsicum annuum* L.) sous stress salin. *Tropicultura* 29(2): 75-81.
- Kacar B, 1992. Yapraktan Bardağa Çay. T.C. Ziraat Bankası Kültür Yayınları. No:23, T.C. Ziraat Bankası Matbaası, Ankara.
- Kaya C, Kirnak H, Higgs D, 2001. Effects of supplementary potassium and phosphorus on physiological development and mineral nutrition of cucumber and pepper cultivars grown at high salinity (NaCl). *Journal of Plant Nutrition* 24 (9): 1457-1471.
- Kır A, Mordoğan N, 2006. Değişik kompostların organik kırmızı biber (*Capsicum annuum* L.) yetiştiriciliğinde verim, bazı morfolojik karakterler ve potasyum içeriği üzerine etkileri. *Anadolu Dergisi* 16(1):1-25.
- Knudsen D, Peterson GA, Pratt PF, 1982. Lithium, Sodium and Potassium. Methods of Soil Analysis, Part II, ASA-SSSA, WI, pp. 225-245.
- Koç F, 2008. Farklı organik gübrelerin domates ve biber bitkisinin gelişimi ile beslenmesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kütük CA, Çaycı G, Baran A, 1995. Çay atıklarının bitki yetiştirme ortamı olarak kullanılabilme olanakları. *Tarım Bilimleri Dergisi* 1(1):35-40.

- Majdi Y, Ahmadizadeh M, Ebrahimi R, 2012. Effect of different substrates on growth indices and yield of green peppers at hydroponic cultivate. *Current Research Journal of Biological Sciences* 4(4): 496-499.
- Malkoç M, 2003. Mısır (*Zea mays* L.) ve fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'nin gelişimi ve bitki besin maddeleri içeriğine farklı tuz uygulamalarının etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 34(3): 211-216.
- Mane AV, Deshpande TV, Wagh VB, Karadge BA, Samant JS, 2011. A critical review on physiological changes associated with reference to salinity. *International Journal of Environmental Sciences* 1(6):1192-1216.
- Marschner H, 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants. 2 nd Edn., Academic Press, 657-680.London.
- Munns R, 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25(2):239-250.
- Nelson DW, Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon and soil organic matter. In: Methods of Soil Analysis, Part II, ASA-SSSA, Madison, WI, pp. 539-579.
- Niu X, Bressan RA, Hasegawa PM, Pardo JM, 1995. Ion homeostasis in NaCl stress environments. *Plant Physiology* 109(3):735-742.
- Ouda SAE, Mohamed SG, Khalil FA, 2008. Modeling the effect of different stress conditions on maize productivity using yield-stress model. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* 2(1): 57-62.
- Parvaiz A, Riffat J, 2005. Effect of salt stress on growth and biochemical parameters of *Pisum sativum* L. *Archives of Agronomy and Soil Science* 51(6):665-672.
- Pascale SD, Ruggiero C, Barbieri G, Maggio A, 2003. Physiological responses of pepper to salinity and drought. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 128(1): 48-54.
- Reddy N, Crohn DM, 2012. Compost Induced Soil Salinity: A New Prediction Method and Its Effect on Plant Growth. *Compost Science & Utilization* 20(3):133-140.
- Robinson SP, Downton WJS, Millhouse JA, 1983. Photosynthesis and ion content of leaves and isolated chloroplasts in relation to ionic compartmentation in leaves. *Agricultural Biochemistry and Biology* 228:197-206.
- a ZA, Akhtar J, Ul-Haq MA, Ahmed I, 2012. Salt induced changes in leaf phenology of wheat plants are regulated by accumulation and distribution pattern of Na⁺ ion. *Pakistan Journal of Agricultural Science* 49(2):141-148.
- Shani U, Dubble D, 2001. Field studies of crop response to water and salt stress. *Soil Science Society of American Journal* 65(5):1522-1528.
- Tezcan A, 2009. Tuzlu sulama suyu oksijen içeriğinin biber bitkisi verimi ve gelişmesine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook No.60, U.S. Department of Agriculture, Washington, D.C., U.S.A.
- Verdonck OR, Pennick R, De Boodt M, 1984. The physical properties of different horticultural substrates. *Acta Horticulture* 150:155-160.
- Yıldırım E, Güven İ, 2006. Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30(5):347-353.
- Yılmaz S, Bender Özenç D, 2012. Effects of hazelnut husk compost and tea waste compost on growth of corn plant (*zea mays* L.). 8th International Soil Science Congress on "Land Degradation and Challenges in Sustainable Soil Management" Volume V, pp.620-626. May 15- 17, Çeşme-İzmir, Turkey.
- Yurtseven E, Baran HY, 2000.Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokkolide (*Brassica oleracea botrytis*) verim ve mineral madde içeriğine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 24(2-7):185-190.
- Zhani K, Mariem BF, Mani F, Cherif HI, 2012. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) University of sousse, Department of Horticulture and Landscape, Higher Institute of Agronomy. 4042 Chott Mariem, Tunisia.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Domates üretim atık ve artıklarından kompost eldesi

Murat Durmuş *, Rıdvan Kızılkaya

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

Özet

Bitkisel kökenli tarımsal atıkların kompostlanarak tekrar tarım topraklarına ve doğaya kazandırılması hem topraklarda eksilen organik madde eksikliğini kapatmak hem de çevre sorunlarının önüne geçmek açısından önemlidir. Bu çalışmada, domates hasadı sonrası açığa çıkan artık ve atıkların herhangi bir diğer bitkisel ve hayvansal atık materyal ile karıştırılmaksızın hayvan gübresindeki mikroorganizmalar ile aşılansarak kompostlanabilme durumları araştırılmıştır. Bununla beraber, kompostlanma süresince bitkisel materyalin bazı özelliklerindeki değişimler de incelenmiştir. Bu amaçla, domates artık ve atıklarından oluşan biyokütle hayvan gübresinden ekstrakte edilen çözelti ilave edilerek % 60 nem koşulunda windrow yöntemi ile kompostlanmıştır. Kompost yığınının sıcaklık, pH, EC, organik C, C/N oranı ve mikrobiyal biyomas C içeriğindeki değişimler 90 günlük kompostlanma sürecince saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yığının sıcaklığı 38. günde termofilik faza ulaşmış, en yüksek sıcaklık 59. günde 65°C olarak belirlenmiş ve 64. günde termofilik faz tamamlanmıştır. Başlangıçta, bitkisel biyokütlenin C/N oranı 39 ve pH'sı 6.21 iken, 90 günün sonunda sırasıyla 12.7 ve 7.50 olarak belirlenmiştir. Deneme sonunda, domates atık ve artıklarının windrow yöntemi ile herhangi bir diğer bitkisel ve hayvansal atıklar ile karıştırılmaksızın, mikrobiyal inokülasyon ile başarılı bir şekilde kompostlanabileceği saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Kompost, domates artık ve atıkları, windrow, C/N.

Composting of the post-harvested tomato plant wastes and residues

Abstract

It is important to recycling of plant originated agricultural wastes to farmlands and nature as a compost material in terms of dealing with the lack of organic matter in soil and environmental problems. In this study, composting of the post-harvest tomato plant wastes and residues was investigated only inoculating with microorganisms obtained from animal manure without mixing any other plant or animal waste material. Also, changes in some properties of the plant material during the composting process were determined. For this purpose, the extract obtained from animal manure was added to the biomass including tomato waste and residues, and it was composted by windrow method at 60% humidity condition. Changes in temperature, pH, EC, organic carbon, C/N ratio and microbial biomass carbon content of compost pile were determined during the 90 days of composting process. According to the results, the temperature of the compost pile reached the thermophilic phase at 38th day, the highest temperature was determined at 59th days as 65°C and thermophilic phase completed at 64th days. While initial C/N ratio and pH of plant biomass were 39 and 6.21, they were determined as 12.7 and 7.50 at the end of 90 days, respectively. At the end of the experiment, it was determined that post-harvest tomato plant wastes and residues could be successfully composted with only microbial inoculation by windrow method without mixing with any other plant and animal wastes.

Keywords: Compost, tomato waste and residues, windrow, C/N.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Kompostlama, organik bileşiklerin aerobik veya anaerobik şartlarda mikroorganizmalar aracılık ettiği süreçler ile karalı hale getirildiği bir işlem olup, kompostlama sürecinde organik bileşiklerin özellikle kolay parçalanabilen kısımları ile oksijen mikroorganizmalar tarafından tüketilirken, aktif kompostlama esnasında ısı, karbon dioksit (CO₂) ve su buharı üretilmektedir (Shimizu, 2017). Kompostlama süreci sonunda, organik bileşikler stabil bir özellik kazanırken, kompostlama öncesindeki miktarı ve hacmi ile karşılaştırıldığında hem hacmi hem de ağırlığı azalmaktadır (Bernal ve ark., 2009). Kompostlama süreci boyunca mikrobiyal gelişim için uygun koşulların sağlanması ve bu koşulların muhafaza edilmesi durumunda organik bileşiklerin kompostlanma süresi oldukça hızlı olmaktadır (de Bertoldi ve ark., 1983; Kızılkaya ve ark., 2015). Kompostlama süreci için ise en temel şartlar, ortamın yeterli miktarda nem ve aerobik organizmalar için

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 312 1919

E-posta : murat.durmus@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 01 Nisan 2018

Kabul Tarihi : 19 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

oksijen içeriği ile hızlı bir mikrobiyal gelişme için ortamdaki mevcut mineral azot ve kolay parçalanabilir monosakkaritlerin yada basit şekerlerin mikrobiyal enerji kaynağı olarak ortamda bulunmasıdır (de Bertoldi ve ark., 1983; Kızılkaya ve ark., 2016). Organik bileşiklerin kompostlanması sonunda, kompostun kimyasal özellikleri ile topraklara uygulandıktan sonra toprak özelliklerinde meydana getirdiği olumlu etkilerin, bu organik bileşiklerin kompostlanmadan önceki özellikleri ile kıyaslandığında çok daha fazla olduğu yapılan çalışmalar ile ortaya konulmuştur (Alagöz ve ark., 2006; Kızılkaya, 2016). Bu nedenle, organik bileşiklerin kompostlandıktan sonra tarım topraklarına uygulanması hem toprak işleme gibi tarımsal pratiklerin daha kolay yapılmasını ve uygulama kolaylığı sağlamakta hem de daha stabil bir materyalin toprakla buluşması temin edildiği için tercih edilmektedir (Alagöz ve ark., 2006; Demir ve Gülser, 2015; Aşkın ve Aygün, 2018).

Topraklara organik madde ilavesinin toprakların hem fiziksel ve kimyasal ve hemde biyolojik özellikleri üzerinde olumlu yönde etki ettiği, buna bağlı olarak toprak verimliliğinin ve bitkisel ürün veriminin arttığına dair oldukça çok sayıda bilimsel araştırma mevcuttur (D'Hose ve ark., 2012; Gülser ve ark., 2015a; Delibacak ve Ongun, 2016). Ülkemiz topraklarında da azalan toprak organik madde seviyesinin tekrardan artırılmasına dair pek çok araştırma yürütülmüş, konu ile ilgili pek çok bilimsel araştırma yayınlanmıştır (Gülser ve ark., 2015b). Bu araştırmaların pek çoğunda, toprak organik madde seviyesinin artırılmasına yönelik bitkisel ve hayvansal atıkların ve bunlardan elde edilen kompostların kullanılabilmesi belirtilmiştir (Haynes ve ark., 1998). Özellikler bitkisel atıkların kompostlanmasında, klasik yöntem olarak karışımın C/N oranını dengelemek ve mikrobiyal inokülasyonu sağlamak amacıyla özellikle büyükbaş hayvansal kökenli artık veya atıklarla karıştırılmak suretiyle kompostlanması gerektiği pek çok literatürde ifade edilmekte (Xi ve ark., 2003), ancak yapılan tarım şekline ve koşullara bağlı olarak bu şekli ile karışımlardan kompost eldesinin sağlanması için yeterli miktarda büyükbaş hayvan gübresi de bulunmamaktadır. Bu durum özellikle domates yetiştiriciliğinin yapıldığı seralarda ortaya çıkan bir durumdur.

Türkiye'de üretilen sebzeler arasında domates 11.8 milyon ton üretim miktarı ile birinci sırada yer almaktadır (TUİK, 2017). Toplam domates üretiminin bir kısmı örtü altı yetiştiriciliği olarak yapılmaktadır ve günümüz verilerine göre 4 milyon tona yakın bir kısmı seralarda üretilmektedir (TUİK, 2017). Yapılan çalışmalarda, yoğun sera yetiştiriciliğinin yapıldığı Antalya yöresinde sadece domates seralarından her yıl kuru madde olarak 111.480.99 ton biyokütle atığının çıktığı bildirilmiştir (Kürklü ve ark., 2004). Sadece Antalya yöresindeki domates seralarından elde edilen domates atıklarının klasik yöntemler ile büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılarak kompostlanabilmesi için ihtiyaç duyulan hayvan gübresi miktarı yaklaşık 50.000 tonun üzerindedir. Bu durum ise, pratikte domates atık veya artıklarının büyükbaş hayvan gübresi ile karıştırılması ve aerobik yöntemler ile klasik yöntemlerde kompostlanmasını, bu amaç için yeterli büyükbaş hayvan gübresinin bulunmamasından dolayı imkansız hale getirmektedir.

Bu çalışmada, domates yetiştiriciliği sırasında ve yetiştiriciliğin sonunda açığa çıkan domates atık ve artıklarının her hangi bir şekilde büyükbaş hayvansal gübre ile karıştırmaksızın, sadece büyükbaş hayvan gübresinden izole edilen mikroorganizmalar ile aşılması sonunda kompostlanabilme olanaklarının araştırılması ile kompostlanma süresi boyunca atığın bazı özelliklerindeki (sıcaklık, pH, EC, C/N ve toplam mikrobiyal biyomas C) değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Materyal ve Yöntem

Domates atık ve artıklarının toplanması

Domates üretim artıklarından kompost eldesi sağlamak amacıyla, Samsun'un Bafra ilçesinde domates üretimi yapılan arazilerden domates bitkisine ait hasat sonu tüm atık ve artıklar (kök, gövde, sap ve yaprak olmak üzere tüm biyomass) toplanarak, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü seralarına getirilmiş ve kontrollü koşullarda kompostlama süreci için kuru ortamda muhafaza edilmiştir. Homojen bir şekilde karıştırılan bitkisel atıkların kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla Tablo 1'de verilen analizler yapılmıştır.

Tablo 1. Domates artık ve atıklarının özelliklerinin saptanması amacıyla uygulanan yöntemler (Ryan ve ark., 2001; Kacar ve Kütük, 2010)

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

Kompost eldesi

Domates artık ve atıklarından aerobik koşullarda kompost eldesinin sağlanması amacıyla, artık ve atık domates biyokütlesi "windrow" yöntemine kompostlanmıştır (Şekil 1). Bu amaçla, sıralı yığın yöntemi esasına dayalı olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Kompostlama ünitesinde raylar arasında serilmiş, ortam neminin %60 olmasını sağlamak amacıyla biyokütle homojen bir şekilde nemlendirilmiştir. Domates biyokütlesi ile herhangi bir bitkisel veya hayvansal atık karıştırılmamıştır. Ancak, mikrobiyolojik inokülasyonu sağlamak ve inoküle edilen mikroorganizmaların enerji ve N ihtiyaçlarını karşılamak amacıyla, taze toprak ve ahır gübresininin suda ekstraksiyonu sonunda suya geçen mikroorganizmalar inokülant, toz şeker enerji kaynağı ve üre ise N kaynağı olarak kullanılmıştır. Bu amaçla, sıralı yığın şeklinde kompostlama ünitesinin rayları arasına serilen domates artık ve atık biyokütlesinden eksilen su miktarının %1'lik kısmı inokülant-şeker-N solüsyonu ile ıslatılmış arta kalan %99'luk kısmında ise şebeke suyu kullanılmıştır. Yığının nem kontrolü ve inokülant ilavesi kompostlamanın sonuna değin devam etmiştir. Kompostlama süresince yığının oksijen içeriğinin %5'ten daha yüksek olmasını temin etmek amacıyla yığın 12 saatte bir kompostlayıcı ile karıştırılmıştır. Kompostlama toplam 90 gün sürmüştür.

Yığının bulunduğu dış ortamın sıcaklık ile yığın sıcaklığındaki değişimler her gün dijital sıcaklık ölçer ile saptanmıştır. Yığından haftada bir alınan örneklerde, bitkisel biyokütlenin organik C, toplam N, C/N, pH ve EC'indeki değişimler Tablo 1'de verilen yöntemler ile saptanmıştır. Yığındaki mikrobiyal biyomas C içeriği Substrat İndirgenmesi (SIR) yöntemine göre (Anderson ve Domsch, 1978) saptanmıştır.

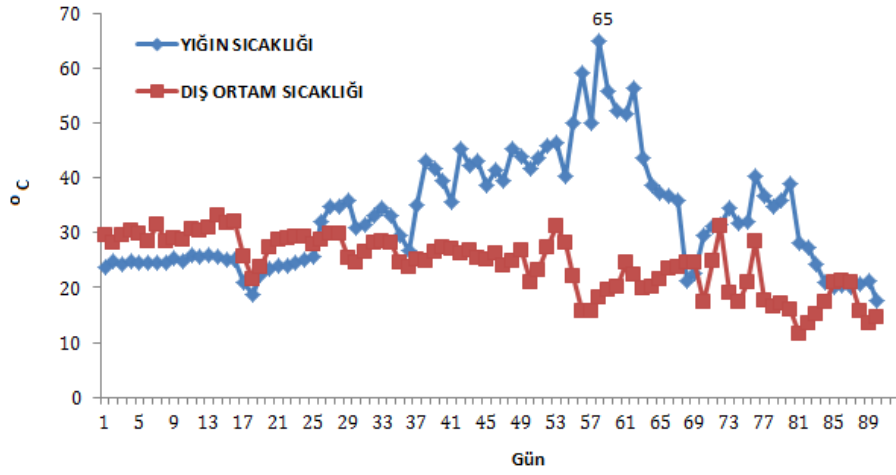


Şekil 1. Windrow kompostlayıcı ve kompostlama işleminden görüntüler

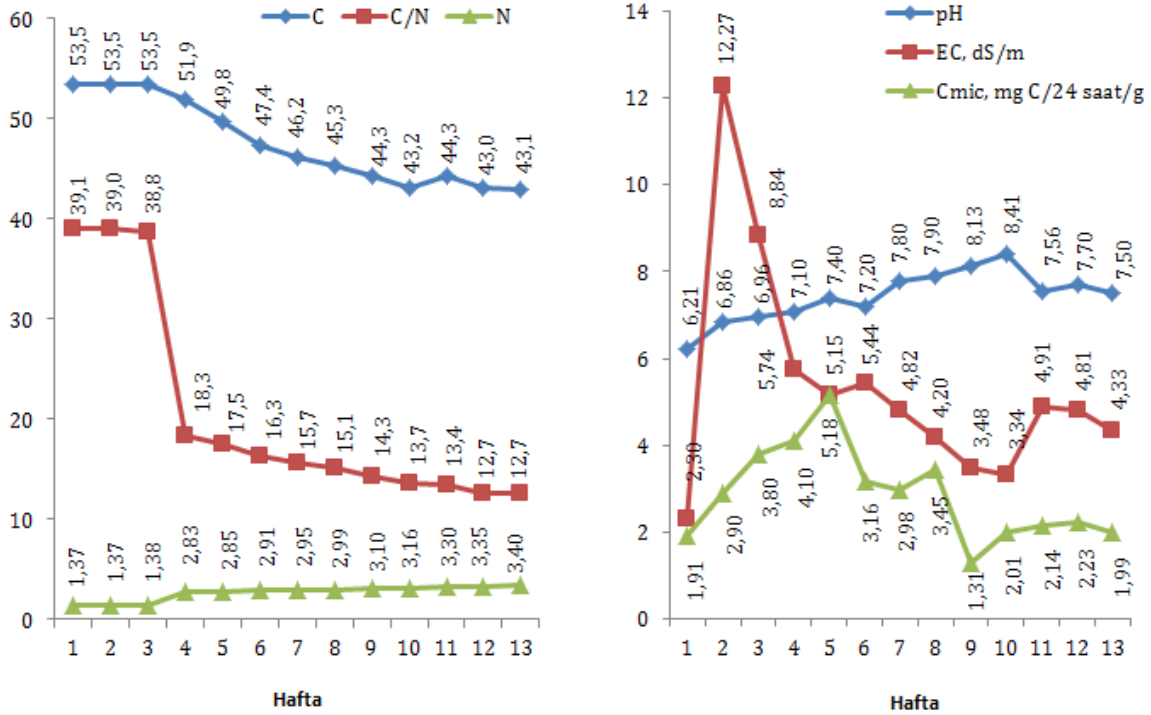
Bulgular ve Tartışma

Domates artık ve atıklarından aerobik koşullarda kompost eldesinin sağlanması amacıyla, artık ve atık domates biyokütlesi "windrow" yöntemine kompostlanır iken, yığının ve dış ortamın (atmosfer) sıcaklığındaki değişimler Şekil 2'te verilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre yığının sıcaklığı 38. günde (43.2°C) termofilik faza (43-66°C) geçiş olmuş, en yüksek sıcaklık 58.günde 65.0°C ile belirlenmiş ve 64. günde 38.6°C ile termofilik faz tamamlanmıştır. Termofilik fazdan sonra yığın sıcaklığı ile dış ortam sıcaklığı birbirine yakın olarak seyir ettiği belirlenmiştir. Dolayısıyla, artık ve atık domates biyokütlesine ait yığının ilk 38 günü mezofilik fazdan, bu fazı takip eden 26 günü ise termofilik fazdan oluşmuştur. Isı yayılımı mikrobiyal aktiviteye doğrudan bağlı olduğundan, sıcaklık işlemi izlemeyi sağlayan iyi bir indikatörü olup mikroorganizmaların neden olduğu sıcaklık yükselmesi yığın oluşumundan birkaç saat sonra belirginleştiği de saptanmıştır.

Kompostlama, mezofilik şartlarda etkili olmasına rağmen pek çok araştırmacı yığın sıcaklığının bir süre 43-65 °C arasında muhafaza edilmesini tavsiye etmektedir (Nielsen ve Berthelsen, 2013; Gray ve Sherman, 1969; Poincelot, 1972). Patojen mikroflora, yabancı ot tohumları ve uçan larvaların giderimi büyük ölçüde termofilik sıcaklık koşullarında olmaktadır ve patojenler için kritik sıcaklık 55 °C, yabancı ot tohumları için ise 63 °C'dir (Fernandes ve ark., 1988). Bu çalışmada, 26 gün süren termofilik sıcaklık koşulları içerisinde en yüksek sıcaklığın 65°C olarak belirlenmesi, bu kompostlama süresince patojen ve yabancı ot tohumlarının gideriminin sağlandığının açık bir göstergesidir.



Şekil 2. Kompost yığınının sıcaklığındaki değişimler



Şekil 3. Kompost yığınının bazı özelliklerindeki değişimler

Domates artık ve atıklarından oluşan yığının kompostlanma periyodu boyunca bazı özelliklerindeki değişimler Şekil 3'te verilmiştir. Başlangıçta, 6,21 olan yığının pH'sı kompostlanma periyodunun sonunda 7,50'ye ulaşmıştır. Ancak, kompostlanma süresince başlangıçta pH'nın artış gösterdiği belirlenmiş, 11 haftada yığının pH'sı 8,41'e değin ulaşmıştır. Bu süreden sonra pH'da düşmelerin olduğu saptanmıştır. Kompostlama işlemine farklı spektrumdaki organizmalar katıldığı için bunlar pH'a karşı nispeten duyarsız olabilmektedir (Poincelot, 1972). Ortam pH'sının 6,5-8 arasında olması istenmekle beraber kompostlanma sürecinin doğal tamponlama yeteneğinden dolayı daha geniş bir aralıkta bu sürecin gerçekleşmesini mümkün kılmaktadır. Kompostlama, pH 4,5 ile 5 arasında etkin bir şekilde ilerlemekle beraber, pH 5,5'ta veya pH 9'da da gerçekleşebilmektedir. Ancak, nötral (pH 7) koşullar ile karşılaştırıldığında süreç daha yavaş gerçekleşebilmektedir (Iqbal ve ark., 2010; Sundberg ve ark., 2004).

Ortam pH'sının en büyük etkisi ortamın N içeriği üzerine olmaktadır. Ortam pH'sı 8,5'ten büyük olduğunda azotlu bileşikler amonyağa dönüşebilmekte, pH'ın 8'den küçük olması ise amonyak oluşumunu azaltmaktadır (Bilel ve Sezen, 1993). Açığa çıkan amonyak ise, gaz formunda ortamdan uzaklaşarak ortamın azot içeriği azalabilmektedir. Kuşkusuz bu durum, kompostlanma periyodu boyunca ortamın nem içeriğine bağlı olarak amonyak'ın NH₄OH (sıvı amonyak) şeklinde ortamda kalmasını da sağlayabilmektedir. Bu çalışmada, yığının Toplam N içeriği %1,37 seviyelerinde iken kompostlanma süreci boyunca ortamın toplam

N içeriğinde düzenli bir artış olmuş, 90. günün sonunda ise, %3.40'a ulaştığı saptanmıştır (Şekil 3). Genel işleyişine aksi gerçekleşen bu tezat durumun temel sebebi ise, bu çalışmada klasik kompostlama yöntemlerinin uygulanmayışından yani, domates artık ve atıklarının herhangi bir bitkisel veya hayvansal kökenli artık ve atık ile karıştırılmaksızın, sadece hayvan gübresinden izole edilen mikroorganizmalar ile her hafta aşılması, bu süreçte mikrobiyal beslenmeyi temin için aşılama solüsyonunun mineral N içermesinden kaynaklanabilecektir. Benzer durum ortamın Elektriksel İletkenliği (EC) için geçerlidir. Ortamın tuz içeriğini değerlendirmek için yapılan EC ölçümleri sonunda, ortamın EC'sinin ani bir şekilde artış gösterdiği, daha sonra bu artışın kompostlanmaya bağlı olarak azaldığı saptanmıştır. Başlangıçta henüz tam manası kompostlanmaya başlamamış olan yığına yapılan inokülasyon çözeltisi ile beraber verilen mineral azot, hızlı parçalanarak organik bileşiklerin yapısındaki inorganik iyonlarında buna bağlı olarak hızlı bir şekilde oerataya çıkması ile beraber ortamın EC'sinde ani bir yükselmeye sebep olduğu, ilerleyen dönemlerde ise, bu iyonların mikroflora tarafından kullanılması sonucu suda çözünür tuz konsantrasyonunda düşmelerin olduğu şeklinde düşünülmektedir.

Domates artık ve atıklarından oluşan yığının organik karbon içeriği, kompostlama süresine bağlı olarak azalmıştır. Başlangıçta %53.5 organik C içeren kompost yığını 90.günün sonunda %43.1 organik C içerdiği belirlenmiştir. Kompostlama süreci kolayca parçalanabilen organik maddenin oksidasyonu ile başlamakta olup ortam mikroorganizmaları kompostlama süresi boyunca organik maddeden beslenirken O₂ tüketirler (Shimizu, 2017). Dolayısıyla, kompostlanma süresine bağlı olarak ortamın organik C içeriğinde meydana gelen azalma tamamen mikroorganizmaların beslenme amacıyla organik maddeyi tüketmesi ile ilgilidir. Başlangıçtaki artık ve atıkların mikrobiyal beslenme sonunda organik C tüketilmekte ve CO₂ oluşmaktadır. Oluşan CO₂'nin atmosfere kaybı yüzünden hem organik C içeriği azalmakta hem de C:N oranı kompostlama esnasında düşmektedir (Şekil 3). Bu çalışmada, başlangıçta 39.1 olan C:N oranı, kompostlanma süresi boyunca devamlı düşme eğilimi göstermiş ve 90.günün sonunda %12.7'ye düşmüştür.

Kompost yığınının başlangıçtaki toplam mikrobiyal biyomas C içeriği 1.91 mg C/24 saat düzeylerinde iken termofilik faz başlangıç safhasına değin artış göstermiş, termofilik fazda yine mikrobiyal kökenli artan sıcaklık artışına bağlı olarak toplam mikrobiyal biyomas C içeriğinde patojen mikroorganizmaların giderimi ile mezofilik mikrofloranın sayısındaki azalmalardan dolayı azalma olmuş, kompostun stabilizasyonu sırasında ise toplam mikrobiyal biyomas C içeriğinin nisbeten stabil bir değer gösterdiği saptanmıştır. Kompostlama, heterojen yapıdaki organik substratın termofilik bir aşamadan geçip kısa süreli fitotoksin yayan ve son ürün olarak karbondioksit, su, mineraller ve stabil yapıdaki organik maddenin elde edildiği kontrollü koşullarda biyooksidatif bir süreç olup (Zucconi ve ark., 1987), kompostlama sürecinin mezofilik aşaması boyunca mikrobiyal aktivite artmakta organik maddenin parçalanması ve mineralizasyonu hızlanmaktadır (Moreno-Casco ve Moral-Herrero, 2008).

Sonuç

Bu çalışma, ülkemizde özellikle domates seracılığı yapan işletmelerden elde edilen domates bitkisine ait artık ve atıkların neden olduğu çevre kirliliğine çözüm üretmek, artık ve atık domates biyokütlesinin C/N oranını dengelemek amacıyla herhangi bir bitkisel ve hayvansal atık ile karıştırılarak yapılan klasik kompost eldesinin olmaksızın, sadece hayvan gübresindeki mikrofloranın enerji ve N kaynağı sağlamak için basit şeker ve üre ile beraberce aşılması ile kompost eldesinin sağlanması ve kompostlanma periyodu boyunca bazı özelliklerdeki değişimin izlenmesi amaçlanmıştır. Bu çalışmada kompost elde yöntemi olarak windrow tercih edilmiştir. Bunun nedeni, bu sistemin işletilmesinin kolay olması, mikrobiyal inokülasyonun kolay, ilk yatırım ve işletme maliyetlerinin özellikle biyogaz gibi anaerobik sistemlerle karşılaştırıldığında daha az olmasındandır.

Yapılan bu çalışmadan hareketle, tarımsal faaliyetler sonunda açığa çıkan domates artık ve atıklarının mikrobiyal inokülasyon ile windrow yöntemine göre kompostlanabildiği ve elde edilen nihai kompostun ise, C/N oranı, pH gibi özelliklerinin tarım topraklarında güvenle kullanılabilir bir seviyeye geldiği belirlenmiştir. Özellikle yoğun tarımsal faaliyetler sonucunda ülkemizi tarım topraklarının organik madde miktarının önemli miktarlarda azaldığı, azalan organik madde miktarını artırmak için ise ülkemizdeki özellikle büyükbaş hayvansal gübrelerin miktarındaki yetersizlik ve domates artık ve atıklarının ise kontrolsüz olarak doğaya terkedildiği göz önüne alındığında, bu atık ve atık biyokütlenin kompostlanarak tekrar toprak ve doğaya kazandırılabilceği sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma, Murat Durmuş'un Doktora Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Ondokuz Mayıs Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alagöz Z, Yılmaz E, Öktüren F, 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19(2): 245-254.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215 – 221.
- Aşkın T, Aygün S, 2018. Does hazelnut husk compost (HHC) effect on soil water holding capacity (WHC)? An environmental approach. *Eurasian Journal of Soil Science* 7(1): 87-92.
- Bernal MP, Alburquerque JA, Moral R, 2009. Composting of animal manures and chemical criteria for compost maturity assessment. A review. *Bioresource Technology* 100: 5444–5453.
- Bilen S, Sezen Y, 1993. Toprak reaksiyonunun bitki besin elementleri elverişliliği üzerine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24 (2): 156-166.
- De Bertoldi M, Vallini G, Pera A, 1983. The biology of composting: a review. *Waste Management & Research* 1: 157–176.
- Delibacak S, Ongun AR, 2016. Influence of composted tobacco waste and farmyard manure applications on the yield and nutrient composition of lettuce (*Lactuca sativa* L. var. *capitata*). *Eurasian Journal of Soil Science* 5(2): 132-139.
- Demir Z, Gülser C, 2015. Effects of rice husk compost application on soil quality parameters in greenhouse conditions. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 185-190.
- D'Hose T, Cougnon M, De Vlieghe A, Willekens K, Van Bockstaele E, Reheul D, 2012. Farm compost application: effects on crop performance. *Compost Science & Utilization* 20 (1): 49-56.
- Fernandes F, Viel M, Sayag D, André L, 1988. Microbial Breakdown of Fats Through In- Vessel Co-composting of Agricultural and Urban Wastes. *Biological Wastes* 26: 33-48.
- Gray KR, Sherman K, 1969. Accelerated Composting of Organic Wastes. *Birmingham University Chemical Engineering* 20: 64-74.
- Gülser C, Candemir F, Kanel Y, Demirkaya S, 2015b. Effect of manure on organic carbon content and fractal dimensions of aggregates. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(1): 1-5.
- Gülser C, Kızılkaya R, Aşkın T, Ekberli İ, 2015a. Changes in soil quality by compost and hazelnut husk applications in a hazelnut orchard. *Compost Science & Utilization* 23(3): 135-141.
- Haynes R J, Naidu R, 1998. Influence of lime, fertilizer and manure applications on soil organic matter content and soil physical conditions: a review. *Nutrient Cycling in Agroecosystems* 51: 123–137.
- Iqbal M K, Shafiq T, Ahmed K, 2010. Effect of different techniques of composting on stability and maturity of municipal solid waste compost. *Environmental Technology* 31 (2): 205–214.
- Kacar B, Kütük C, 2010. Gübre Analizleri. Nobel Yayın No.1497, 382 s. Nobel Basımevi, Ankara
- Kızılkaya R, 2016. Effects of hazelnut husk compost application on soil quality parameters in hazelnut orchards in Turkey. European Geosciences Union General Assembly 2016. April 17-22, 2016, Vienna, Austria. Geophysical Research Abstracts Vol.18, EGU2016-1797.
- Kızılkaya R, Aşkın T, Tarakçıoğlu C, Sushkova S, 2016. Hazelnut yield and soil nutrient contents influenced by hazelnut husk compost using microbial biotechnological techniques. 5th International Symposium on Agricultural Sciences "AgroReS 2016", February 29 – March 3, 2016, Banja Luka, Bosnia and Herzegovina.
- Kızılkaya R, Sahin N, Tatar D, Veyisoglu A, Askın T, Sushkova SN, Minkina TM, 2015. Isolation and identification of bacterial strains from decomposing hazelnut husk. *Compost Science & Utilization* 23(3): 173-184.
- Kürklü A, Bilgin S, Külcü R, Yıldız O, 2004. Bazı sera bitkisel biyokütle atıklarının miktar ve enerji içeriklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Biyoenerji 2004 Sempozyumu, 2004, İzmir.
- Moreno Casco J, Moral Herrero R, 2008. Compostaje. Ediciones Mundi-Prensa Libros, Madrid, Spain. 570p.
- Nielsen H, Berthelsen L, 2002. A model for temperature dependency of thermophilic composting process rate. *Compost Science & Utilization* 10 (3): 249-257.
- Poincelot R P, 1972. The biochemistry and methodology of composting. Connecticut Agriculture Experiment Station Bulletin No.727. 38p.
- Ryan J, Estefan G, Rashid A, 2001. Soil and plant analysis laboratory manual. International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA). Syria
- Shimizu N, 2017. Process Optimization of Composting Systems. In: Robotics and Mechatronics for Agriculture Zhang D, Wei B. (Eds). CRC Press Boca Raton, FL. pp. 1-22.
- Sundberg C, Smars S, Jönsson H, 2004. Low pH as an inhibiting factor in the transition from mesophilic to thermophilic phase in composting. *Bioresource Technology* 95: 145–150.
- TÜİK 2017. Bitkisel üretim istatistikleri. Web: <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=92&locale=tr>,
- Xi BD, Meng W, Huang GH, Liu HL, Zeng GM, Yuan XZ, Wang Q, Bai QZ, 2003. Composting technology of municipal solid waste with inoculation agent. *Journal of Environmental Sciences-China* 24 (1): 157–160.
- Zucconi F, de Bertoldi M, 1987. Compost specifications for the production and characterization of compost from municipal solid waste. In: Compost: production, quality and use. de Bertoldi M, Ferranti MP, L'Hermite P, Zucconi F. (Eds.). Elsevier Applied Science, Essex pp.30-50.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Buğday ayçiçeği ekim nöbeti uygulanan toprakların özellikleri, sınıflandırılmaları ve alternatif bitki desenlerinin oluşturulması

Ferruh Feza Yılmaz¹, Duygu Boyraz Erdem^{2,*}

¹Trakya Yağlı Tohumlar Tarım Satış Kooperatifleri Birliği Entegre Tesisleri, Tekirdağ

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

Özet

Bu araştırmada; Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi Yeniciftlik Mahallesi lokasyonunda buğday-ayçiçeği ekim nöbeti yapılan bazı arazilerin morfolojik, fiziksel, kimyasal özellikleri saptanarak toprak taksanomisine göre sınıflaması yapılmıştır. Profil tanımlamaları yapılan araziler genetiksel horizon esasına göre örneklenip, fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmış ve topraklar alt grup seviyesinde sınıflandırılmıştır. Buğday-ayçiçeği ekim nöbetine tabi tutulan bu toprakların toprak ve topoğrafya özelliklerine göre uygun olan bitkilerden alternatif olabilecek bitki desenleri oluşturularak ekim nöbetine çeşitlilik katılması, oluşabilecek toprak yorgunluğunun önüne geçilebilmesi amacıyla bu çalışma gerçekleştirilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak sınıflandırması, entisol, inceptisol, vertisol, bitki deseni.

Formation of alternative crop patterns and classification, the specification of soils under wheat-sunflower planting

Abstract

In this study, morphological, physical and chemical characteristics of some of the landings of wheat-sunflower planting were determined in the neighborhood of Yeniciftlik of Marmara Ereğlisi District of Tekirdağ and classified according to soil taxonomy. The profiles were sampled according to the genetic horizon principle, physical and chemical analysis were made and the soil was classified on the subgroup basis. This study has been carried out in order to prevent the soil fatigue which may be formed by participating diversity in planting seizure by creating plant patterns which can be alternative according to soil and topography characteristics of these soils subjected to wheat-sunflower planting.

Keywords: Soil classification, entisol, inceptisol, vertisol, crop pattern.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak, ana materyalin, iklim ve canlıların belirli bir zaman sürecinde topoğrafyanın yönlendirici etkisiyle ayrışması sonucu oluşur. Toprak oluşumuna etken olan olaylarda meydana gelen değişiklikler fiziksel, kimyasal ve morfolojik olarak farklı toprak tiplerini oluşturur. Toprak insanlara geçmişte olduğu gibi gelecekte de yaşam ortamı oluşturacak sınırlı, belli şartlara bağlı olarak yenilenebilir doğal kaynaktır. Yanlış arazi kullanımları arazi bozunumuna neden oluyor, bu nedenle yanlış arazi kullanımlarının önlenmesi için toprakların uygun kullanımlarının belirlenmesi, bunun içinde toprakların detaylı haritalarının yapılması gerekmektedir. Arazi toplulaştırması, sulama ve drenajın planlaması, kırsal arazi sınıflandırılması, arazi kullanım planlaması, amenajman uygulamalarının planlaması, tarımsal üretim planlaması çalışmalarında koordinasyonu ayrıntılı toprak haritaları sağlar. Farklı tarlalarda hatta aynı tarla içindeki farklı toprak çeşitlerine uygulanacak doğru amenajman pratikleri toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bilinmesiyle sağlanır. Bu araştırmada; araziler genetiksel horizon esasına göre örneklenip, analizleri yapılmış ve toprakların alt grup seviyesinde sınıflandırılmaları yapılmıştır. Bu çalışmada sürekli buğday-

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 282 2502203

E-posta : dboyraz@nku.edu.tr

Geliş Tarihi : 10 Nisan 2018

Kabul Tarihi : 10 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

ayçiçeği ekim nöbetine tabi tutulan farklı ordodaki toprakların uzun zaman periyodunda oluşmuş toprak özelliklerinin belirlenmesi ve topraklarda oluşabilecek toprak yorgunluğunun önlenmesi için ekim nöbetine alternatif olabilecek bitki deseninin oluşturulması amaçlanmıştır. Bunun için bitkilerin toprak isteklerine göre oluşturulan tarımsal kullanıma uygunluk sınıfları oluşturularak alternatif olarak yetiştirilebilecek bitki deseninin oluşturulması ve buna göre ekim nöbeti uygulaması yapılmalıdır.

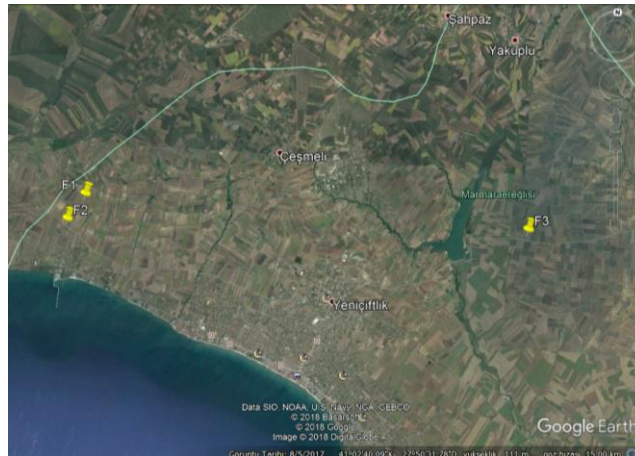
Materyal ve Yöntem

Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi Yeniçiftlik Mahallesi'nde yer alan profil F1 41°01'54" kuzey ve 27°46'07" doğu, profil F2 41°01'31" kuzey ve 27°45'48" doğu, profil F3 41°01'54" kuzey ve 27°54'41" doğu koordinatlarında yer almaktadır. Tekirdağ İli'nde 1960- 2015 yılları içinde gerçekleşen yıllık ortalama sıcaklık 14,1 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 586,3 mm, yıllık ortalama nisbi nem % 77,66'dır. Araştırma alanı toprakları xeric nem rejiminde ve thermic toprak sıcaklığı rejiminde saptanmıştır (Dinç ve ark., 1997)

Çalışma noktalarının saptanması için Topraksu Genel Müdürlüğü'nün (Anonim, 1972) Tekirdağ İli Toprak Varlığı Envanter Haritasından (1/100.000) ve 1/25.000 ölçekli topoğrafik haritalardan yararlanılmış ve arazi gözlemleri ile profillerin yerleri saptanmıştır. Her bir ordoyu temsil edecek profil çukurları açılmıştır. Araştırma profillerinin her bir genetiksel horizonunda morfolojik incelemeler yapılmıştır (Soil Survey Division Staff, 1993). Araştırma alanındaki toprakların renklerinin belirlenmesinde, Munsell Soil Color Charts (1998)'dan yararlanılmıştır. Toprakların sınıflandırılmaları, Eski Toprak Sınıflandırma Sistemi (Thorp ve Smith, 1949), FAO/UNESCO Sınıflandırma Sistemi (FAO, 2015) ve Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014) göre yapılmıştır. Araştırma alanında belirlenen horizonları açıklayıcı bir biçimde tanımlamak ve toprakların özelliklerini ortaya çıkarmak amacıyla alınan toprak örneklerinde çeşitli analizler yapılmıştır. Tane büyüklüğü dağılımı (Tekstür) hidrometre metoduna göre saptanmıştır (Soil Survey Staff, 1963). Tekstür sınıflarının isimlendirilmelerinde tekstür üçgeninden faydalanılmıştır (Soil Survey Division Staff, 1993). Toprak reaksiyonu (pH) su ile 1/ 2,5 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonlarında cam elektrotlu pH ile saptanmıştır (Jackson, 1958). Kireç Tayini (%) volümetrik kalsimetre metodu ile tayin edilmiştir (Sağlam, 2001). Tuz konsantrasyonu ($\mu\text{s}/\text{cm}$) 1/2,5 oranında sulandırılmış toprak süspansiyonlarında elektriki kondaktivite aleti ile ölçülerek saptanmıştır (Richards, 1954). Yarayışlı, demir, çinko, bakır ve mangan (ppm) DTPA ve TEA karışım ekstraksiyon çözeltisinden elde edilen ekstrakt Perkin Elmer Optima 7300 ICP aletinde okunmuştur (Lindsay and Norwell, 1978). Organik Madde Miktarları (%) Walkley Black metoduna göre, Değişebilir Katyonlar (ppm) Ca^{++} , Mg^{++} ve K^{+} Amonyum Asetat kullanılarak ekstrakte edilerek Perkin Elmer Optima 7300 ICP aletinde okunmu, Yararlı Fosfor (kg/da P_2O_5) sodyum bikarbonatta çözünebilen fosfor yöntemi ile yapılmıştır (Sağlam, 2001). Bitkilerin topraklara uygunluk sınıfları; toprak derinliği, yüzey taşlılığı, profil derinliğindeki taşlılık, eğim, drenaj, tekstür sınıfı, organik madde (profilin kireçlilik durumuna göre), tuzluluk, alkalilik, kireç, pH, baz doygunluğu özelliklerine göre belirlenmiştir (Cangir, 1988; Mc Rae et al., 1981; Sys et al., 1991a,b,1993; Anonim, 2008).

Bulgular ve Tartışma

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ İli Marmara Ereğlisi İlçesi Yeniçiftlik Mahallesi lokasyonundaki profillerin yerlerinin Google Earth görüntüsü Şekil 1'de, Profil 1, 2 ve 3'e ait horizonlar Şekil 2, 3 ve 4'te, profillerin kimyasal ve fiziksel analiz sonuçları Çizelge 1, 2, 3, 4, 5 ve 6'da verilmektedir.



Şekil 1. Profil noktalarını gösterir Google Earth görüntüsü (Anonim, 2018)

Çizelge 1. Profil F1'e ait fiziksel ve kimyasal toprak analiz sonuçları

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

Çizelge 2. Profil F1'e ait toprakların bitki besin elementleri analiz sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P ₂ O ₅ (kg/da)
Ap 0- 17 cm	8072	189,6	287,2	0,869	0,923	2,262	0,267	2,93
Ad 17- 37 cm	8018	164,1	273,8	0,898	1,102	2,159	0,120	2,24
A 37- 60 cm	8035	130,1	317,1	0,809	1,375	2,406	0,053	0,77
ACk 60- 76 cm	7512	106,8	270,4	0,591	1,578	3,153	0,040	0,70
CAk 76- 92 cm	7180	83,77	322,7	0,452	1,355	2,329	0,032	0,56
Ck 92+ cm	6774	60,30	389,0	0,219	1,608	0,976	0,037	0,49



Şekil 2. F1 Nolu Araştırma Profilinin Görünümü

Profil: F1**Bölge:** Yeniçiftlik- Marmara Ereğlisi- Tekirdağ.**Mevki:** Kartaltepe. Köy içinden eski Tekirdağ yolu üzerindeki Aytepe Mevkii'nin 800 m ilerisindeki çeşmenin yanından 500 m sağda.**Koordinatlar:** 41°01'54" Kuzey ve 27°46'07" Doğu.**Denizden Yükseklik:** 100 m**Vejetasyon:** Çok bol doğal çayır otları.**Ana Materyal:** Kireçli kil çökelleri.**Fizyografya:** Düz- düze yakın.**Çevredeki arazinin şekli:** İç bükey.**Mikrotopografya:** Yok.**Eğim:** Düz (% 0- 2), Hafif Eğimli (% 2- 6).**Erozyon:** Eğimli yamaçlarda yüzey erezyonu.**Geçirgenlik:** Orta derecede yavaş.**Drenaj:** İyi.**Sulama durumu:** Yok.**Taban suyu derinliği:** Çok derin.**Taşlılık, kayalılık:** Yok.**Tuzluluk ve Alkalilik:** Yok.**Arazi kullanması:** Buğday- Ayçiçeği ekim nöbeti.**Nemlilik:** 25 cm altı.**Eski Sınıflama:** Kahverengi Büyük Toprak Grubu.**FAO/ UNESCO:** Calcaric Regosol (Rc).**Toprak Taksonomisi:** Typic Xerorthent**F1 Profilinin Morfolojik Özellikleri**

Ap 0- 17 cm. Koyu sarımsı kahverengi (10 YR 3/4, nemli), kahverengi (10 YR 4/3, kuru); kil; zayıf, küçük, yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, borusal porlar; ince ve çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; düz sınır.

Ad 17- 37 cm. Koyu sarımsı kahverengi (10 YR 3/4, nemli), kahverengi (10 YR 4/3, kuru); kil; masif, parçalandığında kuvvetli, orta yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile şiddetli köpürme; düz sınır.

A 37- 60 cm. Koyu sarımsı kahverengi (10 YR 3/4, nemli), kahverengi (10 YR 4/3, kuru); kil; masif parçalandığında orta, çok küçük yarı köşeli blok strüktür; orta derece sert, dağılgan hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; düz sınır.

ACk 60- 76 cm. Açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 5/3, nemli), açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 6/3, kuru); kil; masif, parçalandığında zayıf, çok küçük, yarı köşeli blok strüktür; orta derece sert, dağılgan, hafif yapışkan ve hafif plastik; ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; düz sınır.

- CAk 76- 92 cm.** Açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 6/4, nemli), soluk sarı (2,5 Y 7/3, kuru); kil; masif parçalandığında zayıf çok küçük yarı köşeli blok strüktür; hafif sert, dağınık, hafif yapışkan ve hafif plastik; ince, bol, borusal porlar; % 10 HCl ile köpürme şiddetli ve devamlı; dalgalı sınır.
- Ck 92 + cm.** Açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 5/4, nemli), soluk sarı (2,5 Y 7/3, kuru); siltli kil; masif; hafif sert, dağınık, hafif yapışkan ve hafif plastik; ince, bol borusal porlar; % 10 HCl ile köpürme şiddetli ve devamlı; 1-3 cm çaplı belirgin olmayan kireç nodülleri.

Profil F1'de **Cangir (1991)**'e göre 0- 92 cm derinliğe kadar yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kil, Ck horizonunun siltli kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki tüm horizonlarda hafif alkali reaksiyondadır. Profilde tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde oranları profil derinliği içinde düzenli azalma göstermekte, Ap ve Ad horizonlarında az, 37- 92+ cm derinlikte yer alan diğer horizonlarda çok az düzeydedir. Profilin 0- 37 cm arasında yer alan Ap ve Ad horizonları kireçli, 37- 92 cm derinlikleri arasında yer alan A_{Ck} ve CA_k horizonları çok kireçli, 92+ cm derinlikteki C_k horizonu çok fazla kireçli düzeydedir. Profil derinliği içinde yer alan tüm horizonlarda **Güçdemir ve ark. (2008)**'e göre; faydalı fosfor çok az, faydalı kalsiyum fazla, faydalı magnezyum yeterli, yarayışlı bakır yeterli, yarayışlı demir orta düzeydedir. Profilde yer alan tüm horizonlarda (**FAO, 1990**)'a göre; yarayışlı mangan çok az, yarayışlı çinko 0- 17 cm'de yer alan Ap horizonunda az, 17- 92+ cm profil derinliğindeki diğer tüm horizonlarda çok az düzeydedir. Faydalı potasyum 0- 37 cm derinlikteki Ap ve Ad horizonlarında yeterli, 37- 92+ cm derinlikteki diğer horizonlarda az düzeydedir (**Alparslan ve ark., 1988**). Kartaltepe Mevkii Entisol Ordosu içinde Typic Xerortent Alt Grubunda sınıflandırılmıştır. Bu arazilere gelen malzeme yakın dönem içinde akarsular ile taşınan alüviyal çökellerdir. Bunların üzerinde illüviyal horizonların oluşması için yeterli zaman geçmemiştir ve "B" horizonlarına sahip değildir. (**Soil Survey Staff, 2014**).

Çizelge 3. Profil F2'e ait fiziksel ve kimyasal toprak analiz sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	pH (1/2.5 toprak-su)	EC (µs/cm)	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
Ap 0- 25	7,35	267	1,07	0,96	26,92	47,08	26,00	Kil (C)
Bw1 25- 52	7,11	107	0,65	1,13	26,92	49,04	23,64	Kil (C)
Bw2 52- 82	7,51	177	0,43	2,44	26,92	47,44	25,64	Kil (C)
BC 82- 101	7,71	202	0,35	8,19	24,20	49,80	26,00	Kil (C)
C1 101- 127	7,83	217	0,31	9,75	22,20	51,80	26,00	Kil (C)
C2 127+	8,03	280	0,08	13,28	26,20	45,80	28,00	Kil (C)

Çizelge 4. Profil F2'e ait toprakların bitki besin elementleri analiz sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	Ca (ppm)	K (ppm)	Mg (ppm)	Cu (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	P ₂ O ₅ (kg/da)
Ap 0- 25	5499	153,8	867,8	1,271	1,759	5,916	0,113	4,40
Bw1 25- 52	4549	137,4	1315	1,211	1,435	2,583	0,050	0,63
Bw2 52- 82	6084	145,9	1799	1,069	1,268	1,533	0,047	0,49
BC 82- 101	5488	131,9	2189	0,942	1,118	0,824	0,041	0,77
C1 101- 127	5373	130,5	2449	0,972	0,939	0,678	0,028	0,28
C2 127+	4973	108,3	2678	0,653	0,640	0,248	0,030	0,14



Şekil 3. F2 Nolu Araştırma Profilinin Görünümü

Profil: F2

Bölge: Yeniçiftlik- Marmaraeğlisi- Tekirdağ.

Mevki: İncirli. Tekirdağ İstanbul yolu üzerinden Köprüce yoluna girildikten sonra 1,5 km ilerde yolun sağında.

Koordinatlar: 41°01'31" Kuzey ve 27°45'48" Doğu.

Denizden Yükseklik: 50 m

Vejetasyon: Doğal çayır otları (hardal, gelincik).

Ana Materyal: Kil çökelleri.

Fizyografya: Dalgalı arazi.

Çevredeki arazinin şekli: Doğrusal eğim.

Mikrotopografya: Yok.

Eğim: Hafif Eğimli (% 2- 6).

Erozyon: Hafif yüzey erozyonu.

Geçirgenlik: Orta derece yavaş.

Drenaj: Orta.

Sulama Durumu: Yok.

Taban suyu derinliği: 170 cm'de

Taşlılık, kayalılık: Yok.
Tuzluluk ve Alkalilik: Yok.
Arazi kullanması: Buğday- Ayçiçeği ekim nöbeti.
Nemlilik: 25 cm altı.
Eski Sınıflama: Kireçsiz Kahverengi Büyük Toprak Grubu.
FAO/UNESCO: Eutric Cambisol (CMe).
Toprak Taksonomisi: Typic Haploxerept.

F2 Profilinin Morfolojik Özellikleri

- Ap 0- 25 cm.** Koyu grimsi kahverengi (2,5 Y 4/2, nemli), açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 5/3, kuru); kil; zayıf, küçük, yarı köşeli blok strüktür; çok sert, son derece sıkı, hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, borusal porlar; çok ince, orta az, kökler; % 10 HCl ile köpürme yok; düz sınır.
- Bw₁ 25- 52 cm.** Zeytuni kahverengi (2,5 Y 4/3, nemli), açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 5/3, kuru); kil; kuvvetli, orta ve iri yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, hafif yapışkan ve hafif plastik; ince, az, borusal porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme yok; düz sınır.
- Bw₂ 52- 82 cm.** Zeytuni kahverengi (2,5 Y 4/3, nemli), grimsi kahverengi (2,5 Y 5/2, kuru); kil; kuvvetli, küçük, yarı köşeli blok strüktür; hafif sert, dağınık, hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme hafif; dalgalı sınır.
- BC 82- 101 cm.** Zeytuni kahverengi (2,5 Y 4/3, nemli), açık kahverengimsi gri ile açık sarımsı kahverengi arası (2,5 Y 6/2,5, kuru); kil; masif, parçalandığında zayıf, küçük yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, hafif yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok küçük, az kökler; % 10 HCl ile köpürme az; çok az noktasal, çizgisel kireç izleri; dalgalı sınır.
- C₁ 101- 127 cm.** Zeytuni kahverengi (2,5 Y 4/3, nemli), açık zeytuni kahverengi (2,5 Y 5/3, kuru); kil; masif; sert, sıkı, hafif yapışkan ve plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; az noktasal 0,5- 1,5 cm çaplı kireç benekleri; açık sınır.
- C₂ 127+ cm.** Zeytuni gri (5 Y 5/2, nemli), açık zeytuni gri (5 Y 6/2, kuru); kil; masif; orta derece sert, sıkı, yapışkan ve plastik; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; sarımsı, grimsi gleyleşme izleri.

Profil F2'de [Cangir \(1991\)](#)'e göre tüm profilde yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki 0- 52 cm arasında bulunan Ap ve Bw₁ horizonlarında nötral, 52- 127 cm derinlikte bulunan Bw₂, BC ve C₁ horizonlarında hafif alkali, 127+ cm derinlikteki C₂ horizonunda orta derece alkali reaksiyondadır. Inceptisol Ordosunda tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde oranları profil derinliği içinde düzenli azalma göstermekte olup, Ap horizonunda az, 25- 127+ cm derinlikteki diğer horizonlarda çok az düzeydedir. Profilin 0- 25 cm arasında yer alan Ap horizonu çok az kireçli, 25- 82 cm derinlik arasında yer alan Bw₁ ve Bw₂ horizonları az kireçli, 82- 127 cm derinlikteki BC ve C₁ horizonları kireçli, 127+ cm derinlikteki C₂ horizonu çok kireçli düzeydedir. Inceptisol Ordosunda faydalı fosfor Ap horizonunda az, 25- 127+ cm derinlikte yer alan tüm horizonlarda çok az; profilde yer alan tüm horizonlarda faydalı kalsiyum fazla, yarayırlı bakır yeterli, yarayırlı demir orta; faydalı magnezyum 0- 52 cm derinlikte yer alan Ap ve Bw₁ horizonlarında fazla, 52- 127+ cm de bulunan diğer tüm horizonlarda [Güçdemir ve ark. \(2008\)](#)'e göre çok fazla düzeydedir. Yarayırlı çinko profil derinliğinde yer alan tüm horizonlarda çok az; yarayırlı mangan 0- 25 cm de yer alan Ap horizonunda az, 25- 127+ cm profil derinliğindeki diğer tüm horizonlarda ([FAO, 1990](#))'a göre çok az düzeydedir. Faydalı potasyum 0- 25 cm derinlikteki Ap horizonunda yeterli, 25- 52 cm derinlikte bulunan Bw₁ horizonunda az, 52- 82 cm derinlikte bulunan Bw₂ horizonunda yeterli, 82- 127+ cm derinlikte yer alan diğer tüm horizonlarda ([Alparslan ve ark. 1988](#))'e göre az düzeydedir. Bir Cambic "B" horizonuna sahip veya bir başka ifadeyle belirgin strüktür gelişimi ve/veya altındaki ve üstündeki horizonlara göre Chroma (kroma)'nın düşük olduğu ve belirgin bir renk ayrıcalığı olan "B" horizonunun yer aldığı toprak profillerine sahip İncirli mevki Inceptisol Ordosunda sınıflandırılmıştır. Xeric (Kserik) nem rejimindeki bu topraklar, Xerept Alt Ordosunun kendine özgü, tipik tüm özelliklerini göstererek Typic Haploxerept Alt Grubunda belirlenmiştir.

Çizelge 5. Profil F3'e ait fiziksel ve kimyasal toprak analiz sonuçları

Horizon Derinlik (cm)	pH (1/2.5 toprak-su)	EC (µs/cm)	Organik Madde (%)	Kireç (%)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Tekstür Sınıfı
Ap 0-15	7,33	186	1,18	1,22	32,20	47,44	20,36	Kil (C)
Ad 15- 39	7,30	141	1,07	1,04	32,20	47,44	20,36	Kil (C)
Ass1 39- 76	7,55	144	0,48	2,96	34,20	49,44	16,36	Kil (C)
Ass2 76- 97	7,72	173	0,54	5,39	33,28	48,72	18,00	Kil (C)
AC 97- 116	8,20	213	0,32	6,10	34,92	50,72	14,36	Kil (C)
Ck 116+	8,48	280	0,30	10,97	31,28	48,72	20,00	Kil (C)

Çizelge 6. Profil F3'e ait toprakların bitki besin elementleri analiz sonuçları

Horizon	Ca	K	Mg	Cu	Fe	Mn	Zn	P ₂ O ₅
Derinlik (cm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(ppm)	(kg/da)
Ap 0- 15	6573	233,8	687,3	0,918	1,248	3,779	0,318	11,04
Ad 15- 39	6418	169,2	699,4	0,850	1,066	1,876	0,112	5,66
Ass1 39- 76	7428	149,3	1091	0,876	1,139	1,095	0,038	1,19
Ass2 76- 97	6871	168,7	1323	0,973	1,315	1,274	0,037	0,91
AC 97- 116	6368	125,8	1471	0,945	1,054	1,163	0,038	0,84
Ck 116+	6255	132,7	1520	1,016	1,224	1,709	0,035	0,77



Şekil 4. F3 Nolu Araştırma Profilinin Görünümü

Profil: F3**Bölge:** Yeniçiftlik- Marmaraeğlisi- Tekirdağ.**Mevki:** Karakova. Yeniçiftlik Yakuplu yolu üzerinde gölet yolu göletten 3 km ileride sağda.**Koordinatlar:** 41°01'54" Kuzey ve 27°54'41" Doğu.**Denizden Yükseklik:** 86 m.**Vejetasyon:** Bol doğal çayır otları.**Ana Materyal:** Kireçli kil çökelleri.**Fizyografya:** Hafif dalgalı.**Çevredeki arazinin şekli:** Doğrusal.**Mikrotopografya:** Yok/ Çok hafif.**Eğim:** Hafif Eğimli (% 2- 4).**Erozyon:** Yok.**Geçirgenlik:** Zayıf.**Drenaj:** Orta- Zayıf.**Sulama Durumu:** Yok.**Taban suyu derinliği:** Çok derin.**Taşlılık, kayalılık:** Yok.**Tuzluluk ve Alkalilik:** Yok.**Arazi kullanması:** Buğday- Ayçiçeği ekim nöbeti.**Nemlilik:** 20 cm altı.**Eski Sınıflama:** Grumusol Büyük Toprak Grubu.**FAO/UNESCO:** Chromic Vertisol (VRx).**Toprak Taksonomisi:** Typic Haploxerert.**F3 Profilinin Morfolojik Özellikleri**

Ap 0- 15 cm. Çok koyu grimsi kahverengi (10 YR 3/2, nemli), koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2, kuru); kil; kuvvetli, orta, yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, borumsu porlar; ince ve çok ince, çok kökler; % 10 HCl ile köpürme yok; düz sınır.

Ad 15- 39 cm. Çok koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2, nemli), koyu grimsi kahverengi ile kahverengi arası (10 YR 4/2,5, kuru); kil; masif, parçalandığında zayıf, orta ve küçük yarı köşeli blok strüktür; sert, sıkı, yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; ince ve çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme yok; düz sınır.

Ass₁ 39- 76 cm. Koyu gri (10 YR 4/1, nemli), çok koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2 kuru); kil; kuvvetli, küçük prizmatik strüktür; çok sert, çok sıkı, yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, borumsu porlar; ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme yok; açık sınır.

Ass₂ 76- 97 cm. Koyu gri (10 YR 4/1, nemli), koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2, kuru); kil; kuvvetli, orta ve iri prizmatik strüktür; çok sert, çok sıkı, yapışkan ve hafif plastik; çok ince, az, borumsu porlar; ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme çok az; açık sınır.

AC 97- 116 cm. Grimsi kahverengi (10 YR 5/2, nemli), koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2, kuru); kil; zayıf, küçük prizmatik ve kolumnar strüktür; çok sert, çok sıkı, yapışkan ve plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme orta; hafif dalgalı sınır.

Ck 116 + cm. Grimsi kahverengi ile koyu grimsi kahverengi (10 YR 4,5/2, nemli), koyu grimsi kahverengi (10 YR 4/2, kuru); kil; masif; son derece sert, hafif katı, yapışkan ve çok plastik; çok ince, az, düzensiz porlar; çok ince, az kökler; % 10 HCl ile köpürme şiddetli; 0,5- 1 cm'lik belirgin kireç benekleri.

Profil F3'ün tüm profilinde yer alan horizonların toprak tekstür sınıfı kildir. Toprak reaksiyonu (pH) profildeki 0- 39 cm arasında bulunan Ap ve Ad horizonlarında nötral, 39- 97 cm derinlikte bulunan Ass1 ve Ass2 horizonlarında hafif alkali, 97- 116+ cm derinlikteki AC ve Ck horizonlarında orta derece alkali reaksiyondadır. Vertisol Ordosunda tuzluluk sorununa rastlanmamıştır. Organik madde düzeyi 0- 39 cm arasında az, 39- 116+ cm arasında çok az düzeydedir. Profilin 0- 76 cm arasında yer alan Ap, Ad ve Ass1 horizonları az kireçli, 76- 116 cm derinlik arasında yer alan Ass2 ve AC horizonları kireçli, 127+ cm deki Ck horizonu çok kireçli düzeydedir. Vertisol Ordosunda faydalı fosfor Ap horizonunda fazla, 15- 39 cm de yer alan Ad horizonunda az, 39- 116+ cm profil derinliği içinde yer alan diğer horizonlarda çok az; profilde yer alan tüm horizonlarda faydalı kalsiyum fazla, yarayışlı bakır yeterli, yarayışlı demir orta; faydalı magnezyum 0- 116 cm derinlikte yer alan tüm horizonlarda fazla, 116+ cm de bulunan Ck horizonunda Güçdemir ve ark. (2008)'na göre çok fazla düzeydedir. Yarayışlı çinko 0- 15 cm de yer alan Ap horizonunda az, 15- 116+ cm profil derinliğindeki diğer tüm horizonlarda çok az; yarayışlı mangan profilde yer alan tüm horizonlarda (FAO, 1990) çok az düzeydedir. Faydalı potasyum 0- 97 cm derinlik arasında yer alan tüm horizonlarda yeterli, 97- 116+ cm derinlik arasında yer alan AC ve Ck horizonlarında (Alparslan ve ark., 1988) az düzeyindedir. Araştırma alanında; yüzeyden itibaren profil derinliği içerisinde 100 cm kalınlıkta parlak yüzeylerin varlığı, ana gövde içindeki horizonların % 30'dan fazla kil fraksiyonu içerdiği ve periyodik olarak çatlakların açılıp kapanma gösterdiği Karakova Mevkii Vertisol Ordosu içinde Typic Haploxerert Alt Grubunda sınıflandırılmıştır. Profilin 15-39 cm'leri arasında oluşan Ad horizonu sürekli aynı derinlikten uygun nem koşullarında işlenmesi ve toprağın sıkışması nedeniyle oluşmuştur. Çelik ve Akça (2017) yüksek su tutabilen killeri içeren ve uygun nem koşullarında işlenmeyen topraklarda sıkışma sonucunda pulluk altı katmanı gelişebileceğini ortaya koymuşlardır.

Sonuç

Kartaltepe Mevkii toprakları Thorp ve Smith (1949)'in Eski Sınıflandırma Sistemine göre Kahverengi Büyük Toprak Grubunda, FAO/UNESCO (2015) Toprak Sınıflama Sistemine göre Calcaric Regosol Toprak Biriminde, Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014)'ne göre Entisol Ordosunda Typic Xerorthent alt grubunda; İncirli Mevkii toprakları Thorp ve Smith (1949)'in Eski Sınıflandırma Sistemine göre Kireçsiz Kahverengi Büyük Toprak Grubunda, FAO/UNESCO (2015) Toprak Sınıflama Sistemine göre Eutric Cambisol Toprak Biriminde, Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014)'ne göre İnceptisol Ordosunda Typic Haploxerept alt grubunda; Karakova Mevkii toprakları Thorp ve Smith (1949)'in Eski Sınıflandırma Sistemine göre Grumusol Büyük Toprak Grubunda, FAO/ UNESCO (2015) Toprak Sınıflama Sistemine göre Chromic Vertisol Toprak Biriminde, Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff 2014)'ne göre Vertisol Ordosunda Typic Haploxerert alt grubunda sınıflandırılmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 7. Model Profillerin Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014), FAO/UNESCO Toprak Sınıflama Sistemi (2015) ve Eski Sınıflama Sistemi (Thorp ve Smith, 1949)'ne Göre Değerlendirilmesi.

Toprak Taksonomisi				Eski Sınıflama	FAO/UNESCO
Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup		
Entisol	Orthent	Xerorthent	Typic Xerorthent	Kahverengi BTG	CalcaricRegosol
İnceptisol	Xerept	Haploxerep	Typic Haploxerept	Kireçsiz Kahverengi BTG	Eutric Cambisol
Vertisol	Xerert	Haploxerert	Typic Haploxerert	Grumusol BTG	ChromicVertisol

Buğday- ayçiçeği yetiştirilen toprakların ekim nöbetine alternatif olabilecek çeşitli bitkilerin bu topraklara uygunluk dereceleri toprak derinliği, yüzey taşlılığı, profil derinliğindeki taşlılık, eğim, drenaj, tekstür sınıfı, organik madde (profilin kireçlilik durumuna göre), tuzluluk, alkalilik, kireç, pH, baz doygunluğu özelliklerindeki farklılıklara göre sınıflandırılması yapılmış ve Çizelge 8'de verilmiştir (Cangir, 1988; Mc Rae et al., 1981; Sys et al., 1991a,b,1993; Anonim, 2008). Toprak özellikleri açısından F1 ve F2 profilleri havuç ve kabak- salatalık hariç diğerlerine birinci ve ikinci uygunluk derecelerindedirler. İkinci uygunluk sınıfında olanların ikinci dereceye yükseltmesinin nedeni çoğunlukla tekstür sınıfının kil tekstür sınıfında olmasından kaynaklanmaktadır. F3 profili Vertisol ordosunda sınıflandırılmış olup tekstürün kil tekstür olması ve drenajın yavaş olması nedeniyle kültür bitkilerine S2 ve S3 uygunluk sınıfında sınıflandırılmıştır. Mısır bitkisi sulandığı için eğime hassasiyet göstererek eğimin arttığı yerlerde S2'de sınıflandırılmıştır. Domates kirece hassasiyet gösteren bir bitki olması sebebiyle F1 profili için ikinci uygunluk derecesindedir. Ekim nöbetine katılacak bitki seçiminde öncelikli S1 ve S2'den tercih edilmelidir. Başka seçenekler olmadığı durumlarda S3'de tercih edilebilir ancak amenajman uygulamalarına daha çok özen gösterilmelidir.

Çizelge 8. Model profillerin çeşitli tarımsal kullanımlara uygunluk sınıfları

Bitki Türleri	F1	F2	F3
Arpa	S1	S1	S2d
Çavdar	S1	S1	S2d
Mısır	S1-S2e	S2e	S2d
Soya	S1	S1	S2d
Kanola	S2t	S2t	S3d
Patates	S2t	S2t	S3d
Havuç	S3t	S3t	S3td
Soğan-sarımsak-pırasa	S2t	S2t	S2td
Biber- patlıcan	S1-S2e	S2e	S2etd
Kavun- karpuz	S2t	S2t	S2d
Kabak- salatalık	S3t	S3t	S3td
Domates	S2k	S1	S2td
Fasulya	S1	S1	S2d
Bakla- bezelye	S1	S1	S2d
Lahana	S1	S1	S2d
Nohut- mercimek	S2t	S2t	S3d
Yonca	S1	S2	S3d
Macar fiğ	S1	S1	S2d
Korunga	S1	S1	S1

Sınıf yükselten sorunları: e: eğim; t: tekstür; d: drenaj; k: kireç

Arazi Uygunluk Sınıfı	Ürün*	Girdiler** ve Açıklama
S1 Yüksek derecede uygun	> 85	Bir kullanım türünün sürekli uygulanması durumuna karşı önemli bir sınırlamaya sahip olmayan veya üretkenliği veya karlılığı önemli ölçüde azaltmayacak ve girdileri kabul edilebilir bir düzeyin üzerine çıkarmayacak önemsiz sınırlandırmaları olan arazilerdir.
S2 Orta derecede uygun	60-85	Bir kullanım türünün sürekli uygulanması durumuna karşı toplu olarak orta derecede sınırlamalara sahip olan arazilerdir. Sınırlandırmaları sağlayan özürler üretkenliği veya karlılığı azaltır ve gerekli olan girdilerin düzeyini arttırırken; arazinin kullanılması ile elde edilecek tüm avantajlar yine de çekiciliğini sağlar. Ancak Sınıf 1 (S1)'deki araziden beklenen üretkenlikten, önemli bir ölçüde aşağıdadır. Tatbik edilebilirliğin ve ekonomikliğin ikisine de muhtemelen uyan girdilere ihtiyaç vardır.
S3 Marjinal (Sınırsal, az derecede) uygun	40-60	Bu kullanım türünün sürekli uygulanması durumuna karşı, toplu olarak şiddetli (ciddi) sınırlamalara sahip olan arazilerdir. Sınırlandırmaları sağlayan özürler üretkenliği veya karlılığı azaltır ve gerekli olan girdilerin düzeyini arttırırken; bu harcama yalnız marjinal derecede karlılığı sağlar. Tatbik edilen fakat uygun şartlar altında ekonomik olan girdilere ihtiyacı vardır.
N1 Geçici uygun değil	25-40	İşlenen kullanım türüne şimdilik uygun olmayan arazilerdir. Günümüzdeki şartlarda maliyet yönünden üretkenliği belirli bir sınırlamalara sahiptir. Ancak zamanla bu özürlerin ortadan kalkabileceği de göz önüne alınmalıdır. Sınırlandırmalar arazilerin istenilen düzeyde başarılı ve sürekli kullanılmasını önleyecek kadar şiddetlidir.
N2 Sürekli uygun değil	< 25	Girdi ve amenajman uygulamaları göz önüne alındığında asla ekonomik olmayan arazilerdir. İstenilen kullanım türüne karşı arzu edilen biçimde başarılı ve sürekli kullanma ihtimalini engelleyecek boyutta şiddetli sınırlandırmalara sahiptir.

* Optimum şartlar altında ürünün yüzdesi olarak beklenen mahsul verimliliği.

** Optimum şartlar altında % 85'den fazla ürün eldesini sağlayan, özel nitelikli arazilerdeki girdi ve amenajman uygulamaları

Sonuç olarak; ürün deseni için bölge ve ülke genelinde ayrıntılı toprak sınıflandırması yapılması gerekmektedir. Entisol Ordosu tüm Türkiye'de yayılım alanı en fazla olan; alüvyal, kolüvyal ana materyallerin üstünde orta veya daha fazla eğimli erozyona uğramış bölgelerde yer alan topraklardır. Entisol ordosu bölgemizde Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinde toprak taksonomisine göre 533.736 ha yayılım alanı ile % 28,18 oranında bulunmaktadır. Bu toprakların verimlilik düzeyleri konumlarına göre ekstrem değerlerdedir. Yeni oluşmuş derin alüvyal tortullar üzerindeki özellikle orta tekstür sınıftaki araziler yüksek derecede mahsuldarken; kurak kumul ve kaba tekstür sınıftaki topraklar ile anakaya üzerindeki sığ toprakların mahsuldarlık düzeyleri çok düşüktür. Gevşek anamateryal üzerindeki ve orta tekstür

sınıftaki topraklar sulandıklarında ve gübrelendiklerinde verimlidir (Cangir ve ark., 2005). İnceptisol Ordosu yüksek derecede ayrışma olaylarının görülmediği, alt horizonlarında strüktürün iyi geliştiği, kil yıkanması olmayan, kurak toprak nem rejiminde yer almayan, yarı ılıman ve ılıman iklim koşullarının Entisollerden sonra Orta Anadolu'nun dışında, değişen oranlarda en çok alan kaplayan topraklardır. İnceptisol ordosu bölgemizde Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinde toprak taksonomisine göre 524.925 ha yayılım alanı ile % 27,71 oranında bulunmaktadır (Cangir ve ark., 2005). Vertisol Ordosu ağır veya çok ağır tekstürlü, yüksek oranda su ve besin elementi tutabilme özelliği olan, yatayla 10 ve 60 derece açı yapan kama şekilli agregatları içeren şişme büzülme özelliğine sahip smektit kil mineralince zengin, bazalt gibi ferro magnezyum minerallerce zengin kayalar ve ağır tekstürlü çökeller üzerinde; Güneydoğu, Çukurova, Antalya, Burdur, Isparta (Akdağ), Ege (İzmir, Bornova, Menemen), Bafra (Kirazdağ), Doğu Anadolu (Muşova), Ergene Havzası (Trakya) bölgelerinde yaygındır. Vertisol ordosu bölgemizde Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinde toprak taksonomisine göre 320.167 ha yayılım alanı ile % 16,90 oranında bulunmaktadır (Cangir ve ark., 2005). Bu özelliğinden dolayı ayçiçeği bitkisinin gelişme döneminde ihtiyaç duyduğu suyu sağladığı için ayçiçeği yetiştiriciliğinde uygunluğu yüksektir. Bu arazilerden en iyi mahsuldarlığın sağlanabilmesi için uygulanması gereken doğru toprak amenajman kuramları doğrultusunda doğal nitelik ve yeteneklerine göre sürdürülebilir arazi yönetimiyle yönlendirilmesi gerekmektedir. Entisol Ordosunda 17-37 cm'ler arasında yer alan Ad horizonu yıllar boyunca ağır tarım alet ve makinaları ile yoğun işleme teknikleri altında pulluk katmanı denilen kompaksiyon olayına uğramıştır. Bu geçirimsiz kat havanın, ısının, suyun iletişimini ve bitki kök gelişimini olumsuz yönde etkiler. Bu durumu iyileştirmek için 37 cm'nin altındaki derinlikten çizel veya dipkazan ile toprağın en kuru olduğu zamanda yani yazın sonunda dip patlatma işlemiyle geçirimsiz katmanın kırılması gerekmektedir. Entisol ve İnceptisol toprak ordolarına ihtimar edilmiş (yanmış, fermentasyona uğramış, olgunlaştırılmış) ahır gübresi ve yeşil gübreleme toprakların organik madde oranlarını ve fiziksel koşullarını iyileştirmek amacıyla uygulanmalıdır. Bu topraklarda fosfor düzeyi düşük olduğundan fosforlu gübrelerin tohum altına verilmesine özen gösterilmelidir. Entisol Ordosunda potasyum düzeyi profilde 60 cm'den sonraki horizonlarda az olduğundan kültür bitkilerinin türüne göre gübre tavsiyesine potasyumlu gübrelerde eklenmelidir. Ayrıca; araştırmanın yapıldığı tüm toprak ordolarında verim ve kaliteyi arttırmak için eksiklikler doğrultusunda topraklara çinko ve mangan gübreleme uygulamasının yapılması önerilmektedir. Toprak Ordolarında yetiştirilecek ürünlerden alınacak bitki örneklerinin analizleri yapılarak ihtiyaçlar doğrultusunda yaprak gübrelemesi yapılmasının kalite ve verim artışını pozitif yönde arttıracığı düşünülmektedir. Toprak nemi aşırı sulama yapılmasını önlemede önemli bir faktördür. Su kaynakları doğru yönetilmeli, suyun daha etkin olarak kullanıldığı sulama yöntemleri belirlenmeli ve kuraklığa dayanıklı tohum çeşitleri geliştirilmelidir. Ülkemizde; Arazi Kullanım Planlaması, Kırsal Arazi Planlaması, Tarımsal Üretim Planlaması ve Toprak Amenajmanı Pojelerini yapabilmek için Ayrıntılı Toprak Haritalarının yapılması gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, Ferruh Feza Yılmaz'un Doktora Tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışmanın yürütülmesinde destek olan Namık Kemal Üniversitesi'ne teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Alparlan M, Güneş A, İnal A, 1988. Deneme Tekniği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1501, Ankara.
- Anonim 1972. Tekirdağ İli Toprak Kaynağı Envanter Haritası. Köy İşleri Bakanlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü. Toprak Etütleri ve Haritalama Dairesi. Arazi Tasnif Şubesi. Bakanlık Yayınları: 164. Genel Müdürlük Yayınları: 247, Raporlar Serisi: 36. Ankara.
- Anonim 2008. Toprak ve arazi sınıflaması standartları teknik talimatı ve ilgili mevzuat. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Anonim 2018. Google Earth Basarsoft, Data SIO, NOAA, US Navy, NGA, GEBCO.
- Cangir C, 1991. Toprak Bilgisi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 116, Ders Kitabı No: 5, 178s, Tekirdağ.
- Cangir C, Boyraz D, Haktanır K, 2005. Toprak Kaynakları ve Kullanımı. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Türkiye Ziraat Mühendisliği Teknik Kongresi, Cilt: 1, Milli Kütüphane Ankara.
- Cangir C, 1988. Önemli kültür bitkilerinin karakteristik toprak istekleri ve farklı kullanımlar için toprakların derecelenmesi ve sınıflaması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 54. Yardımcı Ders No:57. Tekirdağ.
- Çelik A, Akça E, 2017. Adıyaman'da eğimli akarsu seki topraklarının sürdürülebilir kullanımı için öneriler. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 27(1): 130-141.
- Diñç U, Şenol S, Kapur S, Atalay İ, Cangir C, 1997. Türkiye Toprakları. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:51. Ders Kitapları Yayın No:12. Adana.
- FAO 1990. Micronutrient, Assesment and the Country Level; An International Study. FAO Soils Bulletin 63, Rome, Italy.

- FAO 2015. World Reference Base For Soil Resources 2014, Uptade 2015 International Soil Classification System For Naming Soil and Creating Legends For Soil Maps. World Soil Resources Reports No: 106. FAO, Rome.
- Güçdemir İH, Keçeci M, Usul M, Özcan H, Polat H, 2008. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müdürlüğü Gübreler, Toprak Analizlerine Dayalı Gübreleme Tarım El Kitabı. Ankara.
- Jackson ML, 1958. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall Inc. Englewood Cliffs, N.J.
- Lindsay WL, Norwell WA, 1978. Development of DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Science Society America Journal* 42: 421- 428.
- Mc Rae, SG., Burnham C.P, 1981. Land Evaluation. Monographs on Soil Survey. Clarendon Pres, Oxford. UK.
- Munsell Soil Color Charts, 1998. Munsell Color. Gretag Macbeth, New Windsor, NY. USA.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. USDA, Handbook, No:60.
- Sağlam MT, 2001. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayın No: 189, Ders Kitabı No: 5, Tekirdağ.
- Soil Survey Division Staff, 1993. Soil Survey Manual, United States Department of Agriculture Handbook No: 18. Washington, DC. USA.
- Soil Survey Staff, 1963. Soil Survey Laboratory Methods and Procedures For Collecting Soil Samples. Soil Survey Investigation Report. No: 1 U.S.D.A. Washington.
- Soil Survey Staff, 2014. Keys to Soil Taxonomy by Soil Survey Staff. United States Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service. Twelfth Edition, USA.
- Sys C, Van Ranst E, Debaveye J, Bernaert F, 1993. Land Evaluation, Crop Requirements. Part III. Agricultural Publications No:7. International Training Center. Belgium.
- Sys C, Van Ranst E, Debaveye, J, 1991b. Land Evaluation, Method in Land Evaluation. Part II. Agricultural Publications No:7. International Training Center. Belgium.
- Sys C, Van Ranst, E, Debaveye, J, 1991a. Land Evaluation, Principles in Land Evaluation and Crop Production Calculation. Part I. Agricultural Publications No:7. International Training Center. Belgium.
- Thorp J, Smith GD, 1949. Higher Categories of Soil Classification Order, Suborder and Great Soil Groups. *Soil Science* 67: 117- 126.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yer alan Avutmuş Çayı'nın batı kesimlerindeki bazı meyve bahçelerinin toprak özellikleri

Bahadır Atmaca ^{1,*}, Hafize Nalbant ²

¹ Giresun Üniversitesi Şebinkarahisar Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Gıda Teknolojisi Bölümü, Şebinkarahisar, Giresun

² Trans Anadolu Doğal Gaz Boru Hattı Projesi LOT4, Toprak Uzmanı, Bağımsız Araştırmacı

Özet

Bu çalışma, Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yer alan Avutmuş Çayı'nın batı kesimlerindeki farklı meyve bahçelerinden alınan yüzey toprağı (0-30 cm) örneklerinin bazı özelliklerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Toprakların tekstür sınıflarının büyük çoğunluğu kumlu killi tın ve killi tın olarak belirlenmiştir. Çoğunluğu nötr toprak reaksiyonunda belirlenen toprakların tümü tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır. Kireç içerikleri 0 ile %14.83, organik madde kapsamları da % 0.76 ve % 3.87 arasında değişmektedir. Fosfor bakımından bazı topraklarda eksiklikler saptanırken, toplam azot ve potasyum bakımından topraklar genellikle yeterlidir. Tüm örneklerin fazla miktarda kalsiyum içerdikleri ve magnezyum kapsamlarının yeterli olduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tümünün bakır içerikleri yeterlidir. Toprakların çoğunluğu fazla miktarda demir içeriğine sahipken, çinko ve mangan bakımından bazı eksiklikler tespit edilmiştir. Araştırmada eksiklik belirlenen toprakların yeterli düzeye gelebilmesi için özellikle ahır gübresi, kompost, yeşil gübre vb. organik gübrelerin kullanılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Avutmuş Çayı, meyve bahçeleri, toprak analizleri, toprak verimliliği, Giresun, Şebinkarahisar.

Soil properties of some fruit gardens in the western parts of Avutmuş Creek located in the Şebinkarahisar district of the Giresun province

Abstract

This study was carried out to determine some properties of surface soil (0-30 cm) samples taken from different fruit orchards in the west of Avutmuş Creek, located in the Şebinkarahisar district of the Giresun province. While the great majority of the texture classes of the soil samples were identified as sandy clay loam and clay loam, most of the soils found to exhibit neutral soil reactions and all samples were classified as nonsaline. Furthermore, lime content ranged from 0 to 14.83%, and organic matter content ranged from 0.76% to 3.87%. Although some of the soils were found to be insufficient in phosphorus, it was observed that the soils were generally sufficient in terms of their total nitrogen and potassium contents. All samples contained large amounts of calcium and have sufficient magnesium content, and the copper content of all soil samples were also sufficient. While the majority of soils had high iron content, some deficiencies in zinc and manganese were determined. It was thought that it would be useful to use organic fertilizers, particularly barnyard manure, compost and green manure to reach the adequate levels of the soil properties determined to be insufficient in the study.

Keywords: Avutmuş Creek, fruit gardens, soil analyses, soil fertility, Giresun, Şebinkarahisar.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Karadeniz Bölgesi'nin Doğu Karadeniz Bölümü içinde bulunan Şebinkarahisar ilçesinin kurulduğu alan Giresun Dağları'nın güney etekleri ve Avutmuş Çayı vadisinin kuzey yamaçlarıdır (Yürüdü, 1998). Şebinkarahisar-Alucra çevresinde Yeşilirmak'ın en önemli kollarından olan Kelkit Çayı, Kuzey Anadolu Fay zonuna yerleşmiş olarak, kuzeybatı yönünde akmaktadır (Gürgen, 1997). Kelkit Çayı ve onun önemli bir kolu olan Avutmuş Çayı, Şebinkarahisar'ın en önemli akarsularıdır. (Yürüdü, 1998; Yılmaz, 2006; Özdemir, 2015; Karaca ve ark., 2016). Yukarı kısımlarında oldukça dik yamaçlı olan bir kerkik vadi içinde akan Avutmuş Çayı,

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 454 3101710

E-posta : bahadir.atmaca@giresun.edu.tr

Geliş Tarihi : 24 Şubat 2018

Kabul Tarihi : 25 Mayıs 2018

e-ISSN : 2146-8141

Şebinkarahisar doğusundan güneye doğru yönelmesinden sonra, belirgin bir tabanlı vadi oluşturmaktadır (Gürgen, 1997). Jeomorfolojik açıdan, Giresun ve Sarıççek dağlarının zirvelerinden Avutmuş ve Kelkit Çaylarının vadilerine uzanan sahalarda; adeta basamaklar oluşturan aşınım yüzeyleri ile bu yüzeyleri parçalayan derin vadiler, sahanın genel görünüşünü oluşturur. (Yürüdü, 1998).

Türkiye, çok eski bir meyvecilik kültürüne sahiptir. Ülkemizde yetiştirilen tüm meyve türleri yüzlerce yıldır aşı ile çoğaltılmaktadır. Cevizlerin aşılı çoğaltılmaları için çalışmalar ve aşılı ceviz fidan üretiminin başlangıcı 1970'li yıllardır (Karadeniz ve Şişman, 2015). Ülkemizde elma, üzüm, şeftali, fındık, kayısı, armut, kestane, kiraz, ceviz, erik, badem, ayva ve antepfıstığı yetiştiriciliği yaygın bir şekilde yapılmaktadır. Özellikle fındık, ayva, incir, kayısı ve kiraz için sahip olduğu üretim miktarı dikkate alındığında Türkiye, dünyada söz sahibi olan üretici bir ülke durumundadır (Gül ve Akpınar, 2006). Şebinkarahisar'da Avutmuş Çayına yakın mahalleler söğüt ve meyve ağaçları ile kaplı alanları oluşturmaktadır (Keskin, 2006). Şebinkarahisar'da üretilen meyveler genellikle aile ihtiyaçlarını karşılarken, meyvelikler genellikle bahçe içinde küçük alanlarda bulunmaktadır. En fazla bulunan meyve ağaçları elma, armut, ceviz, dut, kiraz, kızılıçık ve vişnedir. Üretilen meyvelerden pestil ve pekmez yapılmakta ve Şebinkarahisar'daki marketlerde satılmaktadır. Bir kısım da taze olarak tüketilmektedir (Yılmaz, 2006). Giresun'da özellikle Şebinkarahisar ve Çamoluk ilçelerinde ceviz ticari olarak yetiştirilmekte ve Şebinkarahisar ceviz çeşidi, standart ceviz çeşitlerimiz arasında olup, Şebinkarahisar ilçesi orijinlidir. İlk tescil edilen ceviz çeşitlerimizdendir (Karadeniz ve Şişman, 2015).

Kılıç ve Durak (2001), Kazova ve Niksar Ovasındaki iki chronosequence'de yaptıkları incelemede aynı iklim, vejetasyon, ana materyal ve topoğrafyalara sahip olmalarına karşın, Yeşilirmak teras topraklarındaki toprak gelişim oranlarının, Kelkit Çayı teras topraklarına kıyasla daha yüksek bulunduğunu ve çalışma sahalalarının toprak gelişim oranlarının toprak oluş faktörlerinden çok, kil miktarı, taban suyu seviyesi ve organik madde gibi özelliklere bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Atmaca ve Erdem (2016), Tekirdağ'ın Merkez ilçesinde bazı akarsu yataklarının topraklarının büyük kısmını kil tekstür sınıfında belirlemişlerdir. Toprakların organik madde ve kireç kapsamının genel olarak az olduğunu, demir, bakır, mangan, yarayışlı fosfor ve değişebilir potasyum içeriklerinin genellikle yeterli olduğunu fakat çinko bakımından noksanlık olduğunu belirtmişlerdir. Özşahin (2013), Gönen Çayı Deltasındaki alüvyal toprakların kireçli ve orta derecede suya doygun olduğunu, deltanın kıyı kesimine doğru toprak karakterinin asitli bir yapı kazandığını ve bu alanda topraktaki P oranının aynı değer gösterdiği ve K oranının değiştiğini belirtmiştir. Sönmez ve ark. (2014), Kumluca ve Finike'de yer alan turuncgil yetiştirilen bahçelerin topraklarının büyük çoğunluğunun tınlı bünyede olduğunu, hafif alkalın ve alkalın reaksiyona sahip ve bitki gelişimini olumsuz şekilde etkileyecek seviyede kireçli olduklarını, organik madde yönünden fakir olduklarını saptamışlar ve tuzluluk sorunu olmadığını bildirmişlerdir. Toprakların toplam azot ve değişebilir potasyum kapsamının iki derinlikte de (0-30 ve 30-60 cm) genellikle iyi; alınabilir fosfor, değişebilir kalsiyum ve magnezyum kapsamının oldukça iyi buldukları belirlenmiş ve alınabilir demir, mangan, çinko ve bakır yönünden ise iyi durumda oldukları bildirilmiştir. Bozkurt ve ark. (2001), Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi meyve bahçesi topraklarının, tınlı tekstür sınıfında, hafif alkalın reaksiyonda, organik madde ve yarayışlı fosfor açısından yetersiz olduklarını bildirmişlerdir. Armut ve kayısı bahçesi toprakları az düzeyde; elma, şeftali ve erik bahçesi toprakları orta seviyede kireçli olarak belirlenmiştir. Çalışma alanının topraklarında potasyum ve kalsiyum fazla; magnezyum, demir, mangan ve bakır yeterli; çinko miktarı da kritik düzey civarında olarak bulunmuştur. Sánchez ve ark. (2007), Patagonya'nın kuzeyindeki bir organik elma bahçesinde örtü bitkilerinin toprak özelliklerine ve ağaç performansına etkilerini araştırmışlardır. Toprak yönetimi uygulamalarının toprak özelliklerini, ağaç büyümesini ve verimi etkilediğini ve ağaç gücü ve verimini sürdürmek için kalıcı örtü bitkilerinin ve organik gübrelerin kullanılması gerektiğini bildirmişlerdir. Andrianarisoa ve ark. (2016), Güney Fransa'da Restinclières çiftliğinde hibrit ceviz ağaçlarının incelendiği alanın bazı toprak özelliklerini araştırmışlardır. 0-20 cm, 20-40 cm, 40-60 cm, 60-100 cm ve 100-200 cm derinliklerden alınan toprakların kil içeriklerinin % 19.5 - % 27.2; silt içeriklerinin % 53.8 - % 60.9; kum içeriklerinin % 11.9 - % 21.6 değerleri arasında değiştiğini, kireç içeriklerinin % 45.7 - % 51.2 arasında olduğunu ve toprak pH değerlerinin de 0-20 cm derinlikte 8.4, diğer derinliklerde de 8.6 olduğunu belirtmişlerdir. Özkan ve ark. (2009), Antalya bölgesinde elma yetiştirilen bahçe topraklarının yüksek oranda kireç içerdiklerini, organik madde kapsamının düşük olduğunu ve tuzluluk problemi bulunmadığını bildirmişlerdir. Topraklar genellikle tınlı, killi tınlı, milli tınlı ve killi tekstür sınıflarına sahip olup; hafif alkalı ve alkalı karakterlidirler. Genel olarak alınabilir fosfor ve potasyum seviyesinin orta ve yüksek, magnezyumun yüksek, alınabilir kalsiyum kapsamının ise orta ve iyi seviyede olduğunu belirtmişlerdir. Ağaoğlu ve ark. (1995), toprak işleme ile toprağa gerekli havanın kazandırılmış olacağını ve

mikroorganizmaların gerekli faaliyeti gösterip bitki besin maddelerini bitkiler tarafından kolayca alınacak duruma getireceklerini bildirmişlerdir.

Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yapılan bu çalışmada, Avutmuş Çayının batı kesimlerinde yer alan farklı meyve bahçelerinin bazı tarımsal özelliklerini belirlemek amaçlanmıştır. Çalışma kapsamında meyve bahçelerinden alınan yüzey toprakları (0-30 cm) örnekleri analiz edilmiş ve belirlenen özellikler değerlendirilmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada kullanılan toprak örnekleri, Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesindeki Avutmuş Çayının batı kesimlerinde yer alan Kavaklar, Kütküt, Avutmuş, Kırkgöz, Biroğul ve İkiöğul mahallerindeki 22 farklı meyve bahçesinden yüzey toprağı olarak 0-30 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örnekleme, Avutmuş Çayı ve meyve bahçelerinin coğrafi konumları ve topoğrafik özellikleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Bu meyve bahçelerinde genel olarak; ceviz, dut, kızcılık, üzüm, elma, kiraz, armut, şeftali, ayva, erik, karadut, kayısı, fındık ve vişne ağaçları bulunmaktadır. İnceleme alanının yer bulduru haritası, [Saygılı \(2015\)](#) ve [Anonim \(2017\)](#)'de yer alan haritalardan uyarlanılarak yapılmıştır (Şekil 1). Toprak örnekleme yapılan meyve bahçelerinin koordinatları ve denizden yükseklikleri, 1-3 m hassasiyete sahip olan bir GPS cihazı (Magellan eXplorist 610) ile belirlenmiş ve Çizelge 1'de verilmiştir. Toprak örnekleme noktalarının ve Avutmuş Çayının (Mavi renkle harita üzerine işlenmiştir) harita üzerinde gösterilmesinde, içeriğinde DigitalGlobe uydu görüntüsünün önizlemesi olan VantagePoint adlı programdan faydalanılmıştır (Şekil 2).



Şekil 1. Araştırma yapılan alana ait yer bulduru haritası

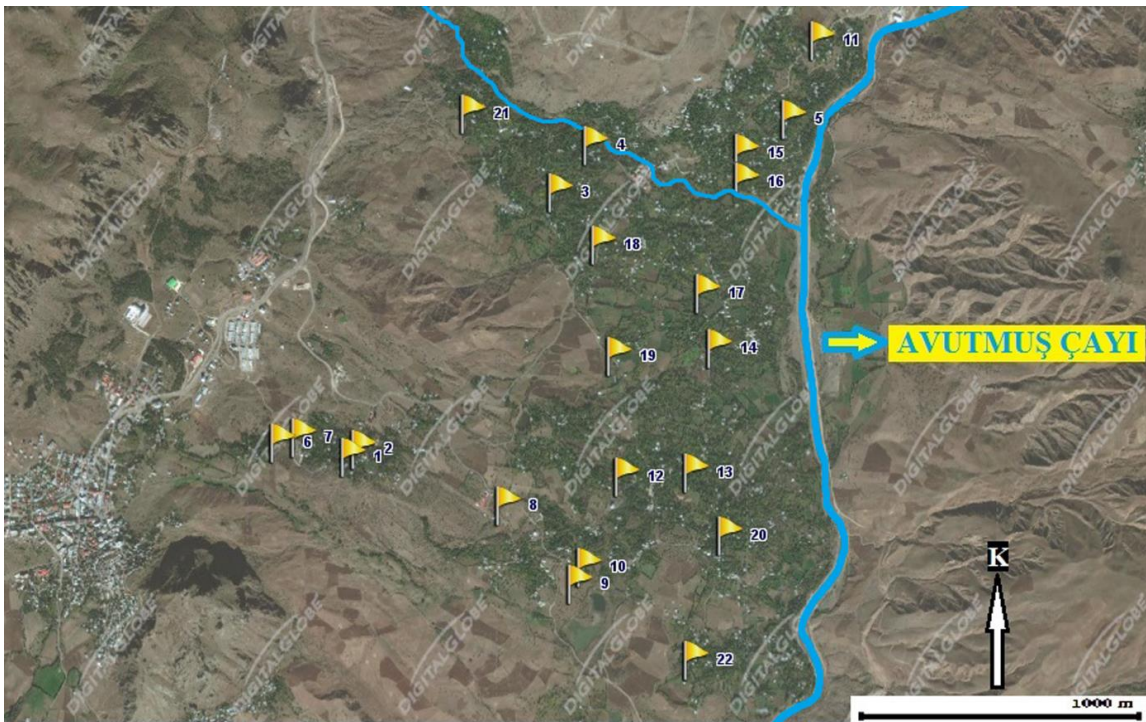
Pontidler tektonik birliğinin doğu kesiminin güney zonunda yer alan Şebinkarahisar'da ([Ketin, 1966](#); [Keskin, 2006](#)) İkiöğul, Biroğul, Kırkgöz, Kavaklar, Kütküt ve Avutmuş mahallelerinde Şebinkarahisar Formasyonu (Oligo-Miyosen) yayılım gösterir. Alüvyon (Kuvaterner), Avutmuş Çayı yatağında görülür ([Keskin, 2006](#); [Altan, 2010](#)). [Keskin \(2006\)](#)'ya göre, Şebinkarahisar Formasyonu kıltaşı, kumtaşı, çakıltaşı ardalaşmasından oluşan yer yer tuf, aglomera ve jips, yer yer kömür oluşuklarını kapsayan kaya türü topluluğı genel olarak kırmızımsı, meşeli, alacalı ve yer yer yeşilimsi, gri renkte, orta ve kalın tabakalı, kimi yerlerde oldukça kalın tabakalı (10-15 m) ya da tabakasız olarak gözlenmektedir. Bu formasyonun kaya türü özellikleri ve konumu göze alındığında karasal bir ortamda oluştuğı (olasılıkla göl ya da akarsu) söylenebilir. [Keskin \(2006\)](#) ile [Altan \(2010\)](#) tarafından, alüvyonun değişik boy ve bileşimdeki kum ile çakıllardan oluştuğı bildirilmiştir. [Gürgen \(1997\)](#), Avutmuş Çayının, çoğunlukla kil, jips gibi aşınmaya karşı dayanıksız kayalar üzerinde akmasının da sağladığı avantaj sebebiyle, kollarıyla beraber, çevresini derin bir şekilde aşındırdığını ve yaklaşık olarak 1000 m. kadar gömüldüğünü belirtmiştir.

Çizelge 1. Toprak örnekleme yapılan meyve bahçelerinin koordinatları, mevki ve denizden yükseklikleri

Örnek No.	Koordinatlar*	Mevki (Mahalle)	Denizden Yükseklik (m)
1	40°17'29"N 38°26'25"E	Kavaklar Mah.	1212
2	40°17'31"N 38°26'27"E	Kavaklar Mah.	1205
3	40°18'18"N 38°27'15"E	Kütük Mah.	1072
4	40°18'26"N 38°27'23"E	Kütük Mah.	1065
5	40°18'31"N 38°28'11"E	Avutmuş Mah.	1007
6	40°17'32"N 38°26'08"E	Kavaklar Mah.	1250
7	40°17'33"N 38°26'13"E	Kavaklar Mah.	1237
8	40°17'20"N 38°27'02"E	Kırkgöz Mah.	1100
9	40°17'06"N 38°27'19"E	Kırkgöz Mah.	1044
10	40°17'09"N 38°27'22"E	Kırkgöz Mah.	1045
11	40°18'46"N 38°28'18"E	Avutmuş Mah.	1027
12	40°17'25"N 38°27'31"E	Kırkgöz Mah.	1046
13	40°17'26"N 38°27'47"E	Biroğul Mah.	1022
14	40°17'49"N 38°27'53"E	İkiöğul Mah.	999
15	40°18'25"N 38°27'60"E	Avutmuş Mah.	1007
16	40°18'20"N 38°27'60"E	Avutmuş Mah.	976
17	40°17'59"N 38°27'50"E	İkiöğul Mah.	998
18	40°18'08"N 38°27'25"E	İkiöğul Mah.	1058
19	40°17'48"N 38°27'29"E	İkiöğul Mah.	1068
20	40°17'15"N 38°27'55"E	Biroğul Mah.	1005
21	40°18'32"N 38°26'53"E	Kütük Mah.	1123
22	40°16'52"N 38°27'47"E	Biroğul Mah.	999

* N: north (kuzey) E: east (doğu)

Yürüdü (1998), Şebinkarahisar'da kahverengi toprakların, kahverengi orman topraklarının, kireçsiz kahverengi orman topraklarının ve yüksek dağ çayır topraklarının yaygın olduğunu bildirmiştir. Şebinkarahisar'da tarım faaliyetlerinin tamamı iklime bağlıdır. İlçede yıllık ortalama donlu gün sayısının yüksek olması sebebiyle bitki kökleri zarar görmekte ve tarım faaliyetleri olumsuz etkilenmektedir. Dolu, kırağı olayları sonunda da tarım alanları zarar görmekte ve ekonomik kayıplar meydana gelebilmektedir (Yılmaz, 2006). Giresun Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü'nden elde edilen 1965 - 2017 yılları arasındaki 53 yıllık iklim verileri ortalamalarına göre; Şebinkarahisar'da yıllık ortalama sıcaklık 9.13 °C ve yıllık toplam yağış miktarı da ortalama 583.5 mm'dir. 48 yıllık rasat sonuçlarına göre de; yıllık ortalama 10 cm toprak sıcaklığı 11.81 °C ve yıllık ortalama 20 cm toprak sıcaklığı 11.61 °C'dir (Anonim, 2018).



Şekil 2. Avutmuş Çayını ve toprak örnekleme noktalarını gösteren 1 / 21000 ölçekli DigitalGlobe görüntüsü

Araştırma alanından alınan bozulmuş toprak örnekleri, analizler için uygun olan eleklerden elenip analizlere hazır duruma getirilmiştir. Yüzey toprakları örneklerinin tane büyüklüğü dağılımları (tekstür), hidrometre metoduna göre belirlenmiştir (Bouyoucos, 1951). Tekstür sınıfları isimlendirilirken tekstür üçgeni kullanılmıştır (Anonymous, 1993). Toprak reaksiyonu, hazırlanmış olan saturasyon çamurunda pH metre ile ölçülerek tayin edilmiştir (Richards, 1954). Toprak reaksiyonu sonuçlarının değerlendirilmesi Kellogg (1952)'ye göre yapılmıştır. Tuz (%), saturasyon çamurunda elektriksel iletkenliğe bağlı olarak kondüktivitemetre aletiyle ölçülen değerden hesaplanmış ve yorumlanmıştır (Richards, 1954). Kireç, volümetrik kalsimetre metodu ile belirlenmiştir (Kacar, 2009). Kireç değerlerinin yorumlaması Ülgen ve Yurtsever (1995)'e göre yapılmıştır. Organik madde miktarı (%), Walkley-Black Yöntemi ile (Müftüoğlu ve ark., 2014) belirlenmiş ve Anonim (1988)'e göre yorumlanmıştır. Toplam azot miktarı (%), Kjeldahl metodu ile analiz edilmiştir (Sağlam, 2008). Fosfor, Olsen metodu ile spektrofotometrede okunarak belirlenmiştir (Müftüoğlu ve ark., 2014). Potasyum, kalsiyum ve magnezyum; amonyum asetat ile ekstrakte edildikten sonra, ICP cihazında okunarak belirlenmiştir (Müftüoğlu ve ark., 2014). Toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum içerikleri, Anonymous (1990)'ın bildirdiği sınır değerlerine göre yorumlanmıştır. Demir, bakır, çinko ve mangan; DTPA ile ekstrakte edildikten sonra ICP cihazında okunarak belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell 1978). Demir, Lindsay ve Norvell (1978)'e göre; bakır, Follett (1969)'a göre; çinko ve mangan da, Anonymous (1990)'a göre yorumlanmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Meyve bahçelerinden toprak örneği alınmasının temel amacı meyve ağacı köklerinin su ve besin maddelerini absorbe ettikleri kesimdeki toprakla ilgili bilgi edinmek ve kültürel uygulamaları buna göre yapmaktır (Kacar, 2009). Avutmuş Çayının batı kesimlerinde yer alan 6 mahalledeki 22 farklı meyve bahçesinden alınan yüzey toprağı örneklerinin fiziksel ve kimyasal bazı analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Araştırmada kullanılan toprakların tekstür sınıfları Anonymous (1993)'e göre şu şekilde belirlenmiştir: Toprak örneklerinin 13 tanesi kumlu killi tın (SCL), 7 tanesi killi tın (CL), 1 tanesi kil (C) ve 1 tanesi de kumlu tın (SL) tekstür sınıfındadır. En yüksek kum içeriği % 63.50 ile 5 no'lu örneğe, en düşük kum içeriği % 29.10 ile 17 no'lu örneğe aittir. Silt içeriği, 12 no'lu örnekte (% 31.08) en yüksek iken, % 17.37 ile 22 no'lu örnekte en düşüktür. En yüksek kil içeriği % 48.45 ile 17 no'lu örnekte, en düşük kil içeriği ise % 15.30 ile 5 no'lu örnekte belirlenmiştir.

Yağmur ve Okur (2011), İzmir Kemalpaşa ilçesindeki kiraz bahçelerinin kumlu killi tın ve kumlu tın tekstür sınıflarında olduklarını; Uysal ve Katkat (2005), Bursa ve çevresindeki kiraz bahçelerinin kumlu-tın ve kumlu killi-tın tekstür sınıflarında belirlendiklerini; Dengiz ve ark. (2007), Büyükçay havzası (Çankırı) yüzey topraklarının çok büyük kısmının (% 67.6), kumlu killi tın ve kil tın tekstür sınıflarında olduklarını; Okur ve ark. (2002), Bursa Ovasında kentsel ve endüstriyel atıklarla kirletilmiş durumdaki Nilüfer Çayı ile sulanmakta olan şeftali bahçesi topraklarının (toplam 21 adet 0-30 cm ve 30-60 cm) bünyelerinin kumlu-killi-tın, killi-tın ve tın olarak belirlendiğini ve Tarakçoğlu ve ark. (2003), Ordu yöresinde fındık yetiştiriciliğinin yapıldığı toprakların killi ve killi tınlı bünyeye sahip olarak saptandığını bildirmişlerdir. Bu farklı çalışmaların sonuçlarına bakıldığında, Şebinkarahisar'da yapmış olduğumuz araştırma ile benzer tekstür sınıflarına rastlanıldığı görülmektedir.

Araştırma topraklarının pH değerleri 6.71 (7 no'lu örnek) ile 7.68 (10 no'lu örnek) arasında değişiklik göstermektedir. Kellogg (1952) tarafından bildirilen değerlere göre; 9, 10, 16, 20 ve 22 no'lu örnekler hafif alkalın olarak sınıflandırılırken, geriye kalan 17 tane örneğin toprak reaksiyonları nötr olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinin tamamının tuz (%) içerikleri, Richards (1954) tarafından bildirilen % 0.15 değerinin altında olduğu için tüm topraklar tuzsuz olarak sınıflandırılmıştır.

Yağmur ve Okur (2015), Manisa'nın Salihli ilçesindeki 10 şeftali bahçesinin topraklarının nötr reaksiyonda ve tuzsuz olduklarını belirlemişlerdir. Atmaca ve Erdem (2016), Tekirdağ Merkez ilçesindeki bazı akarsu yataklarından alınan örneklerin, pH değerlerinin genellikle nötr olduğunu ve tuzluluk sorunu olmadığını; Soyergin ve ark. (2003), Doğu Marmara Bölgesindeki kivi bahçesi topraklarının nötr veya hafif alkalın reaksiyonda olup, tuzluluk sorunu bulunmadığını; Yıldız ve Uygur (2016), Uşak ili ceviz bahçelerinin topraklarının nötr ve hafif alkalın reaksiyonlarda olduklarını ve topraklarda tuzluluk probleminin olmadığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar pH ve tuz bakımından araştırmamızda elde edilen sonuçlarla büyük benzerlikler göstermektedir. Buna karşın Ordu yöresinde Tarakçoğlu ve ark. (2003), tarafından yapılan çalışmada fındık yetiştirilen toprakların asit reaksiyonlu olarak belirlendikleri bildirilmiştir.

Araştırma topraklarının kireç içerikleri % 0.00 (1, 7 ve 12 no'lu örnekler) ile % 14.83 (18 no'lu örnek) arasında değişmektedir. 1, 7 ve 12 no'lu örneklerin kireçsiz oldukları belirlenmiştir. [Ülgen ve Yurtsever \(1995\)](#)'in belirttiği sınır değerleri dikkate alınarak, 9 ve 15 no'lu örnekler çok az kireçli; 2, 4, 5, 6, 8, 11, 16, 21 ve 22 no'lu örnekler az kireçli; 3, 10, 13, 14, 17, 18, 19 ve 20 no'lu örnekler de orta kireçli olarak sınıflandırılmıştır. Araştırma topraklarının organik madde kapsamı % 0.76 (10 no'lu örnek) ve % 3.87 (1 no'lu örnek) arasında değişkenlik göstermektedir. [Anonim \(1988\)](#) tarafından belirtilen değerlere göre, 1, 2, 3, 4, 5, 7, 11, 15 ve 17 numaralı örnekler iyi seviyede; 6, 9, 12, 13, 14, 16, 18, 20 ve 21 numaralı örnekler orta seviyede organik madde içerirken; 8, 19 ve 22 numaralı örnekler az seviyede ve 10 numaralı örnek te çok az seviyede organik madde içermektedir.

Araştırmamızda elde ettiğimiz kireç sonuçları ile farklı sonuçların belirlendiği çalışmalar şu şekildedir: [Özşahin \(2013\)](#) ve [Sönmez ve ark. \(2014\)](#) yapmış oldukları çalışmalarda inceledikleri toprakları kireçli olarak belirlemişlerdir. Bununla beraber [Uysal ve Katkat \(2005\)](#) Bursa ve çevresindeki kiraz bahçelerinin topraklarının yarısında kirecin, yüksek veya çok yüksek olarak saptandığı; [Dengiz ve ark. \(2007\)](#), Büyükçay havzası (Çankırı) topraklarının % 14.6'sında kireç miktarını % 20 ve daha fazla değerlerde belirlemişler ve bu durumun bitki besin elementlerinin yararlılığı üzerinde önemli ölçüde etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın [Yağmur ve Okur \(2015\)](#) tarafından Manisa'nın Salihli ilçesi şeftali bahçelerinin topraklarının kireç içeriklerinin az olarak belirlenmesi araştırmamızla benzerlik gösterirken; organik madde içeriklerinin de az olarak belirlenmesinin, araştırmamızda elde ettiğimiz sonuçlara göre büyük farklılık gösterdiği söylenilebilir. Yurt dışında yapılan bir çalışmada, [Chen ve ark. \(2007\)](#), Güney Çin'in narenciye bahçelerindeki toprak verimliliğini araştırmışlardır. Düşük, orta ve yüksek verime sahip bahçelerden alınan toprak örneklerinin organik madde değerlerinin ortalamasının 15.6 g/kg olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. [Karlıdağ ve ark. \(2017\)](#), Yukarı Çoruh Vadisindeki çalışmalarında kireç ve organik madde bakımından araştırmamızla benzerlikler gösteren sonuçlara ulaşmışlardır. [Zengin ve ark. \(2007\)](#), Karaman yöresi elma bahçeleri topraklarının genel olarak organik madde içeriğini düşük olarak bulmuşlar ve organik gübreler ve yeşil gübre bitkilerinin yetiştiriciliği ile birlikte toprakların organik madde kapsamlarının arttırılabileceğini bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları

Örnek No. ve Derinlik (cm)	Tekstür			Tekstür Sınıfı **	pH	Tuz (%)	Kireç (CaCO ₃) (%)	Organik Madde (%)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)					
1 (0-30)	55.42	23.57	21.01	SCL	6.95	0.03	0.00	3.87
2 (0-30)	54.99	20.07	24.94	SCL	7.12	0.03	1.06	3.42
3 (0-30)	39.14	27.85	33.01	CL	7.15	0.04	14.71	3.76
4 (0-30)	42.85	25.71	31.44	CL	7.16	0.04	3.90	3.85
5 (0-30)	63.50	21.20	15.30	SL	7.17	0.02	2.60	3.79
6 (0-30)	50.99	23.57	25.44	SCL	7.15	0.03	1.87	2.64
7 (0-30)	43.41	24.57	32.02	CL	6.71	0.04	0.00	3.09
8 (0-30)	48.26	19.72	32.02	SCL	7.32	0.02	1.76	1.65
9 (0-30)	48.04	21.66	30.30	SCL	7.61	0.03	0.88	2.13
10 (0-30)	58.11	19.66	22.23	SCL	7.68	0.02	5.77	0.76
11 (0-30)	50.33	25.58	24.09	SCL	7.22	0.02	1.44	3.13
12 (0-30)	38.62	31.08	30.30	CL	6.91	0.03	0.00	2.07
13 (0-30)	45.75	23.66	30.59	SCL	7.25	0.04	7.37	2.27
14 (0-30)	37.82	26.02	36.16	CL	7.15	0.03	8.66	2.85
15 (0-30)	52.69	25.58	21.73	SCL	7.26	0.02	0.80	3.66
16 (0-30)	54.40	19.80	25.80	SCL	7.63	0.02	1.60	2.44
17 (0-30)	29.10	22.45	48.45	C	7.21	0.07	12.58	3.30
18 (0-30)	39.18	22.59	38.23	CL	7.26	0.04	14.83	2.13
19 (0-30)	39.68	21.94	38.38	CL	7.15	0.04	12.98	1.38
20 (0-30)	49.82	22.09	28.09	SCL	7.47	0.02	5.21	2.44
21 (0-30)	58.33	17.80	23.87	SCL	7.28	0.02	3.77	2.27
22 (0-30)	52.54	17.37	30.09	SCL	7.43	0.03	2.81	1.38

** C: kil, CL: killi tın, SL: kumlu tın, SCL: kumlu killi tın

Araştırmada topraklarının bazı makro ve mikro element analiz sonuçları Çizelge 3'te verilmiştir. Toprakların toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin yorumlanması [Anonymous \(1990\)](#) tarafından bildirilen değerlere göre yapılmıştır. Buna göre: Toprakların toplam azot içerikleri % 0.04

ile % 0.19 değerleri arasında değişmektedir. 10 no'lu örnek çok az miktarda ve 8, 19 ve 22 no'lu örnekler de az miktarda toplam azot içermektedirler. Buna karşın 2, 6, 7, 9, 11, 12, 13, 14, 16, 17, 18, 20 ve 21 no'lu örnekler yeterli miktarda, 1, 3, 4, 5 ve 15 no'lu örneklerde fazla miktarda toplam azot içermektedirler. Toprak örneklerinin fosfor kapsamı 0.13 ppm ile 52.00 ppm arasında değişiklik göstermektedir. 8 no'lu örnek çok az miktarda; 4, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 21 ve 22 no'lu örnekler az miktarda; 1, 5, 6, 18 ve 19 no'lu örnekler yeterli miktarda ve 2, 3, 11, 15, 16, 17 ve 20 no'lu örnekler de fazla miktarda fosfor içermektedirler. Toprakların potasyum değerleri 100.20 ppm (21 no'lu örnek) ile 1081.59 ppm (2 no'lu örnek) değerleri arasında değişiklik göstermektedir. 21 no'lu örnek az miktarda; 1, 4, 7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 16, 18 no'lu örnekler yeterli miktarda; 3, 5, 6, 11, 15, 17, 19, 20 ve 22 no'lu örnekler fazla miktarda ve 2 no'lu örnek te çok fazla miktarda potasyum içermektedir. Toprak örneklerinin kalsiyum miktarları 4475.72 ppm ile 6806.89 ppm değerleri arasında değişmekte olup, tüm örneklerin kalsiyum miktarları fazla olarak belirlenmiştir. Magnezyum kapsamına bakıldığında, 218.21 ppm ile 560.52 ppm arasında değişen değerler saptanmıştır. 17 no'lu örneğin fazla miktarda Mg içerdiği ve geriye kalan diğer tüm örneklerin de yeterli miktarda magnezyum içerdikleri belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının demir içerikleri 3.58 ppm ile 26.23 ppm arasında değişmektedir. [Lindsay ve Norvell \(1978\)](#)'in belirttiği sınır değerlerine göre; 9, 10, 19 ve 22 no'lu örnekler orta seviyede demir içeriğine sahip iken, geriye kalan tüm örneklerin fazla demir içerdikleri belirlenmiştir. Toprakların bakır değerleri 2.24 ppm ile 10.96 ppm arasında değişirken; [Follet \(1969\)](#) tarafından bildirilen 0.2 ppm sınır değerinden yüksek olan tüm toprak örneklerinin bakır değerleri yeterli olarak bulunmuştur. Araştırma topraklarının çinko ve mangan değerleri [Anonymous \(1990\)](#)'a göre yorumlanmıştır. Çinko değerleri 0.47 ppm ile 12.17 ppm arasında değişirken; mangan değerleri de 6.62 ppm ile 36.82 ppm arasında değişmektedir. 8, 9 ve 10 no'lu örnekler az miktarda; 2, 6, 7, 12, 18, 19 ve 22 no'lu örnekler yeterli miktarda; 1, 11, 13, 14, 15, 16, 17 ve 20 no'lu örnekler fazla miktarda ve 3, 4, 5 ve 21 no'lu örnekler de çok fazla miktarda çinko içermektedirler. Mangan için yapılan değerlendirmede; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 17 ve 19 no'lu örneklerin az miktarda ve bunların dışında kalan diğer tüm örneklerin de yeterli miktarda mangan kapsamına sahip oldukları belirlenmiştir.

[Tarakçıoğlu ve ark. \(2003\)](#) tarafından Ordu yöresinde yapılan çalışma N, P, Fe, Cu ve Mn içerikleri bakımından araştırmamızla benzer sonuçlar göstermektedir. Ancak K, Ca, Mg ve Zn için araştırmamızla büyük oranda farklı sonuçlar saptanmıştır. [Karlıdağ ve ark. \(2017\)](#) yaptıkları çalışmada, yarayışlı fosfor ve mangan dışında inceledikleri tüm besin elementlerinin (N, Ca, Mg, K, Cu, Fe, Zn ve Na) topraklarda yeter düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar bizim araştırmamızda saptadığımız değerlerle karşılaştırıldığında büyük oranda benzerlikler belirlenmiştir. [Chen ve ark. \(2007\)](#), Güney Çin'in narenciye bahçelerinin % 68'inin yarayışlı azot için, % 60'ının yarayışlı fosfor ve % 44'ünün de yarayışlı potasyum için kritik değer altında bulunduğunu bildirmişlerdir. Güney Çin'de yapılan bu çalışmanın sonuçları özellikle yarayışlı azot ve potasyum bakımından araştırmamızla büyük farklılıklar göstermektedir. Şebinkarahisar'daki araştırmamıza göre, demir ve bakır yönünden [Yağmur ve Okur \(2015\)](#)'in inceledikleri topraklar benzer sonuçlar gösterirken; çinko ve mangan içerikleri bakımından farklılıklar belirlenmiştir. [Yağmur ve Okur \(2011\)](#), İzmir'in Kemalpaşa ilçesinde 10 kiraz bahçesinden alınan toplamda 20 toprak örneğine göre, topraklardaki azot ve fosfor elementlerinin genelde yeterli iken potasyum düzeylerinin bahçelerin % 40'ında yetersiz ve % 60'ında ise yeterli sayılabilecek seviyelerde olduklarını belirtmişlerdir. Topraklar Fe (1 bahçe hariç), Cu ve Mn açısından yeterli seviyelerde iken Zn yönünden (3 bahçe hariç) noksanlık saptamışlardır. Bu çalışma sonuçlarına göre, N sonuçları büyük oranda, P sonuçları da kısmen araştırmamızla benzerlik gösterirken; K bakımından farklı sonuçların belirlendiği görülmektedir. Fe ve Cu için büyük oranda benzerlikler ve Zn için büyük farklılıklar saptanmıştır. [Yıldız ve Uygur \(2016\)](#) Uşak ili ceviz bahçeleri topraklarının % 69'unu P, % 78'ini Mg, % 96'sını Zn ve % 98'ini K yönünden fakir bulmuşlardır. Bu sonuçlar da araştırmamızla farklılık göstermektedir.

Toprak örneklerinin analiz sonuçlarının korelasyon katsayılarının belirlenmesi ve korelasyon analizlerinin yapılması aşamalarında SPSS 22 isimli bilgisayar programından faydalanılmıştır. Elde edilen sonuçlar Çizelge 5'te gösterilmiştir. Toprak analiz sonuçlarına uygulanan korelasyon analizi sonucunda silt - OM, silt - Cu, kil - tuz, kil - kireç, kil - Mg, tuz - kireç, OM - toplam N, OM - P, OM - Fe, OM - Cu, OM - Zn, toplam N - P, toplam N - Fe, toplam N - Cu, toplam N - Zn, P - K ve Fe - Cu arasında pozitif ilişki olduğu bulunmuştur. Kum - silt, kum - kil, kum - tuz, kum - kireç, kum - Ca, kum - Mg, silt - pH, pH - OM, pH - toplam N, pH - Fe, pH - Cu, tuz - Mn ve kireç - Mn arasında ise negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir. Araştırmada kullanılan toprakların analiz sonuçlarına ait minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı makro ve mikro element analizlerinin sonuçları

Örnek No. ve Derinlik (cm)	Toplam Azot (N) (%)	ppm							
		P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn	Mn
1 (0-30)	0.19	16.02	238.91	5691.07	324.57	26.23	7.64	4.22	16.69
2 (0-30)	0.17	47.99	1081.59	5683.41	277.55	11.44	7.98	1.99	9.04
3 (0-30)	0.19	29.80	447.68	6252.69	376.50	13.71	8.36	8.81	6.94
4 (0-30)	0.19	4.83	183.12	6730.56	337.28	19.53	8.54	12.17	11.24
5 (0-30)	0.19	16.41	371.91	5556.51	391.66	9.62	3.86	8.83	13.18
6 (0-30)	0.13	20.34	514.73	6591.35	276.87	9.77	6.03	1.57	9.97
7 (0-30)	0.15	4.45	143.80	6666.88	329.88	19.33	10.96	0.76	12.57
8 (0-30)	0.08	0.13	206.35	6806.89	437.60	6.19	4.82	0.48	20.62
9 (0-30)	0.11	7.85	248.45	6739.80	411.73	4.04	4.85	0.47	17.25
10 (0-30)	0.04	6.18	163.80	6685.76	245.03	3.58	3.46	0.50	16.60
11 (0-30)	0.16	52.00	582.49	5400.23	380.16	10.75	7.77	3.12	32.76
12 (0-30)	0.10	7.22	225.68	6605.88	478.37	13.94	9.54	0.91	36.82
13 (0-30)	0.11	6.13	274.33	6120.00	246.46	6.02	6.36	7.31	17.15
14 (0-30)	0.14	7.36	234.22	6563.42	323.76	6.59	5.27	6.90	16.06
15 (0-30)	0.18	29.00	330.29	4475.72	249.75	10.49	6.22	7.28	30.56
16 (0-30)	0.12	37.00	170.16	4860.73	409.24	4.70	4.84	2.78	23.93
17 (0-30)	0.17	32.00	604.47	6435.08	560.52	5.41	6.87	4.85	10.70
18 (0-30)	0.11	22.00	216.87	6569.13	381.48	4.90	3.25	2.09	18.02
19 (0-30)	0.07	8.74	364.98	4943.05	441.97	4.48	2.24	1.73	6.62
20 (0-30)	0.12	33.00	414.10	5440.43	407.21	7.32	6.00	5.70	26.46
21 (0-30)	0.11	6.22	100.20	5049.11	218.21	13.23	6.41	10.21	23.77
22 (0-30)	0.07	3.68	346.51	5559.62	437.31	4.36	4.39	1.30	22.95

Çizelge 4. Toprak örneklerinin analiz sonuçlarının minimum, maksimum, ortalama ve standart sapma değerleri

Toprak Özellikleri	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kum (%)	29.10	63.50	47.86	8.40
Silt (%)	17.37	31.08	22.89	3.30
Kil (%)	15.30	48.45	29.25	7.20
pH	6.71	7.68	7.24	0.23
Tuz (%)	0.02	0.07	0.03	0.01
Kireç (CaCO ₃) (%)	0.00	14.83	4.75	4.94
Organik Madde (%)	0.76	3.87	2.65	0.90
Toplam Azot (N) (%)	0.04	0.19	0.13	0.04
P (ppm)	0.13	52.00	18.11	15.19
K (ppm)	100.20	1081.59	339.30	216.99
Ca (ppm)	4475.72	6806.89	5973.97	728.98
Mg (ppm)	218.21	560.52	361.05	86.86
Fe (ppm)	3.58	26.23	9.80	5.96
Cu (ppm)	2.24	10.96	6.17	2.17
Zn (ppm)	0.47	12.17	4.27	3.58
Mn (ppm)	6.62	36.82	18.18	8.33

Sonuç

Şebinkarahisar ilçesinde meyve yetiştiriciliğinin çok önemli bir yere sahip olduğu bilinmektedir. Kelkit Çayının bir kolu olan ve Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yer alan Avutmuş Çayının batısında bulunan bazı meyve bahçelerinden alınan yüzey toprağı örneklerinin % 59.09'unun kumlu killi tın, % 31.82'sinin killi tın, % 4.55'inin kil ve % 4.55'inin de kumlu tın tekstür sınıfında olduğu belirlenmiştir. % 77.27'si nötr olarak bulunan araştırma topraklarının geriye kalan kısmı da hafif alkalin toprak reaksiyonuna sahiptirler. Tüm tuzsuz olarak sınıflandırılmış olan toprakların % 63.64'ü kireçsiz, çok az ve az kireçli olup, % 36.36'sı da orta kireçli olarak bulunmuştur. Toprakların % 81.82'sinin organik madde kapsamı iyi ve orta seviyelerdedir. Geriye kalan örneklerin organik madde kapsamı az ve çok az olarak saptanmıştır. 18 adet örnekte toplam azot yeterli ve fazla seviyede bulunmaktadır. Yalnızca 4 adet örnekte toplam azot eksikliği tespit edilmiştir. Toprakların % 45.45'inin fosfor kapsamı düşük, % 54.55'inin de fosfor kapsamı yeterli ve fazla miktarlardadır. Az miktarda potasyum içeren 21 no'lu örneğin haricindeki tüm örneklerin potasyum içeriği

Çizelge 5. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel, kimyasal, makro ve mikro element özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları (r) ve korelasyon analizi

	Kum	Silt	Kil	pH	Tuz	Kireç	OM	Toplam N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Silt	-0.533*														
Kil	-0.922**	0.163													
pH	0.324	-0.565**	-0.118												
Tuz	-0.784**	0.229	0.809**	-0.345											
Kireç	-0.604**	0.074	0.670**	0.068	0.579**										
OM	-0.024	0.428*	-0.168	-0.501*	0.188	-0.110									
Toplam N	-0.039	0.421	-0.147	-0.479*	0.211	-0.078	0.998**								
P	0.069	0.080	-0.117	0.078	-0.032	0.033	0.439*	0.463*							
K	-0.008	-0.025	0.021	-0.116	0.190	0.040	0.323	0.346	0.709**						
Ca	-0.439*	0.269	0.388	-0.159	0.373	0.122	-0.122	-0.115	-0.421	-0.151					
Mg	-0.519*	0.097	0.561**	0.007	0.412	0.233	-0.099	-0.071	0.071	0.079	0.142				
Fe	0.085	0.417	-0.291	-0.706**	0.028	-0.363	0.647**	0.619**	-0.027	-0.068	0.037	-0.252			
Cu	-0.214	0.574**	-0.013	-0.652**	0.211	-0.347	0.563**	0.542**	0.158	0.149	0.209	-0.085	0.741**		
Zn	0.035	0.182	-0.124	-0.102	0.054	0.207	0.581**	0.572**	0.018	-0.103	-0.230	-0.292	0.322	0.173	
Mn	0.191	0.163	-0.297	0.170	-0.522*	-0.452*	-0.186	-0.200	0.114	-0.252	-0.299	0.061	-0.046	0.108	-0.110

* p < 0.05 ** p < 0.01

OM: Organik madde

yeterli, fazla ve çok fazla olarak sınıflandırılmıştır. Tüm toprak örneklerinin, fazla miktarda kalsiyum içerdikleri ve magnezyum içeriklerinin de yeterli olduğu saptanmıştır. Araştırma topraklarında demir eksikliğine rastlanmamıştır. Toprakların hepsinin bakır içerikleri de yeterli seviyededir. 8, 9 ve 10 no'lu örnekler hariç çinko bakımından eksiklik tespit edilmemiştir. Toprakların % 36.36'sında mangan eksikliği bulunmakta olup, geriye kalan diğer örneklerin mangan kapsamaları yeterli seviyededir.

Orta, az ve çok az seviyelerde organik madde içeren; toplam azot, fosfor, potasyum, çinko ve mangan bakımından eksiklikler tespit edilen ve orta seviyede demir içeren toprakların öncelikle, fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yeterli seviyelere ulaştırılması için, özellikle ahır gübresi, kompost, yeşil gübre ve ihtiyaca yönelik diğer çeşitli organik gübrelerin, uygun bir gübreleme planlaması yapılarak kullanılmasının uygun olacağı kanaatine varılmıştır. Toprak analizlerine ek olarak, yaprak ve meyve analizleriyle birlikte Avutmuş Çayından alınabilecek su örneklerinin analiz edilmesinin de yararlı olacağı düşünülmektedir. Meyve bahçeleri için yapılabilecek toprak işleme, sulama, yeni ağaç dikimi, ekim nöbeti, örtü bitkilerinin kullanımı, budama ve diğer bakım işlemleri, hasat işlemleri, gübreleme, çoğaltma materyallerinin kullanımı vb. tarımsal uygulamalarda, Şebinkarahisar'ın iklim koşullarının ve Avutmuş Çayı ve yakın çevresinin topoğrafik özelliklerinin dikkate alınmasının ve meyve bahçelerinin mevcut toprak özelliklerinin sürdürülebilirliklerinin sağlanması için gerekli çalışmaların yapılmasının uygun olduğu düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada, meyve bahçeleri sahipleriyle iletişim kurmamızda ve toprak örneklemesinde yardımlarını esirgemeyen Enver ÇAKIN'a ve çalışmamızda kolaylıklar sağlayan meyve bahçelerinin sahiplerine teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Ağaoğlu YS, Çelik H, Çelik M, Fidan Y, Gülşen Y, Günay A, Halloran N, Köksal Aİ, Yanmaz R, 1995. Genel bahçe bitkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları No: 4, Ankara, 369 s.
- Altan Z, 2010. Şebinkarahisar (Giresun) ve çevresinin erozyon riskinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 77 s.
- Andrianarisoa KS, Dufour L, Bienaimé S, Zeller B, Dupraz C, 2016. The introduction of hybrid walnut trees (*Juglans nigra* x *regia* cv. NG23) into cropland reduces soil mineral N content in autumn in southern France. *Agroforestry Systems* 90 (2): 193-205.
- Anonim, 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 151, Teknik Yayınlar No: T-59.
- Anonim, 2017. T.C. Giresun Valiliği. Giresun ili haritası. <http://www.giresun.gov.tr/ilimizin-haritasi> (ET: 17.12.2017).
- Anonim, 2018. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Giresun Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü verileri, Giresun / Türkiye.
- Anonymous, 1990. Micronutrient assessment at the country level: An international study. FAO Soils Bulletin (FAO) by Mikko Sillanpää, No: 63, Rome.
- Anonymous, 1993. Soil survey manual. Soil Survey Division Staff, Soil Conservation Service, U.S. Department of Agriculture Handbook No: 18, Washington D.C., USA.
- Atmaca B, Erdem DB, 2016. Tekirdağ Merkez ilçesindeki bazı akarsu yataklarındaki toprakların özellikleri. *Toprak Su Dergisi* 5 (1): 1-7.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43: 434-438.
- Bozkurt MA, Yarılgaç T, Çimrin KM, 2001. Çeşitli meyve ağaçlarında beslenme durumlarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 11 (1): 39-45.
- Chen F, Lu J, Liu D, 2007. Investigation of soil fertility in citrus orchards of Southern China (Southeast China). *Better Crops with Plant Food* 91 (3): 24-25.
- Dengiz O, Göl C, Başkan O, 2007. Büyükçay havzası (Çankırı) toprak özellikleri ve haritalanması. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 8 (1): 46-58.
- Follett RH, 1969. Zn, Fe, Mn, and Cu in Colorado soils. Ph.D. Dissertation, Colorado State University, USA, p. 133.
- Gül M, Akpınar MG, 2006. Dünya ve Türkiye meyve üretimindeki gelişmelerin incelenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19 (1): 15-27.
- Gürgen G, 1997. Şebinkarahisar-Alucra çevresinde volkanik şekiller. *Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi* 6: 149-161.
- Kacar B, 2009. Toprak analizleri (Genişletilmiş 2. Basım). Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Nobel Yayın No: 1387, Ankara, 467 s.
- Karaca C, Birdal AC, Türk T, 2016. Taşkın risk alanlarının coğrafi bilgi sistemleri ile incelenmesi. VI. Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Sempozyumu (Uzal-Cbs 2016), Bildiriler: 118-125, 5-7 Ekim, Adana.

- Karadeniz T, Şişman T, 2015. Giresun Şebinkarahisar cevizleri. Editör: Seyit Mehmet Şen, ÜÇM Yayınları, Ankara, 151 s.
- Karlıdağ H, Pehlivan M, Turan M, 2017. Yukarı Çoruh Vadisi'nde dut bahçelerinin (*Morus alba* L.) beslenme durumlarının belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi* 27 (1): 82-87.
- Kellogg CE, 1952. Our garden soils. New York: The Macmillan Company, p. 232.
- Keskin İ, 2006. Şebinkarahisar (Giresun) yöresindeki kaya şevlerinin duraylılığının kinematik analizi ve yapısal yaklaşım. Yüksek Lisans Tezi, Cumhuriyet Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Sivas, 80 s.
- Ketin İ, 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. *Maden Tetkik ve Arama Dergisi* 66: 20-34.
- Kılıç K, Durak A, 2001. Kazova ve Niksar Ovasında yer alan Yeşilirmak ve Kelkit Çayı teras topraklarının toprak gelişim oranları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 18 (1): 125-132.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of America Journal* 42 (3): 421-428.
- Müftüoğlu NM, Türkmen C, Çıkkılı Y, 2014. Toprak ve bitkide verimlilik analizleri (2.Basım). Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti., Yayın No: 994, Gıda, Tarım ve Hayvancılık No: 009, Ankara, 218 s.
- Okur N, Başar H, Göçmez S, 2002. Bursa Ovasında Nilüfer Çayı ile sulanan şeftali bahçesi topraklarında mikrobiyel aktivite ve ağır metal içerikleri arasındaki ilişkiler. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 39 (2): 103-110.
- Özdemir B, 2015. Binaların deprem risklerinin birinci kademe değerlendirme yöntemiyle belirlenmesi üzerine bir saha çalışması: Giresun ili Şebinkarahisar ilçesi örneği. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon, 101 s.
- Özkan CF, Arpacıoğlu AE, Arı N, Demirtaş EI, Asri FÖ, 2009. Antalya bölgesinde elma yetiştirilen toprakların verimlilik durumlarının incelenmesi. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi* 2 (2): 95-99.
- Özşahin E, 2013. Gönen Çayı Deltası'nın toprak özelliklerinin coğrafi açıdan değerlendirilmesi. *Ekev Akademi Dergisi*. Yıl:17, 57: 233-246.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook No: 60, U.S. Government Printing Office, Washington D.C., p. 160.
- Sağlam MT, 2008. Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri (Dördüncü Baskı). Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 2, Ders Kitabı No: 2, Tekirdağ, 154 s.
- Sánchez EE, Giayetto A, Cichón L, Fernández D, Aruani MC, Curetti M, 2007. Cover crops influence soil properties and tree performance in an organic apple (*Malus domestica* Borkh) orchard in northern Patagonia. *Plant and Soil* 292 (1-2): 193-203.
- Saygılı R, 2015. Türkiye dilsiz mülki idare haritası. <http://cografyaharita.com/haritalarim/4jturkiye-dilsiz-siyasi-haritasi.png> (ET: 11.01.2018).
- Soyergin S, Moltay İ, Samancı H, 2003. Doğu Marmara Bölgesinde kivi bahçelerinin (*Actinidia deliciosa* Chev.) makro besin elementleri açısından beslenme durumu. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 13(1): 107-123.
- Sönmez S, Orman Ş, Çıtak S, Oğuz İK, Kalkan H, Uras DS, Ok H, Çıtak SO, Yılmaz E, Sönmez NK, Kaplan M, 2014. Kumluca ve Finike yöreleri turuncgil bahçelerinin beslenme durumlarının belirlenmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 27(1): 51-59.
- Tarakçıoğlu C, Yalçın SR, Bayrak A, Küçük M, Karabacak H, 2003. Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin (*Corylus avellana* L.) beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 9(1): 13-22.
- Uysal E, Katkat AV, 2005. Bursa ve çevresinde yetiştirilen kiraz ağaçlarının demir, çinko, mangan ve bakır ile beslenme durumları. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19 (2): 47-59.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1995. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No: 209, Teknik Yayınlar No: T.66, Ankara.
- Yağmur B, Okur B, 2011. İzmir Kemalpaşa ilçesi kiraz bahçelerinin verimlilik durumları ve ağır metal içerikleri. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi* 28 (2): 1-13.
- Yağmur B, Okur B, 2015. Salihli (Manisa) yöresindeki şeftali (*Prunus persica* L.) bahçelerinin beslenme ve kirlilik durumları. *Meyve Bilimi* 2 (1): 16-26.
- Yıldız E, Uygur V, 2016. Uşak ili ceviz bahçelerinin mineral beslenme durumları. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 11 (2): 70-78.
- Yılmaz G, 2006. Şehir coğrafyası açısından Şebinkarahisar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul, 145 s.
- Yürüdü E, 1998. Şebinkarahisar ve çevresinin coğrafi etüdü. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü (Yayınlanmamış), Erzurum, 438 s.
- Zengin M, Gökmen F, Gezgin S, 2007. Karaman yöresi elma bahçelerinin mikro besin elementleri bakımından beslenme durumları. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi)* 21 (42): 96-109.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi

Mehmet Burak Taşkın ^{1,*}, Ferhat Türkmen ², Muhittin Onur Akça ¹,
Mahmut Reşat Soba ³, Hasan Sabri Öztürk ¹

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

² Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ordu

³ Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara

Özet

Bu çalışmanın amacı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi olup, bu amaçla 44 adet toprak örneği 100x100m gridlerin keşim noktalarından alınmış ve toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin maddesi içerikleri belirlenmiştir. Alınan toprak örneklerinin dağılım haritalarının oluşturulmasında ArcGIS 10.3 yazılım programı ve bu programda IDW yöntemi kullanılmıştır. Genel olarak topraklar kil bünye sınıfında, hafif alkali reaksiyonlu, tuzsuz, orta derecede kireç içermektedir. Toprakların % 56'sında organik madde, % 29'unda toplam azot, % 99'unda alınabilir bor noksan olup, alınabilir demir ve mangan içerikleri bakımından da toprakların tamamının yetersiz olduğu belirlenmiştir. Toprakların tamamında bakır, çinko ve potasyum, % 77'sinde ise P yeterli miktarlarda bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda; kil-kum, kum-silt, kil-kireç, kil-Fe, kil-Zn, silt-N, silt-Cu, pH-EC ve kireç-Cu arasında negatif, kum-kireç, kum-Fe, kum-Zn, kil-Cu, EC-N, P-K, P-Zn, K-Zn ve Fe-Zn arasında pozitif ilişki belirlenmiştir. Toprak analizi sonuçlarına göre, bitki besin maddesi eksikliklerini gidermek için ihtiyaç duyulan alanlara mikro element katkılı gübrelerin uygulanması gerekmektedir. Buna ek olarak, bu toprakların fizikokimyasal özelliklerini iyileştirmek için olgunlaşmış çiftlik gübresi kullanımı da önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toprak verimliliği, toprak özellikleri, bitki besleme, mikro elementler, IDW.

Investigation of fertility status in Ankara University Ayaş Research and Application Farm Soils

Abstract

The aim of the study was to determine the fertility status of soils in Ayaş Research and Application Farm of Ankara University. For this purpose, 44 soil samples were collected by 100x100m grids and main physical, chemical properties and nutrient contents were analysed. ArcGIS 10.3 software program and IDW method were used to create distribution maps of soil samples. In general, the majority of soils are clay textured, slightly alkaline, nonsaline and medium calcareous. While organic matter (56% of the soils), total nitrogen (29% of the soils), available boron (99% of the soils) and available Fe and Mn (100% of the soils) were deficient, available phosphorus (77% of the soils), copper, zinc and potassium (100% of the soils) contents were insufficient level. As a result of the correlation analysis; negative relations between clay-sand, silt-sand, lime-clay, Fe-clay, Zn-clay, N-silt, Cu-silt, EC-pH, Cu-lime and positive relations between lime-sand, Fe-sand, Zn-sand, Cu-clay, N-EC, K-P, Zn-P, Zn-K and Zn-Fe were determined. In order to remove the deficiency of plant nutrients according to soil analyses, application of micro-element additive fertilizers to the soils is necessary. In addition, the use of composted farmyard manure is recommended to improve the physicochemical properties of these soils.

Keywords: Soil fertility, soil properties, plant nutrients, micro elements, IDW.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarımsal üretimin temel faktörü topraktır. Toprağın verimlilik durumu uygun düzeyde olduğu sürece, birim alandan alınacak ürünün miktarı ve kalitesi de yüksek olacaktır. Bu nedenle, toprakların verimlilik düzeylerinin yükseltilmesi ve korunması son derece önemlidir. Yeterli ve dengeli oranda bitki besin

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 312 5961189

E-posta : mbtaskin@ankara.edu.tr

Geliş Tarihi : 29 Eylül 2018

Kabul Tarihi : 14 Aralık 2018

e-ISSN : 2146-8141

elementlerini içermesi yanında fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri uygun durumda bulunan topraklar verimli topraklar olarak değerlendirilir (Başar, 2001).

Yüzlerce yıldır topraklarımızın bilinçsizce sömürülmesi, dünya nüfusunun hızlı artışı, tarım arazilerinin elden çıkması, erozyon, bilinçsizce kullanılan gübre ve tarımsal mücadele ilaçları nedeniyle doğal denge bozulmuş ve topraklarımız günden güne üretkenlik kapasitesini ve mevcut miktarını kaybetmeye başlamıştır. Bunun doğal sonucu olarak tarımsal üretim de artış sınırlı olmuştur.

Birim alandan alınacak ürün miktarının artırılması tarım topraklarının verimliliğine bağlıdır. Tarım topraklarımızın verimli olması ve verimliliğin sürdürülebilirliği ise iyi bir toprak yönetimine dayanmaktadır. Bu da arazi koşullarına uygun, birim alandan daha fazla ürün elde edilebilen tohumlukların seçimi, toprak ve bitki analizlerine dayalı gübreleme önerilerinin yapılması, toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle, iklim koşullarının birlikte değerlendirildiği çağdaş tarım sistemlerinin kullanımıyla gerçekleştirilmektedir.

Bitkilerin yeterince üretken olabilmesi her şeyden önce ortamda yeterli miktarda besin elementinin hazır bulunmasıyla mümkün olmaktadır. Toprakta yeterli seviyelerde bulunmayan besin elementlerinin iyi bir yetiştiricilik için toprağa geri verilmesi gerekmektedir. Toprakta bitki gelişimi için yeterli düzeyde bulunmayan besin elementleri toprak analizleriyle tespit edilebilmektedir. Ülkemizde bu konunun önemi son yıllarda artmış ve ciddi çalışmalar yapılmaya başlanmıştır.

Taban ve ark. (1997), Orta Anadolu'da çeltik tarımı yapılan alanların verimlilik durumlarını ortaya koymak için yaptıkları çalışmada; toprakların genellikle kil ve siltli kil tekstüre sahip, orta alkali reaksiyonlu ve orta kireçli, % 45'inde organik madde, % 60'ında azot, % 25'inde fosfor, % 30'unda çinko ve % 95'inde manganın noksan olduğunu bildirmişlerdir.

Güneş ve ark. (1999) Beypazarı yöresinde havuç yetiştirilen alanların verimlilik durumunu saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada yöre topraklarının ağır bünyeli, nötr pH ve yüksek düzeylerde kireç içerdiğini, toprakların büyük bir kısmının N, P, K, Ca, Mg, B ve Fe kapsamları yönünden yeterli ve fazla olduğu, buna karşılık Zn ve Mn kapsamları bakımından ise yetersiz olduğunu tespit etmişlerdir.

Parlak ve ark. (2008) Eceabat ilçesi tarım topraklarının verimlilik durumlarını belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada yöre topraklarının hafif alkali, tuzsuz, organik madde, fosfor, çinko ve mangan bakımından fakir, bakır ve demir bakımından yeterli, potasyum bakımından ise zengin olduğunu belirlemişlerdir.

Turan ve ark. (2010) Bursa'da tarım topraklarının verimlilik durumlarının ortaya konması ve potansiyel beslenme sorunlarını saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada toprakların orta bünyeli, hafif alkali reaksiyonlu, az ve orta düzeyde kireç içeren, % 43'ünde organik madde, % 47'sinde azot, % 10'unda fosfor, % 43'ünde çinko ve % 90'ında manganın yetersiz olduğunu belirlemişlerdir. Diğer taraftan toprakların % 23'ünde potasyum, % 90'ında demir ve % 100'ünde bakırın yeterli olduğu yapılan çalışma ile ortaya konulmuştur.

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kalecik Araştırma ve Uygulama İstasyonu topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi amacıyla alınan toprak örneklerinin büyük bir kısmının ağır bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, orta kireçli ve orta düzeyde organik madde içerdiği belirlenmiştir. Toprakların toplam N, alınabilir P ve alınabilir B içerikleri genellikle yetersizken, toprakların tamamında alınabilir Fe ve Mn içerikleri yetersiz bulunmuştur. Diğer taraftan, alınabilir Zn (toprakların % 63'ü) ve alınabilir Cu (toprakların tamamı) yeterli düzeyde bulunmuştur (Akça ve ark., 2015).

Soba ve ark. (2015) tarafından Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi amacıyla yapılan çalışmada, alınan toprak örneklerinin büyük bir kısmının ağır bünyeli, hafif alkali, tuzsuz, kireçli ve organik maddece yetersiz olduğu bulunmuştur. Toprakların toplam N, alınabilir K, Zn ve Cu içerikleri yeterliyken, alınabilir P (toprakların %58,91'i), alınabilir Fe ve Mn (toprakların tamamı) ile alınabilir B (toprakların % 95,91'i) içeriklerinin yetersiz olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmiştir.

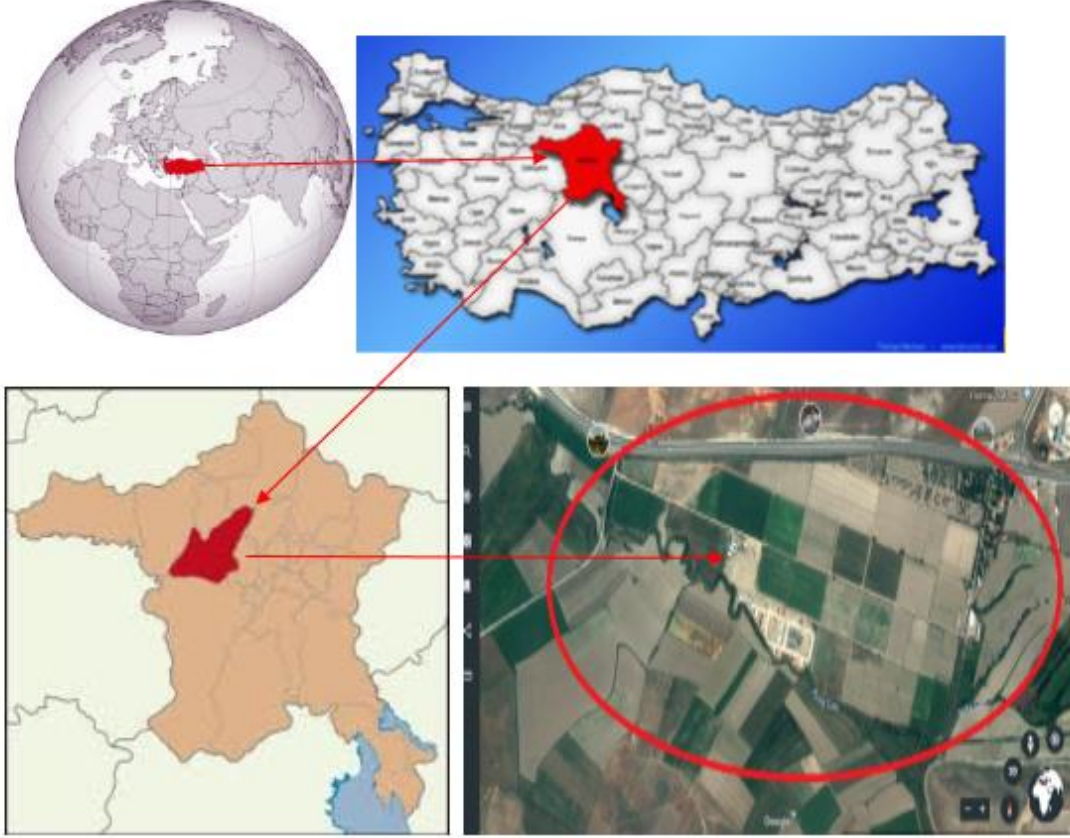
Akça ve ark. (2017a) Ankara-Beypazarı yöresinde havuç tarımı yapılan toprakların ağırlıklı olarak orta ve ağır bünyeli, organik madde yönünden fakir ve toprak reaksiyonunun (pH) yüksek olduğunu, toprakların bitkiye yarayışlı potasyum, bakır ve mangan yönünden sorun taşımadığını, buna karşın, toprakların % 44'ünde bitkiye yarayışlı demirin, % 20'sinde ise bitkiye yarayışlı çinkonun noksan düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Yapılan bu çalışmanın amacı tarımsal potansiyeli yüksek olan ve yoğun şekilde tarım yapılan Ankara Üniversitesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Araştırma alanının coğrafik konumu

Ayaş Ankara'nın kuzeybatısında yer almakta olup (Şekil 1), kuzeyinde Gündül ve Kızılcahamam, batısında Beypazarı, güneyinde Polatlı, kuzeydoğusunda Kazan ve doğusunda da Sincan ilçeleri yer almaktadır (Anonim, 2018a). Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği 434286 m - 435547 m doğu boylamlarıyla 4431127-4431723 kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Çiftliğin tamamı 434,23 dekadır.



Şekil 1. Ayaş ilçesi ve çiftliğin haritadaki görünümü

Bölgenin iklimi

Ayaş ilçesi karasal iklim özellikleri taşımaktadır. Yazları çok sıcak ve kurak, kışları çok soğuk geçer. Rakım 910 metre olup, yıllık ortalama sıcaklık 11,4 °C, yıllık ortalama yağış miktarı 439,7 mm'dir (Anonim, 2018b).

Arazi kullanım durumu

Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliğinin batısında kalan yaklaşık 100 dekar alan klon anaç ve fidan üretimi için kullanılmaktadır. Her yıl yaklaşık 100 dekar alanda (arazinin orta kısmında) ise sebze tarımı yapılmaktadır. İşletmenin doğusunda 20 dekar kiraz, 20 dekar sert çekirdekli (kayısı, vişne), 8 dekar badem ve 12 dekar ceviz bahçesi mevcuttur (Anonim, 2018c). Çalışma alanı içerisinde yer alan yükseltilerin sedimentler ve volkanik kökenli kayaların aşınmasıyla oluştuğu, aşınmadan ileri gelen sedimantasyonun ise çukurlarda biriktiği, yükselme ve aşınma hareketleri sonucunda platoları meydana getirdiği ve alandaki akarsular ve yan kolları tarafından depolanmış alüviyal depozitleri oluşturduğu Atanır ve Yüksel (2003) tarafından bildirilmiştir.

Dağılım haritalarının oluşturulması

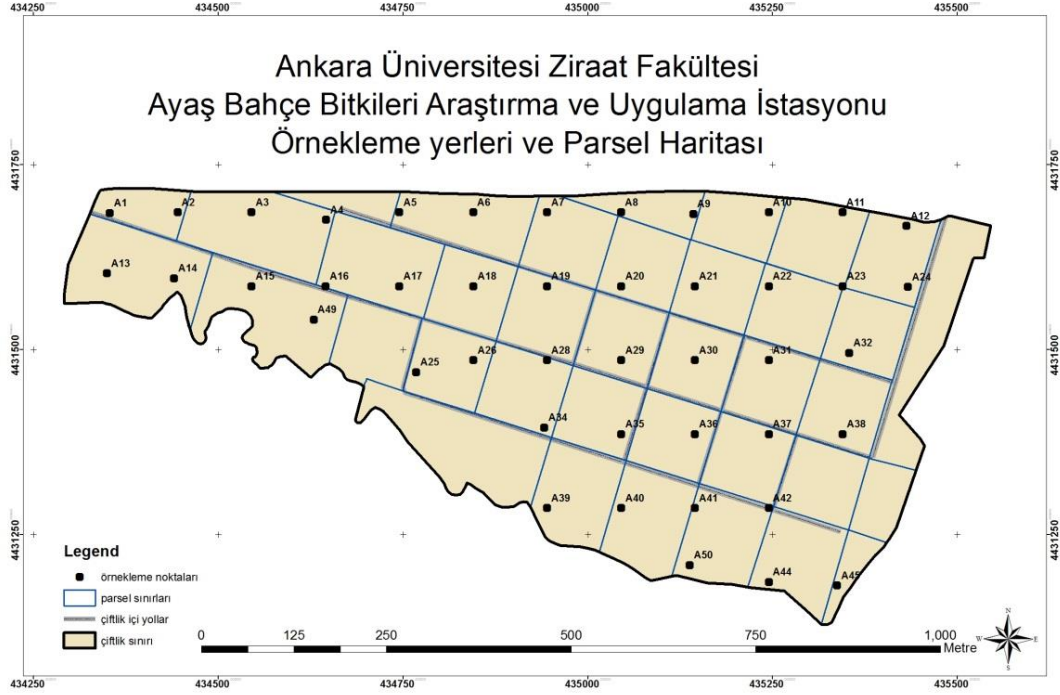
Mesafenin tersine göre enterpolasyon tekniği (IDW), bilinen örnek noktalarına ait değerlerin yardımıyla örneklenmeyen noktalara ait hücre değerlerinin belirlenmesi için kullanılan yöntemdir. Bu yöntemde enterpolasyon noktasının değeri, çevresinde bulunan dayanak noktalarının değerlerinden ağırlıklı olarak hesaplanır. Her bir dayanak noktasının değerine verilecek olan ağırlık değeri o noktanın enterpolasyon noktasına uzaklığının bir fonksiyonudur (Turan, 2017).

IDW (Inverse Distance Weighted) enterpolasyon tekniği, enterpole edilecek yüzeye yakındaki noktaların uzaktaki noktalardan daha fazla ağırlığa sahip olması esasına dayanır (Güler ve Kara, 2007). Bu teknik, enterpole edilecek noktadan uzaklaştıkça ağırlığı da azaltan ve örnek noktaların ağırlıklı ortalamasına göre

bir yüzey enterpolasyonu yapar (Arslanoğlu ve Özçelik, 2005). Çalışma sonucunda elde edilen raster formatındaki haritalar sınır değerlerine göre yeniden sınıflandırılmış, arazi sınırlarından kesilmiş ve lejantları da eklenerek haritaların son hali hazırlanmıştır.

Toprak örneklerinin alınması ve yapılan analizler

Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde örnek alınacak noktaların belirlenmesi için 100x100 metrelik gridler oluşturulmuş ve gridlerin kesişme noktalarından 0-30 cm lik derinliklerden mikro element bulaşmasına yol açmayacak şekilde Jackson (1958) de belirtildiği gibi 44 adet toprak örneği alınmıştır. Araştırmada kullanılan toprak örneklerinin alındıkları yerler ve koordinatları Şekil 2' de görülmektedir.



NOKTA	x	y	NOKTA	x	y
A1	434353	4431685	A23	435345	4431586
A2	434445	4431686	A24	435433	4431585
A3	434545	4431686	A25	434768	4431470
A4	434646	4431676	A26	434845	4431486
A5	434745	4431686	A28	434945	4431486
A6	434845	4431686	A29	435045	4431486
A7	434945	4431686	A30	435145	4431486
A8	435045	4431686	A31	435245	4431486
A9	435145	4431686	A32	435354	4431496
A10	435245	4431686	A34	434941	4431395
A11	435345	4431686	A35	435045	4431386
A12	435450	4431665	A36	435145	4431386
A13	434345	4431597	A37	435245	4431386
A14	434440	4431597	A38	435345	4431386
A15	434545	4431586	A39	434945	4431286
A16	434645	4431586	A40	435045	4431286
A17	434745	4431586	A41	435145	4431286
A18	434845	4431586	A42	435245	4431286
A19	434945	4431586	A44	435245	4431186
A20	435045	4431586	A45	435325	4431121
A21	435145	4431586	A49	434629	4431541
A22	435245	4431586	A50	435138	4431209

Şekil 2. Çalışma alanına ait örnekleme noktaları ve koordinatları

Toprak örneklerinde bünye hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1951), toprak reaksiyonu (pH) ve elektriksel iletkenlik (EC) saturasyon çamurunda (Richards, 1954), kireç Scheibler kalsimetresiyle (Hızalan ve Ünal, 1966), organik madde modifiye edilmiş Walkley Black yöntemiyle (Jackson, 1958), toplam azot modifiye edilmiş Kjeldahl yöntemiyle (Bremner, 1965), alınabilir fosfor 0,5 M sodyum bikarbonat (pH: 8,5) ile ekstraksiyon yöntemiyle (Olsen ve Sommers, 1982), alınabilir potasyum 1 N amonyum asetat (pH:7,0) ekstraksiyon yöntemiyle (Pratt, 1965), alınabilir Fe, Mn, Cu ve Zn DTPA+ TEA (pH: 7,3) ile ekstraksiyon yöntemiyle (Lindsay ve Norvel, 1978), alınabilir bor azometin-H (Wolf, 1971) yöntemi ile belirlenmiştir. Çalışma alanı topraklarında yapılan analiz sonuçlarına ilişkin bulgular FAO 1990 tarafından belirtildiği şekilde değerlendirilmiştir (Çizelge 1). Elde edilen verilerde korelasyon analizleri SPSS paket programı kullanılarak yapılmıştır.

Çizelge 1. Toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin elementi içeriklerini yorumlamaya ilişkin sınır değerleri

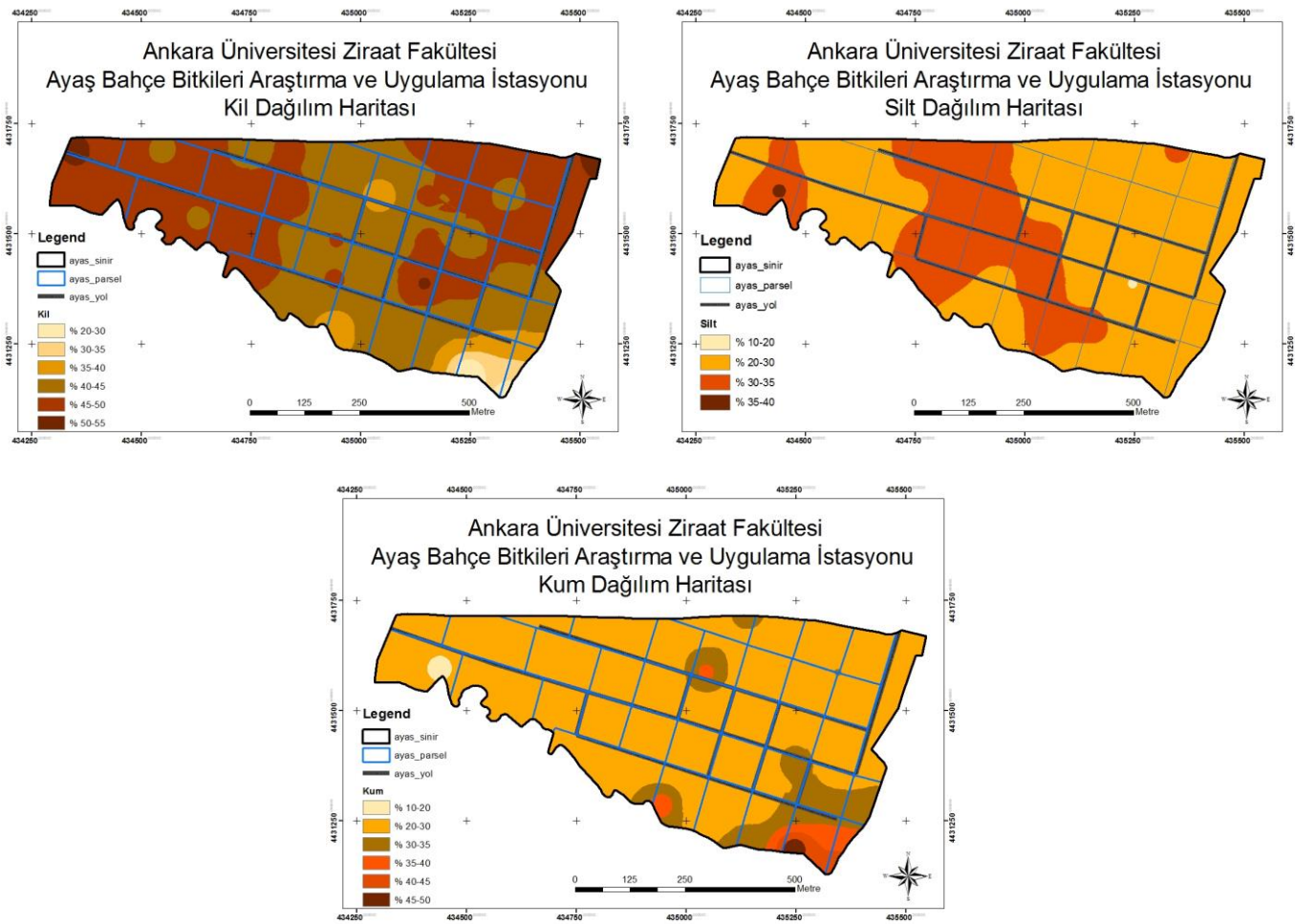
Besin Maddesi	Yeterlilik Sınıfı					Kaynak
	Çok Az	Az	Yeterli	Fazla	Çok Fazla	
Toplam N, g kg ⁻¹	<0,45	0,45-0,9	0,9-1,7	1,7-3,2	3,2<	Silanpää, 1990
Alınabilir P, mg kg ⁻¹	<2,5	2,5-8	8-25	25-80	80<	Silanpää, 1990
Alınabilir K, g kg ⁻¹	<0,05	0,05-0,14	0,14-0,37	0,37-1	>1	Sumner and Miller, 1996
Alınabilir Zn, mg kg ⁻¹	<0,2	0,2-0,7	0,7-2,4	2,4-8	8,0<	Silanpää, 1990
Alınabilir Mn, mg kg ⁻¹	<4	4-14	14-50	50-170	170<	Silanpää, 1990
Alınabilir B, mg kg ⁻¹	<0,4	0,5-0,9	1-2,4	2,5-4,9	5,0<	Wolf, 1971
Alınabilir Fe, mg kg ⁻¹	Az	Orta	Yeterli			Lindsay and Norwell, 1978
	<2,5	2,5-4,5	4,5<			
Alınabilir Cu, mg kg ⁻¹	Yetersiz	Yeterli				Follet, 1969
	<0,2	0,2<				
Kireç, g kg ⁻¹	Çok Kireçli	Az Kireçli	Orta Kireçli	Fazla Kireçli	Çok Fazla Kireçli	Ülgen ve Yurtsever, 1974
	<10	10-50	50-150	150-250	250<	
Organik madde, g kg ⁻¹	Çok Az	Az	Orta	İyi	Yüksek	Ülgen ve Yurtsever, 1974
	<10	10-20	20-30	30-40	40<	
EC, dS m ⁻¹	Tuzsuz	Hafif Tuzlu	Orta Tuzlu	Tuzlu		Maas, 1986
	0-4	4-8	8-15	15<		
pH	Orta Asit	Hafif Asit	Nötr	Hafif Alkalin	Kuvvetli Alkalin	Richards, 1954
	4,5-5,5	5,5-6,5	6,5-7,5	7,5-8,5	8,5<	

Bulgular ve Tartışma

Toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Ayaş Bahçe Bitkileri Araştırma ve Uygulama çiftliğinden alınan 44 adet toprak örneğinde yapılan bünye analizi sonuçlarına göre; toprakların % 2,3'ü kumlu killi tın, % 4,5'i killi tın ve % 93,2'sinin de kil bünye sınıfında olduğu bulunmuştur. Çiftlikten alınan toprak örneklerinde belirlenen kil, silt ve kum miktarlarına bağlı olarak hazırlanan dağılım haritaları Şekil 3'de verilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde; en yüksek kil değerinin % 51,7, en düşük kil değerinin % 25,3 olduğu ortalamasının ise % 44,2 olduğu belirlenmiştir. Kil içeriği % 50-55 arasında olan arazilerin kapladığı alan 5,14 da (% 1,18), % 45-50 arasında olan arazilerin kapladığı alan 208,52 da (% 48,02), % 40-45 arasında olan arazilerin kapladığı alan 188,55 da (% 43,42), % 35-40 arasında olan arazilerin kapladığı alan 21,93 da (% 5,05), % 30-35 arasında olan arazilerin kapladığı alan 6,78 da (% 1,56) ve % 20-30 arasında kil içeriğine sahip arazilerin kapladığı alanın 3,32 da (% 0,76) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek silt içeriği % 35,7 iken, en düşük silt içeriği % 19,4, ortalaması ise % 28,8 olarak belirlenmiştir. Silt içeriği % 35-40 arasındaki araziler 0,73 da (% 0,17), % 30-35 silt içeren araziler 138,49 da (% 31,89), % 20-30 silt içeren araziler 294,63 dekar (% 31,89) ve silt içeriği % 10-20 arasındaki araziler 0,38 da (% 0,09)'dır. En yüksek kum değeri % 48,5 iken, en düşük kum değeri % 18,6 olarak bulunmuş, değerlerin ortalaması % 27,0 olmuştur. Çiftlik arazisininin 1,33 da (% 0,31)'lık kısmında kum içeriği % 45-50 arasındayken, 5,13 da (% 1,18)'lık kısmında kum içeriği % 40-45 arasında, 9,98 da (% 2,30)'lık kısmında kum içeriği % 35-40 arasında, 45,07 da (% 10,38)'lık kısmında kum içeriği % 30-35 arasında, 370,37 da (% 85,29)'lık kısmında kum içeriği % 20-30 arasında ve 2,36 da (% 0,54)'lık kısmında kum içeriği % 10-20 arasında bulunmuştur. Araştırma kapsamında alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel

ve kimyasal özellikleri arasında önemli pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 2). Yapılan korelasyon analizi sonucunda, kil-kum ($r: 0,846^{***}$) arasında negatif bir ilişki belirlenmiş olup, çeşitli araştırmacılarca (Soba ve ark., 2015; Karaduman ve Çimrin 2016; Şenol ve ark., 2018) yapılan çalışmalarda benzer sonuçlar elde edilmiştir. Çiftlik topraklarında yapılan analizler sonucunda kil-kireç ($r: 0,387^{**}$; Yakupoğlu ve Demirci 2013; Budak ve ark., 2018), kil-alınabilir Fe ($r: 0,610^{***}$; Altındal ve ark., 2013) ve kil-alınabilir Zn ($r: 0,405^{**}$; Eyüpoğlu ve ark., 1998) arasında negatif, kil ile alınabilir Cu ($r: 0,350^{*}$; Karadavut ve ark., 2011; Günal ve Erdem, 2015; Yağmur ve Okur, 2015) arasında ise pozitif ilişki belirlenmiş ve çeşitli araştırmacılar da elde ettiğimiz sonuçlarla benzer sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir. Araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, kum ile silt ($r: 0,465^{**}$; Günal ve Erdem, 2015; Yalçın ve ark., 2018) arasında negatif, kum-kireç ($r: 0,319^{*}$; Altındal ve ark., 2013), kum-alınabilir Fe ($r: 0,559^{***}$; Altındal ve ark., 2013; Yağmur ve Okur, 2015) ve kum-alınabilir Zn ($r: 0,407^{**}$) arasında pozitif ilişkinin olduğu çeşitli araştırmacılar tarafından farklı yöre topraklarında yapılan çalışmalar sonucunda ortaya konmuştur. Silt ile toplam N ($r: 0,361^{*}$; Özyazıcı ve ark., 2014) ve silt ile alınabilir Cu ($r: 0,302^{*}$; Yağmur ve Okur, 2015) arasında yaptığımız çalışmayla benzer şekilde negatif yönlü ilişkiler bulunduğu farklı araştırmacılar tarafından ifade edilmiştir.



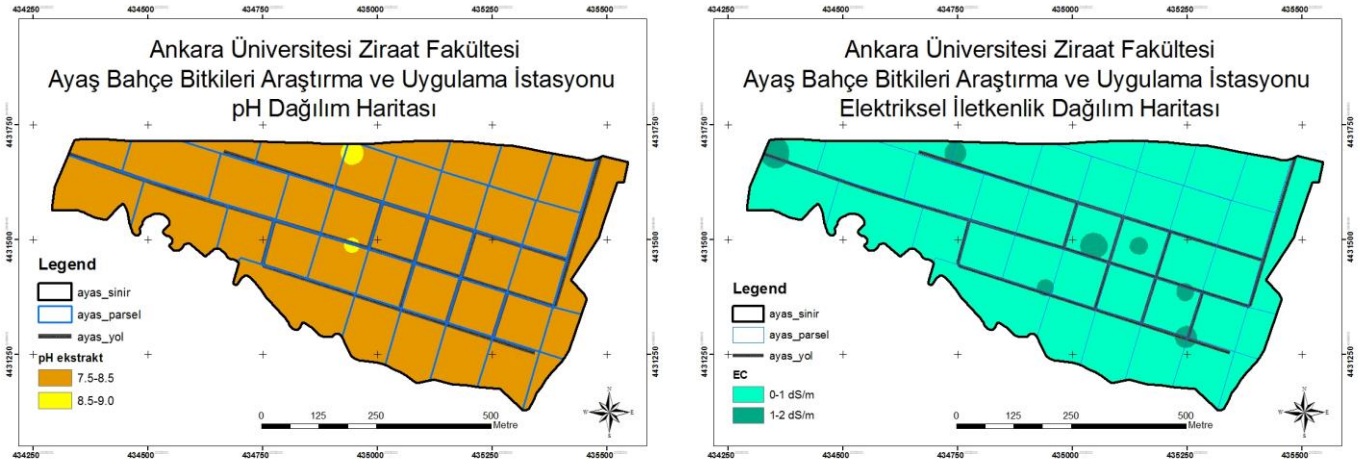
Şekil 3. Çalışma alanı topraklarının kil, silt ve kum dağılım haritaları

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde belirlenen pH ve EC değerlerine bağlı olarak hazırlanan pH ve EC dağılım haritaları Şekil 4'te verilmiştir. En yüksek pH değeri 7,97 iken, en düşük pH değerinin 7,07 olduğu bulunmuştur. Toprak örneklerinde ortalama pH değerinin 7,74 olduğu tespit edilmiştir. Çiftlik topraklarının % 93,18'inde (404,61 da) pH 7,5-8,5 aralığında iken, % 6,82'sinde (29,62 da) pH 6,5-7,5 aralığında bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda; pH-kum ($r: 0,325^{*}$; Altındal ve ark., 2013), pH-alınabilir Fe ($r: 0,581^{***}$, Turan ve ark., 2010) ve pH-alınabilir Zn ($r: 0,471^{**}$; Günal ve Erdem 2015; Karaduman ve Çimrin, 2016) arasında negatif, pH-kil ($r: 0,403^{**}$, Altındal ve ark., 2013) arasında ise pozitif ilişki belirlenmiş ve çeşitli araştırmacılar da benzer sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.

Çizelge 2. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile besin maddeleri arasındaki ilişkiler

	kum	kil	silt	OM	pH	EC	CaCO ₃	N	P	K	B	Fe	Zn	Cu
kil	-0,846***													
silt	-0,465**	-0,078												
OM	-0,090	0,101	0,157											
pH	-0,325*	0,403**	-0,061	-0,060										
EC	-0,001	0,043	-0,070	0,004	-0,012									
CaCO ₃	0,319*	-0,387**	0,046	0,018	-0,062	0,236								
N	0,062	0,148	-0,361*	0,121	-0,014	0,312*	0,036							
P	-0,107	0,144	-0,038	0,132	0,120	-0,101	0,154	0,210						
K	-0,066	0,068	0,009	0,180	0,048	0,105	0,218	0,204	0,703***					
B	-0,076	0,102	-0,027	-0,283	0,231	-0,004	-0,135	0,028	0,21	-0,033				
Fe	0,559***	-0,610***	-0,032	-0,044	-0,581***	-0,044	0,290	-0,059	0,029	-0,025	-0,245			
Zn	0,407**	-0,405**	-0,087	0,217	-0,471**	-0,180	0,090	0,140	0,568***	0,310*	-0,099	0,611***		
Cu	-0,149	0,35*	-0,302*	-0,067	-0,145	-0,103	-0,43**	0,053	0,092	0,151	-0,01	-0,066	0,117	
Mn	0,118	-0,118	-0,025	0,174	-0,191	0,051	0,071	0,154	0,164	0,288	-0,023	0,285	0,266	-0,006

Toprak örneklerinde en yüksek EC değerinin 1,23 dS m⁻¹, en düşük EC değerinin 0,39 dS m⁻¹, ortalamının ise 0,65 dS m⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Çiftlik topraklarının tamamı tuzsuz (0-2 dS m⁻¹) sınıfa girmektedir. 0-1 dS m⁻¹ tuz içeren toprakların kapladığı alanın 421,39 da (% 97,04) olduğu, 1-2 dS m⁻¹ tuz içeren toprakların kapladığı alanın ise 12,84 da (% 2,96) olduğu belirlenmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda, toprak tuzluluğu (EC) ile toplam N arasında pozitif bir ilişki (r: 0,312*) belirlenmiş olup, çeşitli araştırmacılar da (Sağlam ve Dengiz, 2013; Akça ve ark., 2015; Yalçın ve ark., 2018) benzer sonuçlar elde etmişlerdir.



Şekil 4. Çalışma alanı topraklarının pH ve EC dağılım haritaları

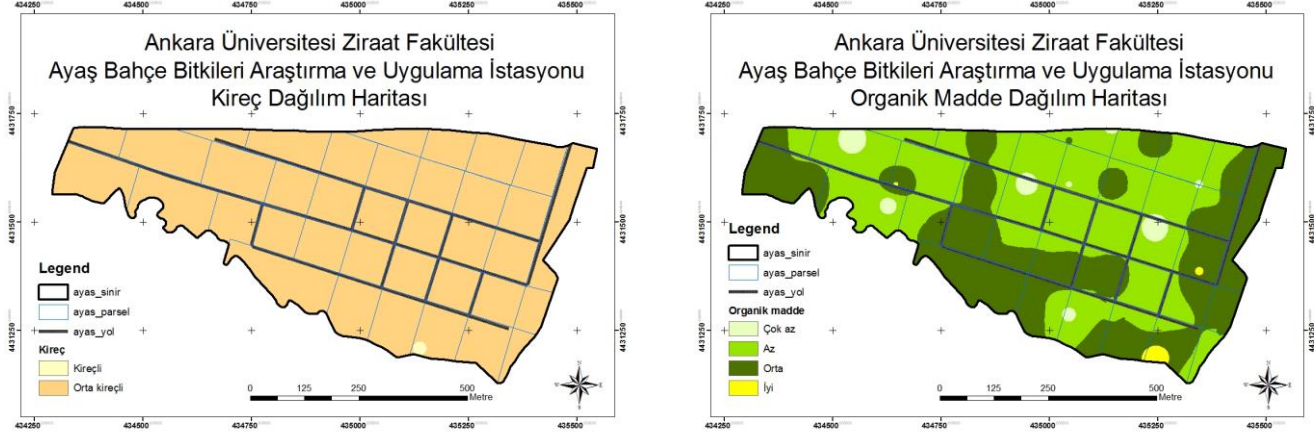
Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde belirlenen kireç ve organik madde (OM) kapsamına bağlı olarak hazırlanan dağılım haritaları Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'te görüldüğü üzere çiftlik topraklarının tamamına yakınının (% 99,82) orta kireçli sınıfa (50-150 g kg⁻¹) girdiği tespit edilmiştir. En yüksek kireç değeri 149,3 g kg⁻¹ iken, en düşük kireç değeri 44,2 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Topraklarda belirlenen kireç değerlerinin ortalaması 85,4 g kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda kireç ile alınabilir Cu arasında negatif bir ilişki (r: 0,430**) belirlenmiştir. Farklı araştırmacılar (Altındal ve ark., 2013; Günel ve Erdem 2015; Soba ve ark., 2015) yaptıkları çalışmalarında kireç ile alınabilir Cu arasında negatif ilişki belirlediklerini bildirmişlerdir.

Çiftlik toprakları organik madde yönünden incelendiğinde; toprakların % 0,55'inde (2,40 da) organik madde kapsamının 30-40 g kg⁻¹ arasında, % 43,38'inde (188,38 da) 20-30 g kg⁻¹ arasında, % 53,55'inde (232,52 da) 10-20 g kg⁻¹ arasında ve % 2,52'sinde (10,94 da) 0-10 g kg⁻¹ arasında olduğu belirlenmiştir. En yüksek organik madde değerinin 30,5 g kg⁻¹, en düşük organik madde değerinin 4,75 g kg⁻¹, ortalamının ise 18,6 g kg⁻¹ olduğu bulunmuştur. Korelasyon analizi sonucuna göre, organik madde ile araştırılan parametreler arasında önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.

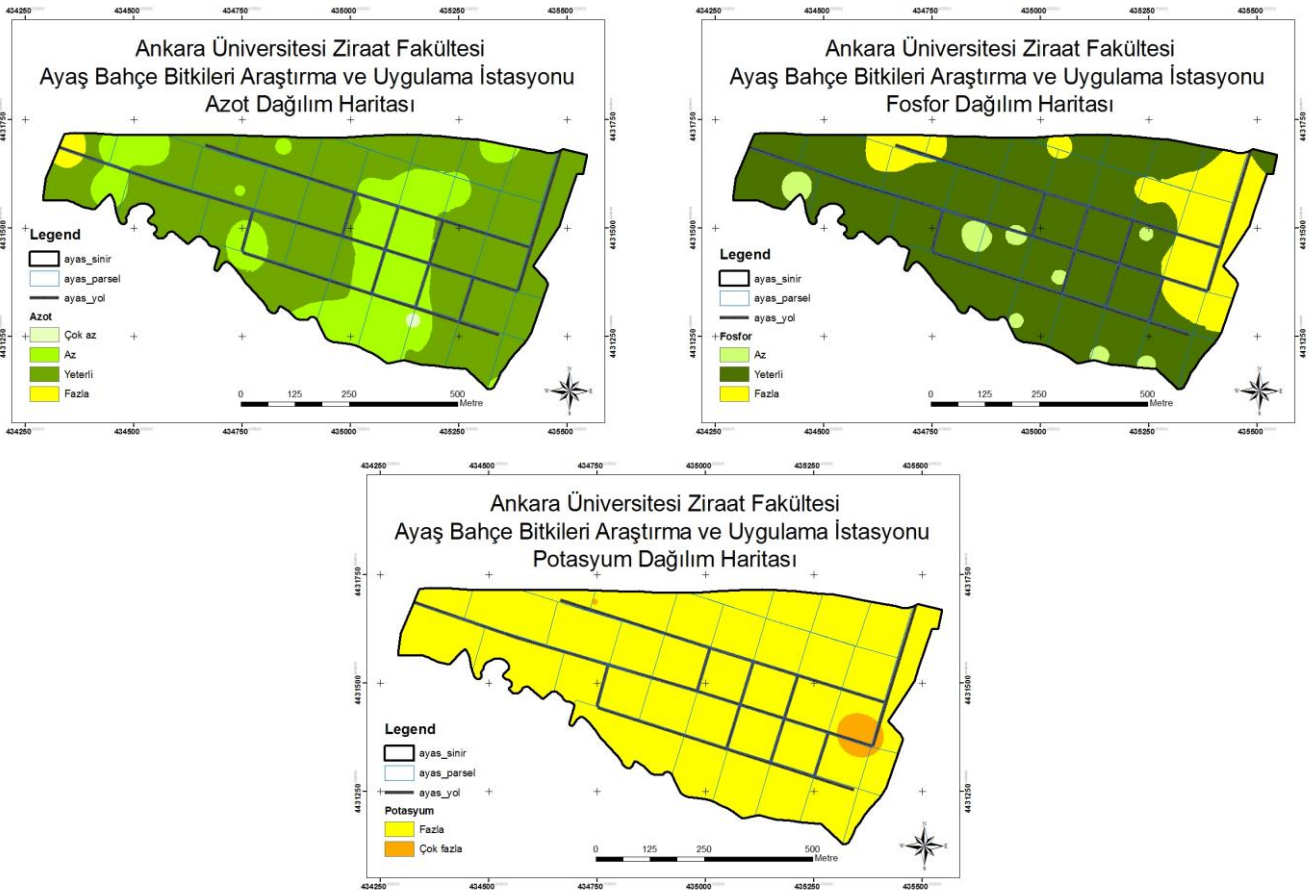
Toprakların besin elementi konsantrasyonları

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde belirlenen toplam N, alınabilir P ve alınabilir K konsantrasyonlarına göre hazırlanan dağılım haritası Şekil 6'da verilmiştir. Çalışma alanı topraklarında en

yüksek N konsantrasyonu 2,43 g kg⁻¹ iken, en düşük azot konsantrasyonu 0,45 g kg⁻¹ ve ortalama 1,04 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Çiftlik arazisinin 4,63 dekarlık kısmında (% 1,07) toplam N konsantrasyonu 1,7-3,2 g kg⁻¹ arasındayken, 308,38 dekarlık kısmında (% 71,02) 0,90-1,7 g kg⁻¹ arasında, 120,31 dekarlık kısmında (% 27,71) 0,45-0,90 g kg⁻¹ arasında ve 0,92 dekarlık kısmında (% 0,21) ise 0,45 g kg⁻¹ değerinden daha düşük olarak bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda silt ile toplam N arasında negatif bir ilişki ($r: 0,361^*$) saptanmış ve [Özyazıcı ve ark., \(2014\)](#)'da yaptıkları bir çalışmada benzer sonuçlar elde ettiklerini bildirmişlerdir.



Şekil 5. Çalışma alanı topraklarının kireç ve organik madde dağılım haritaları



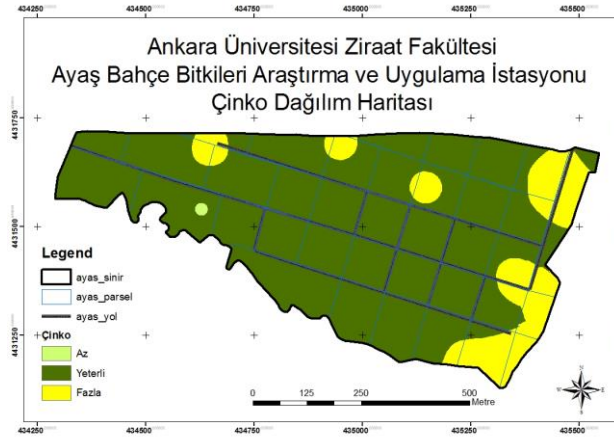
Şekil 6. Çalışma alanı topraklarının toplam N ile alınabilir P ve K dağılım haritaları

Çiftlik topraklarında en yüksek alınabilir P konsantrasyonu 64,4 mg kg⁻¹ iken, en düşük fosfor konsantrasyonu 3,4 mg kg⁻¹ ve ortalama 17,2 mg kg⁻¹ olmuştur. Çiftlik arazisinden alınan toprak örneklerinin % 19,17'sinde (83,25 da) alınabilir P konsantrasyonunun fazla, % 77,48'inde (336,45 da) yeterli ve % 3,35'inde (14,53 da) az olduğu bulunmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda, alınabilir P-K ($r: 0,703^{***}$; [Akça ve ark., 2017b](#); [Kuştutan ve ark., 2017](#); [Budak ve ark., 2018](#)) ve alınabilir P-Zn ($r: 0,568^{***}$;

Ateş ve ark., 2016; Akça ve ark., 2017b; Kuştutan ve ark., 2017) arasında önemli düzeyde pozitif ilişki tespit edilmiş ve çeşitli araştırmacılar da buna benzer sonuçlar bulduklarını bildirmişlerdir.

Şekil 6 incelendiğinde arazinin % 9797'sinde (425,41 da) alınabilir K'un fazla (0,37-1 g kg⁻¹) ve % 2,03'ünde (8,83 da) ise çok fazla (>1 g kg⁻¹) olduğu bulunmuştur. En yüksek K konsantrasyonu 1,42 g kg⁻¹ iken, en düşük K konsantrasyonu 0,43 g kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Toprak örneklerinde ortalama K konsantrasyonu ise 0,66 g kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Alınabilir K ve Zn (r: 0,310*) konsantrasyonları arasında pozitif bir ilişki belirlenmiş olup, bu bilgi Soba ve ark. (2015) ve Yalçın ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmalarla da paralellik göstermektedir.

Yapılan toprak analizleri sonucunda arazinin tamamında Fe'in yetersiz olduğu görülmektedir. En yüksek alınabilir Fe konsantrasyonu 2,57 mg kg⁻¹ iken, en düşük alınabilir demir konsantrasyonu 0,61 mg kg⁻¹, ortalaması ise 0,85 mg kg⁻¹ olmuştur. Yapılan korelasyon analizi sonucunda, alınabilir Fe-Zn (r: 0,611***) ve alınabilir Fe ile kum (r: 0,559***) arasında pozitif bir ilişki belirlenmiş ve bu bilgi Turan ve ark. (2010) tarafından yapılan çalışmayla paralellik göstermiştir. Alınabilir Fe ile pH (r: 0,581***) ve alınabilir Fe ile kil (r: 0,610***) arasında negatif bir ilişki belirlenmiş olup, bu bilgi; Altındal ve ark. (2013), Akça ve ark. (2017b) tarafından yapılan çalışmalarla benzerlik göstermiştir.

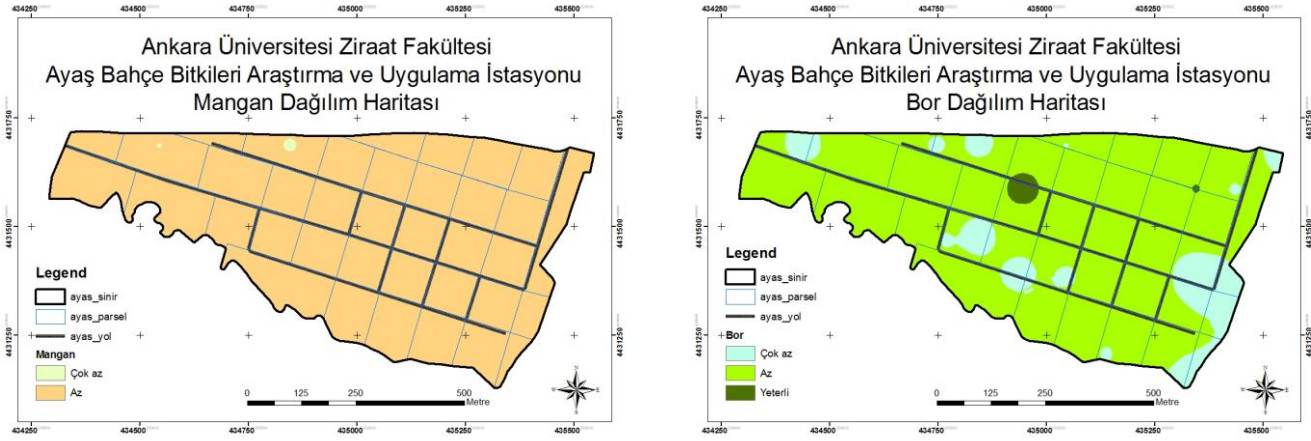


Şekil 7. Çalışma alanı topraklarının alınabilir Zn dağılım haritası

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde belirlenen alınabilir Zn konsantrasyonlarına göre hazırlanan dağılım haritası Şekil 7'de verilmiştir. Çiftlik topraklarında belirlenen en yüksek alınabilir Zn konsantrasyonu 3,90 mg kg⁻¹ iken, en düşük alınabilir Zn konsantrasyonu 0,55 mg kg⁻¹, ortalaması ise 1,80 mg kg⁻¹ olmuştur. Çinkonun çiftlik topraklarının % 0,15'inde (0,67 da) az, % 85,30'unda (370,39 da) yeterli ve % 14,55'inde (63,18 da) fazla olduğu tespit edilmiştir. Yapılan korelasyon analizi sonucunda alınabilir Zn-kil (r: 0,405**) ve alınabilir Zn-pH (r: 0,471**) arasında negatif bir ilişki belirlenmiş olup, bu bilgi Eyüpoğlu ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışma ile de benzerlik göstermektedir. Ayrıca alınabilir Zn-kum (r: 0,407**), alınabilir Zn-P (r: 0,568***), alınabilir Zn-K (r: 0,310*) ve alınabilir Zn-Fe (r: 0,611***) arasında da pozitif ilişki saptanmıştır.

Yapılan toprak analizleri sonucunda arazinin tamamında bakırın yeterli olduğu görülmektedir. En yüksek bakır değeri 1,99 mg kg⁻¹ iken, en düşük bakır değeri 0,53 mg kg⁻¹ olarak bulunmuştur. Topraklarda belirlenen ortalama bakır değerinin ise 0,82 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır. Yapılan korelasyon analizi sonucunda alınabilir Cu ile kil (r: 0,350*) arasında pozitif, alınabilir Cu ile kireç (r: 0,430**) arasında negatif bir ilişki belirlenmiştir.

Çalışma alanından alınan toprak örneklerinde belirlenen alınabilir Mn ve B konsantrasyonlarına göre hazırlanan dağılım haritası Şekil 8'de verilmiştir. Şekil 8 incelendiğinde arazinin tamamında Mn noksanlığı olduğu görülmektedir. En yüksek alınabilir Mn konsantrasyonu 3,20 mg kg⁻¹ iken, en düşük alınabilir Mn konsantrasyonu 0,88 mg kg⁻¹, ortalaması ise 2,10 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Şekil 8 incelendiğinde, en yüksek alınabilir B konsantrasyonunun 1,45 mg kg⁻¹, en düşük alınabilir B konsantrasyonunun 0,25 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Toprak örneklerinde ortalama B konsantrasyonu ise 0,64 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bor konsantrasyonunun çiftlik topraklarının 4,40 dekarlık kısmında (% 1,01) 1-2,5 mg kg⁻¹ aralığında, 377,89 dekarlık kısmında (% 87,03) 0,5-1 mg kg⁻¹ aralığında ve 51,94 dekarlık kısmında (% 11,96) ise 0,5 mg kg⁻¹ değerinden daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Korelasyon analizi sonucuna göre, alınabilir Mn ve B ile araştırılan parametreler arasında önemli bir ilişkinin olmadığı tespit edilmiştir.



Şekil 8. Çalışma alanı topraklarının alınabilir Mn ve B dağılım haritaları

Sonuç

Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının büyük çoğunluğunun tekstür sınıfının kil olduğu belirlenmiştir. Killi topraklar bitki besleme yönünden avantajlara sahipken, yarıyıllı su tutma ve havalanma bakımından bir takım riskler taşımaktadır. Çiftlik arazisinin güneydoğu kısmında sazlık ya da su birikiminin risk yaratabileceği alanlar bulunduğu için bu alanlarda aşırı sulamadan kaçınılmalıdır. Toprak ıslakken arazi üzerinde araç trafiğinden kaçınılmalıdır. Bitki gelişimini sınırlandıran pulluk katmanının oluşumu izlenmelidir. Çiftlik topraklarının genellikle hafif alkali karakterli olduğu belirlenmiştir. Toprak pH'sı bitki besin elementlerinin alınımını sınırlandıran en önemli etmenlerden olduğu için yüksek pH'lı topraklarda P ve bazı mikro elementlerin (Fe, Zn) alınımı azalmaktadır. Bundan dolayı toprak pH'sını azaltıcı toz kükürt gibi uygulamaların yapılmasının yanında fizyolojik asit karakterli gübreler ile nitrik veya sülfürik asitlerin sulama suyuna verilmesi önerilmektedir. Çiftlik topraklarının tamamında EC değeri bitki gelişimini sınırlandırmaya başlayan 2 dS m⁻¹ değerinin altında bulunmuştur. Bu yönüyle topraklarda tuzluluk probleminden söz edilemez, fakat toprakların aşırı tuzlanmasına neden olabilecek aşırı ve bilinçsiz gübrelemeden kaçınılmalıdır. Çiftlik topraklarının tamamı orta kireçli sınıfa girmektedir. Kireç ve yüksek pH, bitkiler tarafından alınabilecek mikro elementleri sınırlandırmaktadır. Bu yönüyle kirece dikkat edilmeli ve çiftlik topraklarında kirece dayanıklı bitkiler yetiştirilmelidir. Çiftlik topraklarının yarıdan fazlasının organik madde içeriği az ya da çok az seviyelerdeyken, geri kalanında orta seviyelerdedir. Yoğun tarım yapılan topraklarda organik madde düzeyinin artırılması istendiği için belirli aralıklarla iyi yanmış hayvan gübresinin araziye uygulanıp karıştırılması, bitkisel üretimi artırabileceği gibi tarımsal üretimin sürdürülebilirliği açısından da son derece önemlidir. Çiftlik topraklarının % 28,92'sinde azot noksan olarak belirlenmiştir. Yapılan çalışma sonucunda noksanlık belirlenen yerlere uygulanacak azot miktarı diğer alanlara göre daha yüksek tutulmalıdır. Tarımsal üretim için mutlak gerekli elementlerden biri de fosfordur. Çiftlikte yoğun olarak meyve ve sebze tarımı yapıldığından dolayı fosforlu gübre kullanımı oldukça fazladır. Bu sebeple çiftlik topraklarında bitkiye yarıyıllı fosfor yeterli düzeyde bulunmuştur. Diğer taraftan, fazla fosforlu gübre kullanımından kaçınılmalı fakat bitki çeşidine bağlı olarak kullanımı da ihmal edilmemelidir. Kalite elementi olarak bilinen potasyum çiftlik topraklarının genelinde fazla olarak bulunmuştur. Bununla birlikte özellikle meyve ağaçlarında kaliteyi artırmak amacıyla uygulanması önerilmektedir. Meyve fidanı yetiştiriciliğinin yoğun olarak yapıldığı çiftlikte kireç ve pH yüksekliğine bağlı olarak başta demir ve mangan olmak üzere mikro element eksiklikleri yaşanmaktadır. Bundan dolayı farklı bitki türlerine özgü hazırlanacak gübreleme programlarına yapraktan mikro element uygulamasının eklenmesi iyi ve sürdürülebilir yetiştiricilik açısından gereklidir. Toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği açısından toprak ve bitki analizleri son derece önemli olup, bitkilere uygulanması gereken gübre ve miktarlarının toprak ve bitki analiz sonuçlarına göre ayarlanması sadece verimliliği artırmakla kalmayıp, tarımsal üretimin en önemli girdisi olan gübrelerin ihtiyaç duyulan miktarda kullanımıyla ülke ekonomisine de katkı sağlayacaktır.

Kaynaklar

Akça H, Taşkın MB, Şahin Ö, Kaya EC, Turan MA, Taban S, Balcı M, 2017a. Beypazarı yöresinde havuç (*Daucus Carota* L.) tarımı yapılan toprakların verimlilik durumları ile havuç bitkisinin potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 31(2):123-138.

- Akça H, Taban N, Turan MA, Taban S, Quedrago A, Türkmen N, 2017b. Türkiye'de sarımsak tarımı yapılan toprakların verimlilik durumu. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 5(2): 93-100.
- Akça MO, Türkmen F, Taşkın MB, Soba MR, Öztürk HS, 2015. Ankara Üniversitesi Kalecik Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 3(2): 54-63.
- Altındal M, Günel H, Acir N, 2013. Bitkiye yarayışlı mikro besin elementi konsantrasyonlarının uzaysal dağılımının haritalanması. III. Ulusal Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, Tokat. 939-947.
- Anonim, 2018a. Available: <http://www.ayas.gov.tr/idari-durum> (Erişim tarihi: 06.07.2018).
- Anonim, 2018b. Available: <http://www.ayas.gov.tr/cografi-yapi> (Erişim tarihi: 06.07.2018).
- Anonim, 2018c. Available: <http://agri.ankara.edu.tr/ayas-bahce-bitkileri-arastirma-ve-uygulama-isletmesi/> (Erişim tarihi: 23.11.2018).
- Arslanoğlu M, Özçelik M. 2005. Sayısal arazi yükseklik verilerinin iyileştirilmesi. TMMOB Harita ve Kadastro Mühendisleri Odası 10. Türkiye Harita Bilimsel ve Teknik Kurultayı, 28 Mart-1 Nisan, Ankara.
- Atatanır L, M Yüksel, 2003. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ayaş Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının detaylı toprak etüd ve haritalanması. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 20(1):157-164.
- Ateş F, Kuştutan F, Dardeniz A, Yüksel S, 2016. Alaşehir'de (Manisa) mevlana üzüm çeşidi yetiştirilen bağ topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi. *Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 4(2): 37-43.
- Başar H, 2001. Bursa İli topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 15(2):69-83.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43:434-438.
- Bremner JM, 1965. Total nitrogen. In: Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Black, C.A. (ed.), Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, pp. 1149-1178, Madison, Wisconsin, USA.
- Budak M, Günel H, Çelik İ, Acir N, Sırrı M, 2018. Dicle Havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 5(2): 103-115.
- Eyüboğlu F, Kurucu N, Talaz S, 1998. Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Toprak ve Gübre Araş. Enst. Müd. Ankara.
- FAO 1990. Micronutrient, assesment at the country level: an international study. FAO Soils Bulletin 63.Rome.
- Güler M, Kara T, 2007. Alansal dağılım özelliği gösteren iklim parametrelerinin coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve kullanım alanları, genel bir bakış. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 22(3): 322-328.
- Günel E, Erdem H, 2015. Suluova ve Merzifon Ovaları topraklarının yarayışlı demir, bakır, çinko ve mangan konsantrasyonlarının mesafeye bağlı değişimi. *Toprak Su Dergisi* 4(2): 1-13.
- Güneş A, İnal A, Alparslan M, Taban S, Poyrazoğlu S, 1999. Beypazarı yöresinde yetiştirilen havuçların beslenme durumları ve besin değerleriyle toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 5(1):33-44.
- Hızalan E, Ünal H, 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 278, Ankara.
- Jackson ML, 1958. Soil chemical analysis. Prentice Hall, Inc. Englewood Cliffs, New Jersey, USA, pp. 1-498.
- Karadavut U, Palta Ç, Bitgi S, Okur O, Çarkacı DA, 2011. Konya ilinde fiğ tarımı yapılan bazı alanlarında makro ve mikro besin elementi içeriklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 1(3): 105-109.
- Karaduman A, Çimrin K.M. 2016. Gaziantep yöresi topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 19(2): 117-129.
- Kuştutan F, Ateş F, Akın A, 2017. Alaşehir ilçesinde (Manisa) superior seedless üzüm çeşidi yetiştirilen toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi* 21(1): 16-23.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. *Soil Science Society of American Proceeding* 42: 421-428.
- Maas EV, 1986. Salt tolerance of plants. *Applied Agricultural Research* 1:12-26.
- Olsen SR, Sommers LE, 1982. Phosphorus. In: Page, Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and Microbiological Properties, (eds. L. A., R.H. Miller and D.R. Keeney)Madison, Wisconsin, American Society of Agronomy, pp.539-579.
- Özyazıcı MA, Sağlam M, Dengiz O, Erkoçak A, 2014. Çay tarımı yapılan topraklara yönelik faktör analizi ve jeostatistik uygulamaları: Rize ili örneği. *Toprak Su Dergisi*, 3(1):12-23.
- Parlak M, Fidan A, Kızılıçık İ, Koparan H, 2008. Eceabat ilçesi tarım topraklarının verimlilik durumlarının belirlenmesi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi* 14(4):394-400.
- Pratt PF, 1965. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. (eds. C.A. Black), Amer. Soc. Agr. Inc. Publisher Agro. Series No:9., Madison, USA.
- Richards LA, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. United States Department of Agriculture Handbook, 60.
- Sağlam M, Dengiz O, 2013. Kimyasal toprak kalite göstergelerinin faktör ve jeostatistik analiz yöntemleriyle değerlendirilmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 50(2):181-190.

- Soba, M.R., Türkmen, F., Taşkın, M.B., Akça, M.O., Öztürk, H.S., 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği topraklarının verimlilik durumlarının incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*. 4 (1): 7-17.
- Şenol H, Alaboz P, Gülsoy S, Özkan G, 2018. Boylu ardıç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ormanları altındaki toprakların fizikokimyasal özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 19(1):1-10.
- Taban S, Alpaslan M, Hasemi AG, Eken D, 1997. Orta Anadolu'da çeltik tarımı yapılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Bilimleri Dergisi* 3(3):457-466.
- Turan MA, Katkat AV, Özsoy G, Taban S, 2010. Bursa ili alüviyal tarım topraklarının verimlilik durumları ve potansiyel beslenme sorunlarının belirlenmesi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24(1):115-130.
- Turan MV, 2017. Alana özgü bazı toprak özelliklerinin veri bankasının oluşturulması: Eynesil/ Erzikıranı Köyü. Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, s.82.
- Wolf B, 1971. The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 2(5):363-374.
- Yağmur B, Okur B, 2015. Salihli (Manisa) yöresindeki şeftali (*Prunus Persica* L.) bahçelerinin beslenme ve kirlilik durumları. *Meyve Bilimi* 2(1): 16-26.
- Yakupoğlu T, Demirci D, 2013. Kahramanmaraş-Narlı Ovası topraklarının erozyona duyarlılıkları ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 28(1):33-38.
- Yalçın M, Çimrin KM, Tutuş Y, 2018. Hatay İli Kırıkhan-Reyhanlı Bölgesi çayır-mera topraklarının besin elementi durumları ve bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi* 21(3):385-396.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Boussinesq denkleminin çözümüne bağlı olarak taban suyu seviyesi yüksekliğinin incelenmesi

İmanverdi Ekberli *, Coşkun Gülser

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

Özet

Bu çalışmada geçirgen toprak katmanında Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak taban suyu seviyesindeki değişimin belirlenmesi için Boussinesq denkleminin ilave edilmesi ve çözümü açıklanmıştır. Yavaş (0.44 cm sa^{-1}), oldukça yavaş (1.05 cm sa^{-1}) ve orta (3.12 cm sa^{-1}) hidrolik iletkenlik değerlerine sahip topraklara aynı hacimde su uygulanması durumunda, farklı toprak kesitlerinden farklı sürelerde oluşacak drenaj koşulları için taban suyu seviyesindeki değişimler hesaplanmıştır. Genel olarak taban suyu seviyesi, drenajın gerçekleştiği kesit mesafesinin daralması ile yükselmekte, kesit mesafesinin artması ile alçalmaktadır. Taban suyu seviyesindeki değişim drenaj süresi arttıkça aynı geçirgenlik sınıfı için sabit bir değere yaklaşmaktadır. Toprak ortamına ilave olunan su miktarına bağlı olarak taban suyu seviyesinin değişiminde, drenaj kesit mesafesinin, zamanın ve hidrolik iletkenliğin temel faktörler olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Drenaj, Dupuit yaklaşımı, Darcy yasası, Boussinesq denklemi, iletkenlik.

Investigation of groundwater level due to the solution of Boussinesq equation

Abstract

In this study, to determine the change in groundwater level in a permeable soil layer depend on the Dupuit approach and Darcy's law, the addition of the Boussinesq equation and its solution were explained. If the same volume of water is applied to the soils having slow (0.44 cm h^{-1}), moderately slow (1.05 cm h^{-1}) and moderate (3.12 cm h^{-1}) hydraulic conductivity values, changes in the ground water levels were calculated under the different drainage conditions occurred from different cross sections of soils for different drainage times. The ground water level generally rises with the narrowing of the cross-sectional distance at which the drainage takes place and falls with the increase of the cross-sectional distance. The change in the ground water level approaches a constant value for the same permeability class as the drainage time increases. It was determined that the main factors in the change of the ground water level depending on the amount of water added to soil were the cross-section drainage distance, time and hydraulic conductivity.

Keywords: Drainage, Dupuit approach, Darcy's law, Boussinesq equation, conductivity.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Arazi koşullarında topraktaki doymamış su hareketi i) yağmur veya sulamadan sonra suyun doymun olmayan toprak profilinde yukarıdan aşağı doğru hareketi ve ii) taban suyu tablasının doyurduğu toprak seviyesinde aşağıdan yukarı doğru olan su hareketi ile iki şekilde gerçekleşmektedir. Sulama ve yıkama uygulamaları, aşırı yağış miktarı, bölgenin hidrojeolojik koşulları gibi faktörler taban suyunun derinliğine ve seviyesine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Düzensiz sulama uygulamaları, aşağı toprak katmanları yönünde doğal taban suyu akışının olmaması taban suyu derinliğinin yükselmesine, dolayısıyla bitki-kök bölgesinde tuzlanmaya neden olmaktadır (Kostyakov, 1960; Kats ve Shestakov, 1992). Taban suyunun derinliği, sıcaklığı, tuz yoğunluğu, kimyasal bileşeni vb. özelliklerinin yıl boyunca veya çok yıllık değişkenliği, taban suyunun özgül özelliklerindedir. Su tüketimi yüksek olan bitki örtüsü altındaki derinliği fazla olmayan taban suyu seviyesinin günlük değişimi 10-15 cm kadar olabilmektedir. Eğimli dağ yamacı gibi arazilerde taban suyu seviyesinin mevsimlik değişimi daha fazla olup, birkaç santimetreden 10-15 m'ye

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 3121919
E-posta : iman@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 20 Aralık 2017
Kabul Tarihi : 21 Eylül 2018

e-ISSN : 2146-8141

kadar değişebilmektedir. Genel olarak, taban suyu seviyesinin çok yıllık değişimi, mevsimlik değişimden daha fazla olmaktadır. Taban suyu derinliğinin ve seviyesinin değişimi toprakların su, tuz, sıcaklık rejiminin oluşumuna önemli düzeyde etki yapmakta, bu değişimin belirlenmesi ise sulanan topraklarda drenaj-kollektor şebekesinin yapılmasında gerekli olmaktadır (Faibishenko, 1986; Kats ve Shestakov, 1992). Taban suyu seviyesinin değişimi, çeşitli tarım ürünleri için farklı değerlere sahip olan "kritik taban suyu derinliği" ne de etki yapmaktadır (Zaydelman, 1987).

Toprakta deneysel olarak ölçülen fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlerin ifade edilmesinde matematiksel çözümlere dayalı yaklaşımlar kullanılmaktadır. Toprak profili boyunca ısı hareketinin teorik olarak ifadesinde parabolik fonksiyonların kullanımı, ısı taşınım denkleminin çözümünde benzerlik teorisinin uygulanması, topraklara uygulanan yük altında toprak deformasyon ve geriliminin ifadesinde reoloji denkleminin kullanılabilirliği gibi topraktaki birçok fiziksel sürecin ifadesinde de analitik denklem çözümlerinden yararlanıldığı bilinmektedir (Ekberli ve ark. 2014; 2015a,b; 2016; 2017; Ekberli ve Sarılar, 2015; Gülser ve ark., 2018). Taban suyu tablasının seviyesindeki değişimin belirlenmesinde de teorik ve deneysel yöntemler uygulanmaktadır. Teorik yöntemler, doğrusallaştırılmış Boussinesq denkleminin (doğrusal olmayan difüzyon denkleminin) analitik veya yarı analitik (Rai ve ark., 2006; Cuthbert, 2010); Richards denkleminin sayısal (Neto ve ark., 2015) ve su bilançosu denkleminin çözümlerinden (Bierkens, 1998; Knotters ve Bierkens, 2000; Park ve Parker, 2008; Jeong ve Park, 2017) oluşmaktadır. Yeraltı hidroloji süreçlerinin belirlenmesinin zor olduğu veya belirlenememesi durumlarında deneysel verilerden yararlanılmaktadır (Bierkens ve ark., 1999; Coulibaly ve ark., 2001). Burada, deneysel verilere bağlı olarak doğrusal (Bierkens ve ark., 1999; Knotters ve Bierkens, 2000) veya doğrusal olmayan (Coulibaly ve ark., 2001; Coulibaly ve Baldwin, 2005; Yoon ve ark., 2011) yöntemler uygulanmaktadır. Morel ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, Oberbeck-Boussinesq yaklaşımının değişken yoğunluklu taban suyu akışının modellenmesinde geçerliliği incelenmiştir. Doymun koşullardaki taban suyu akışında, Oberbeck-Boussinesq yaklaşımı ile düşük yoğunlukta konumsal ve zamansal değişim, kütle denge eşitliği ile ifade edilmiştir. Jeong ve ark. (2018), doymun olmayan koşullarda taban suyu seviyesinin 25.5, 70.0 ve 156.5 m olan üç izleme alanında, su tablasının yağmura bağlı olarak değişiminin incelenmesinde, zamanın fonksiyonu olan matematiksel bir model geliştirmiş; doymun ve doymun olmayan ortamlarda modelin uygulanabilirliği için deneysel verilerin kalibre edilmesi gerektiğini bildirmişlerdir. Kong ve ark. (2015), taban suyu seviyesinin değişimine etki yapan faktörleri araştırarak, değişimin tahmin edilmesinde Boussinesq denklemi ve diğer modelleri (Li ve ark., 1997; Barry ve ark., 1996; Kong ve ark., 2013) kullanmışlardır. Bu çalışmanın amacı, literatürde yer alan taban suyu seviyesinin belirlenmesinde kullanılan yöntemlere Boussinesq denkleminin dahil edilmesi ve çözümü; elde edilen çözüme bağlı olarak taban suyu seviyesi değişiminin matematiksel olarak ifade edilmesini, farklı drenaj süreleri, kesit mesafeleri, ve ortam geçirgenlikleri için sayısal olarak uygulanmasıdır.

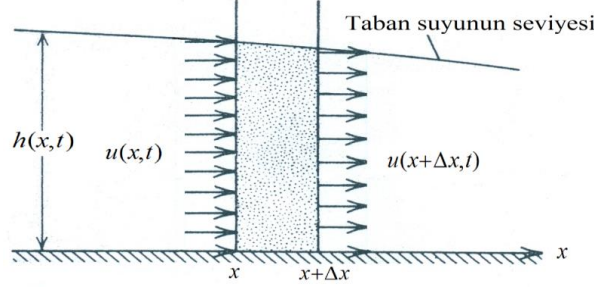
Materyal ve Yöntem

Geçirgen toprak katmanında Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak taban suyu seviyesindeki değişimin belirlenmesine ait yaklaşıma ilave edilen Boussinesq denklemi çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Araştırma yöntemi olarak matematiksel modelleme yöntemi kullanılmıştır.

Matematiksel Açıklama

Herhangi bir geçirgen toprak katmanında $u(x,t)$ akışına sahip taban suyunun, zamana ve mesafeye bağlı olan taban suyu tablasının $h(x,t)$ yüzey seviyesinin belirlenmesi için süreklilik denkleminin veya kararlı olmayan ortamda kütle korunması kuralının dahil edilmesi gerekmektedir. Bu durumda, su ile doymun ortamda x mesafesine bağlı bir boyutlu $u(x)$ su akışının yatay basınç (p) eğimini ifade eden $\frac{dp}{dx} = \rho g \frac{dh}{dx}$

(burada, ρ -suyun yoğunluğu, kgm^{-3} ; $g = 9.81m sn^{-2}$ -yerçekimi ivmesidir) Dupuit yaklaşımının (Dupuit, 1863; Bear ve ark., 1968; Turcotte ve Schubert, 1982) doğru olduğu varsayılır ve geçirgen toprak katmanının x ve $x + \Delta x$ yüzeyleri ile sınırlanan birim kesit alanında çok kısa mesafede gerçekleşen $u(x,t)$ su akışı incelenir (Şekil 1).



Şekil 1. Kapalı olmayan geçirgen toprak katmanının birim kesit alanında çok kısa mesafede gerçekleşen bir boyutlu akış (Turcotte ve Schubert, 1982)

Doymun toprak katmanına dik olan ve katmanının birim uzunluktaki çok küçük bir kesitinden giren ve çıkan suyun hacmi sırasıyla $u(x,t)h(x,t)$ ve $u(x+\Delta x,t)h(x+\Delta x,t)$, toprak kesitindeki su akışının değişimi ise

$$\lim_{\Delta x \rightarrow 0} \frac{u(x+\Delta x,t)h(x+\Delta x,t) - u(x,t)h(x,t)}{\Delta x} = \frac{\partial}{\partial x}(uh) \quad (1)$$

olarak, çıkan su akış miktarı aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$u(x+\Delta x,t)h(x+\Delta x,t) - u(x,t)h(x,t) \approx \frac{\partial}{\partial x}(uh)\Delta x \quad (2)$$

Suyun sıkıştırılmaması varsayımı durumunda, çıkan su giren sudan fazla olmakta, dolayısıyla taban suyu seviyesinin azalmasına neden olmaktadır. Taban suyu seviyesinin Δt zamanında $h(t,x)$ 'den $h(t+\Delta t,x)$ 'e gibi değişmesi durumunda, su hacminin değişimi aşağıdaki gibi ifade edilir.

$$\phi[h(t+\Delta t,x) - h(t,x)]\Delta x \approx \phi \frac{\partial h}{\partial t} \Delta x \Delta t \quad (3)$$

(3) ifadesindeki ϕ çarpımı, ancak topraktaki gözeneklerin su ile doymuş durumda olduğunu göstermektedir. Kütlelerin korunumu koşuluna göre, Δt zamanında toprağın küçük bir kesitinden çıkan toplam su miktarı, azalan su hacmine eşit olmaktadır. Bu durumda, (1) ve (2) ifadeleri göz önüne alınarak aşağıdaki (4) ifadesi elde edilir.

$$\phi \frac{\partial h}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}(uh) = 0 \quad (4)$$

(1) ifadesinin, bir boyutlu durumda $u = -\frac{k}{\mu} \frac{dp}{dx}$ (burada, k ortamın geçirgenlik katsayısı (gözenekli ortamda gerçekleşen akıma gösterilen direncin ölçütü); μ sıvının dinamik akışkanlık katsayısıdır) gibi ifade edilen Darcy yasasında (Darcy, 1856) yerine konulması ile doymuş ortam için elde edilen $u = -\frac{k\rho g}{\mu} \frac{dh}{dx}$ Darcy hızı

(4)'te göz önüne alınırsa,

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{k\rho g}{\mu\phi} \frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) \quad (5)$$

Boussinesq denklemi (doğrusal olmayan difüzyon denklemi) elde edilir (Boussinesq, 1904; Turcotte ve Schubert, 1982; Lockington ve ark., 2000; Tang ve Alshawabkeh, 2006; Telyakovskiy ve ark., 2010; 2016; Su, 2017).

Toprak fiziği, sulama, hidroloji, jeodinamik vb. gibi alanlarda, Boussinesq denkleminin farklı başlangıç ve sınır koşullarında, benzerlik değişkenlerine bağlı olan çeşitli çözümleri kullanılmaktadır (Luthin, 1964; Szilagyi ve Parlange, 1998; Rai ve Manglik, 1999; Zavala ve ark., 2007; Morel ve ark., 2015; Yang ve ark., 2018). Toprakta az geçirgen katman üzerindeki suyun yatay yöndeki hareketi durumunda, ısı iletkenliği denkleminin çözümüne benzer olarak (Luikov, 1948; Luikov ve Mikhailov, 1965; Luikov, 1967; Isachenko ve ark., 1981; Gülser ve Ekberli, 2002; Ekberli, 2006), Boussinesq denkleminin benzerlik parametrelerine bağlı çözümünün belirlenmesi ve uygulanması mümkün olmaktadır (Turcotte ve Schubert, 1982; Barna ve Matyas, 2015; Su, 2017; Yao ve ark., 2018).

Başlangıçta her hangi bir hacimde olan taban suyunun hareketi, benzerlik değişkenleriyle (f, ξ) aşağıdaki gibi ifade edilebilir:

$$f = \left(\frac{12k\rho g\varphi t}{\mu V^2} \right)^{\frac{1}{3}} h \quad (6)$$

$$\xi = \left(\frac{2\mu\varphi^2}{3k\rho g Vt} \right)^{\frac{1}{3}} x \quad (7)$$

(Burada, V - taban suyunun hareketine dikey yönde birim uzunluktan giren suyun hacmidir.)

(5) Boussinesq denkleminin f ve ξ benzerlik değişkenleri ile ifade edilmesi için, (6) ifadesinden

$h = \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} f$ bulunarak, $\frac{\partial h}{\partial t}$ ve $\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right)$ kısmi türevleri hesaplanır:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \frac{1}{3} \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{-\frac{2}{3}} \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi} \right) \left(-\frac{1}{t^2} \right) \cdot f + \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{df}{d\xi} \frac{\partial \xi}{\partial t} = -\frac{1}{3t} \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \left(f + \xi \frac{df}{d\xi} \right) \quad (8)$$

$$\frac{\partial h}{\partial x} = \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{df}{d\xi} \frac{d\xi}{dx} = \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{2\mu\varphi^2}{3k\rho g Vt} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{df}{d\xi} \quad (9)$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(h \frac{\partial h}{\partial x} \right) = \frac{\partial h}{\partial x} \frac{\partial h}{\partial x} + h \frac{\partial}{\partial x} \left(\frac{\partial h}{\partial x} \right) = \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{2\mu\varphi^2}{3k\rho g Vt} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{df}{d\xi} \right)^2 + \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} f \cdot \quad (10)$$

$$\cdot \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{2\mu\varphi^2}{3k\rho g Vt} \right)^{\frac{1}{3}} \frac{d}{d\xi} \left(\frac{df}{d\xi} \right) \cdot \frac{d\xi}{dx} = \left(\frac{\mu V^2}{12k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{2\mu\varphi^2}{3k\rho g Vt} \right)^{\frac{2}{3}} \left[\left(\frac{df}{d\xi} \right)^2 + f \frac{d^2 f}{d\xi^2} \right]$$

(8) ve (10) ifadeleri (5)'de yerine konursa, aşağıdaki denklem elde edilir:

$$f \frac{d^2 f}{d\xi^2} + \left(\frac{df}{d\xi} \right)^2 + \xi \frac{df}{d\xi} + f = 0 \quad (11)$$

Su miktarının korunması koşulu f ve ξ değişkenlerine göre aşağıdaki biçimde yazılır:

$$\int_0^{\xi_0} f d\xi = 1 \quad (12)$$

(Burada, ξ_0 değeri, taban suyu seviyesi genişliğinin yarısı (x_0) ile bağlantılı olup, $x = x_0$ olarak (7) ifadesine göre belirlenir.)

(11)-(12) probleminin analitik çözümü (Turcotte ve Schubert, 1982) aşağıdaki gibi olur:

$$f = \frac{3^{\frac{2}{3}}}{2} \left(1 - \frac{\xi^2}{3^{\frac{2}{3}}} \right), \quad |\xi| \leq \xi_0 = 3^{\frac{1}{3}} \quad (13)$$

(13) ifadesinden görüldüğü gibi, taban suyunun yüzeyi, herhangi bir zaman anında parabolik fonksiyonla ifade olunabilir. (7) ifadesi (13)'de yerine konursa aşağıdaki (14) ifadesi elde edilir.

$$f = \frac{3^{\frac{2}{3}}}{2} \left[1 - \left(\frac{2\mu\varphi^2}{9k\rho g Vt} \right)^{\frac{2}{3}} x^2 \right] \quad (14)$$

(6) ve (14) ifadelerinden ise, mesafenin (x) ve zamanın (t) fonksiyonu olarak taban suyunun yüksekliği (h) için aşağıdaki ifade elde edilir (Turcotte ve Schubert, 1982):

$$h = \left(\frac{3\mu V^2}{32k\rho g\varphi t} \right)^{\frac{1}{3}} \left[1 - \left(\frac{2\mu\varphi^2}{9k\rho g Vt} \right)^{\frac{2}{3}} x^2 \right] \quad (15)$$

(15) ifadesi dikey drenaj (kuyu) sisteminde taban suyu tablasının seviyesine ait yükseklikteki değişimin yaklaşık olarak belirlenmesine imkan sağlamaktadır. (15) ifadesi aşağıdaki gibi sadeleştirilebilir:

$$h = \left(\frac{3\mu V^2}{32k\rho g\varphi} \right)^{\frac{1}{3}} \left(\frac{1}{t} \right)^{\frac{1}{3}} \left[1 - \left(\frac{2\mu\varphi^2}{9k\rho gV \cdot 10^4} \right)^{\frac{2}{3}} \left(\frac{1}{t \cdot 10^{-4}} \right)^{\frac{2}{3}} x^2 \right] \quad (16)$$

(hesaplamanın kolaylaştırılması için 10^4 ve 10^{-4} sayıları dahil edilmiştir)

$A = \left(\frac{3\mu V^2}{32k\rho g\varphi} \right)^{\frac{1}{3}}$ ve $B = \left(\frac{2\mu\varphi^2}{9k\rho gV \cdot 10^4} \right)^{\frac{2}{3}}$ işaret edilirse aşağıdaki (17) ifadesi elde edilir.

$$h(x,t) = A \left(\frac{1}{t} \right)^{\frac{1}{3}} \left[1 - B \left(\frac{1}{t \cdot 10^{-4}} \right)^{\frac{2}{3}} x^2 \right] \quad (17)$$

(17) ifadesinde de görüldüğü gibi, taban suyunun yüzey seviyesinin (taban suyu tablasının) değişimi mesafeye ve zamana önemli derecede bağlı olmaktadır.

Bulgular ve Tartışma

Taban suyu seviyesinin drenaj kesit mesafesi ve zamana bağlı olarak değişimi

Bu çalışmada, geçirgen toprak katmanında Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak Boussinesq denkleminin ilave edilmesi ve denklemin çözümünden elde edilen analitik ifadeye göre taban suyu tablasının yüksekliğindeki değişim gösterilmiştir. Bu analitik ifade örnek bir çözüm ile açıklanmaya çalışılırsa, orta düzeyde geçirgenliğe sahip bir toprak ortamı için hektardan 180 m³ suyun drene olduğu kabul edildiğinde (Averyanov, 1978) taban suyunun hareketine birim alandan (m²) birim uzunlukta (m) giren su miktarı $V = 0.018m^2$ olacaktır. Bu toprak ortamında suyun akışkanlığının $\mu = 1.14 \cdot 10^{-3} kg m^{-1} sn^{-1}$; gözenekli ortamın geçirgenlik katsayısının (özgül iletkenliğinin) $k = 10^{-12} m^2$; suyun yoğunluğunun $\rho = 1000 kg m^{-3}$; yerçekimi ivmesinin $g = 9.81 m sn^{-2}$ ve suyla doymun gözenekliliğin $\varphi = 0.45$ olması durumunda eşitlik (17) deki A ve B ifadeleri aşağıdaki gibi hesaplanabilir.

$$A = \left[\frac{3 \cdot 1.14 \cdot 10^{-3} \cdot (0.018)^2}{32 \cdot 10^{-12} \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 0.45} \frac{kg m^7 sn^2}{kg m^4 sn} \right]^{\frac{1}{3}} \approx (7.844 m^3 sn)^{\frac{1}{3}} \approx 1.987 m sn^{\frac{1}{3}}$$

$$B = \left[\frac{2 \cdot 1.14 \cdot 10^{-3} \cdot (0.45)^2}{9 \cdot 10^{-12} \cdot 1000 \cdot 9.81 \cdot 0.018 \cdot 10^4} \frac{kg m^3 sn^2}{kg m^6 sn} \right]^{\frac{2}{3}} \approx (29.052 m^{-3} sn)^{\frac{2}{3}} \approx 9.450 m^{-2} sn^{\frac{2}{3}}$$

Bu değerler eşitlik (17)'de yerine konulduğunda toprağa ilave olan su miktarına bağlı olarak taban suyu tablasının dikey yöndeki değişimi (h), su giriş mesafesi (x) ve zamanın (t) bir fonksiyonu olarak eşitlik (18) yardımıyla hesaplanabilir.

$$h(x,t) = \left(1.987 m sn^{\frac{1}{3}} \right) \left(\frac{1}{t} \right)^{\frac{1}{3}} \left[1 - \left(9.450 m^{-2} sn^{\frac{2}{3}} \right) \left(\frac{1}{t \cdot 10^{-4}} \right)^{\frac{2}{3}} x^2 \right] \quad (18)$$

Bu toprak ortamı için taban suyunun yüzey seviyesindeki değişim, farklı mesafelerdeki su girişi (x; 0.05, 0.10, 0.15, 0.20, 0.25, 0.30, 0.40 ve 0.60 m) ve zaman aralıkları (t; 3, 5, 8, 12, 24, 48, 72 ve 96 saat) için hesaplanabilir. Örneğin, belirtilen ortam özelliklerine sahip toprağın birim uzunlukta 5 cm'lik yatay katmanından ($x = 0.05 m$) oluşacak drenajla 3 saat ($t = 1.08 \cdot 10^4 sn$) sonunda taban suyu seviyesindeki değişim miktarı (18) ifadesi ile aşağıdaki gibi hesaplanır.

$$h(x,t) = \left(1.987 m sn^{\frac{1}{3}} \right) \left(\frac{1}{1.08 \cdot 10^4 sn} \right)^{\frac{1}{3}} \left[1 - \left(9.450 m^{-2} sn^{\frac{2}{3}} \right) \left(\frac{1}{1.08 sn} \right)^{\frac{2}{3}} (0.05 m)^2 \right] \approx$$

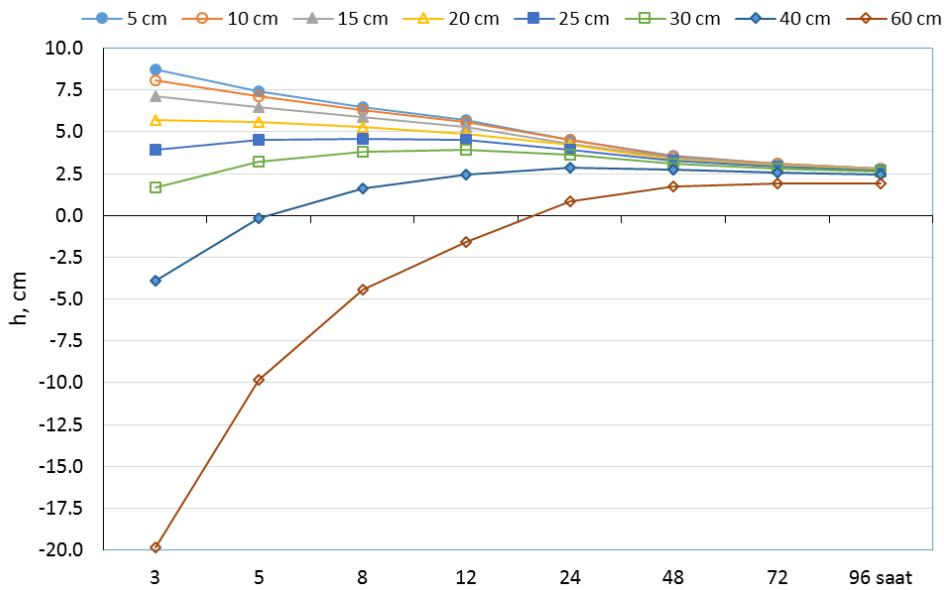
$$\approx 0.090 m \cdot 0.978 \approx 0.088 m = 8.8 cm \text{ olur.}$$

Bu toprak örneği için farklı kesit mesafelerinden oluşacak drenajla zamana göre taban suyu yüzey seviyesindeki değişim değerleri (18) ifadesine göre hesaplanmış ve Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1.Taban suyu tablası yüksekliğinin ($h(x,t)$, m), mesafe ve zamana göre değişimi

$t \cdot 10^4$ sn x, m	1.08	1.80	2.88	4.32	8.64
0.05	0.088	0.074	0.065	0.057	0.045
0.10	0.081	0.071	0.063	0.056	0.045
0.15	0.071	0.065	0.059	0.053	0.043
0.20	0.057	0.056	0.053	0.049	0.042
0.25	0.039	0.045	0.046	0.045	0.039
0.30	0.017	0.032	0.038	0.039	0.036
0.40	-0.039	-0.002	0.016	0.024	0.029
0.60	-0.198	-0.098	-0.044	-0.016	0.009

Çizelge 1’den görüldüğü gibi, zamana bağlı olarak birim alandan (V) farklı kesit mesafelerinde drene olan su miktarı taban suyu yüzey seviyesi yüksekliğini etkilemektedir. Bu toprak ortamı için ele alınan birim uzunlukta (m) aynı miktardaki suyun (0.018 m^2) farklı kesit mesafelerdeki drenajı sonucunda taban suyu tablasının seviyesinde (h) 4 günlük ($34.56 \cdot 10^4$ sn) değişimler eşitlik (18) yardımıyla hesaplanarak Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1’in incelenmesinden de anlaşılacağı gibi, birim uzunlukta aynı miktardaki su kütlelerinin drene olduğu kesit mesafesi azaldıkça taban suyu seviyesi artış göstermektedir. Taban suyu seviyesindeki en yüksek artış 8.8 cm ile 3 saat sonunda 5 cm’lik toprak kesitinde gerçekleşen drenaj durumunda belirlenmiştir. Toprakta birim uzunlukta aynı miktar suyun drenajı 5 ile 30 cm aralığındaki kesit mesafelerde gerçekleşmesi durumunda taban suyu seviyesinde artış, 40 ve 60 cm gibi daha geniş kesit mesafelerden drenajında ise taban suyu seviyesinde azalış veya alçalma konisi oluştuğu gözlenmektedir. Bu geniş toprak kesitlerinden (40 ve 60 cm) gerçekleşen drenaj sonucu hesaplanan ve başlangıçta negatif değere sahip taban suyu seviyesi altında olan değişimin zamana bağlı olarak arttığı ve pozitif değerler olarak taban suyu seviyesinin üzerine çıktığı görülmektedir (Şekil 1). Elde edilen (18) çözümüne göre suyun topraktan drene olduğu kesit mesafeye göre taban suyu tablasının seviyesindeki değişimlerin (alçalma ve artma) drenajın karalı duruma yaklaştığı 72. ve 96. saatlerden sonra azaldığı görülmektedir. Bu durumda taban suyu seviyesindeki değişim miktarı, incelenen bütün drenaj kesitleri için 4 günlük süresinin sonunda 2.82 cm ile 1.92 cm arasında değerler olarak, sabit bir değere doğru yaklaştığı görülmektedir.



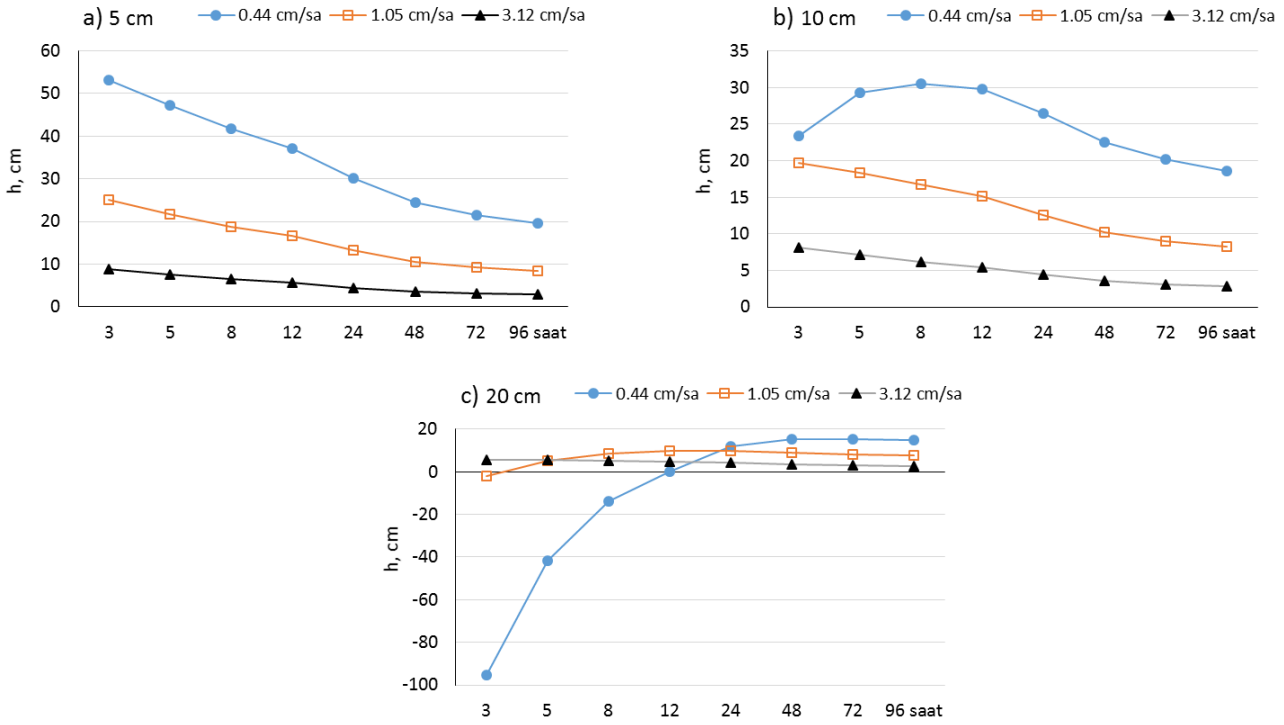
Şekil 1. Orta düzeyde geçirgenliğe sahip bir toprak ortamından zamana bağlı olarak farklı kesit mesafelerden oluşan drenaja göre taban suyu tablasının seviyesindeki değişim (h).

(15) ifadesinde $\left(\frac{2\mu\varphi^2}{9k\rho g Vt}\right)^{\frac{2}{3}} x^2 \geq 1$ veya $x \geq \left(\frac{9k\rho g Vt}{2\mu\varphi^2}\right)^{\frac{1}{3}}$ olması durumunda, teorik olarak

$h = 0$ ve $h \rightarrow -\infty$ olmaktadır. Hesaplanan $h(x, t)$ değerleri de (Çizelge 1), mesafe artışına bağlı olarak, negatif yönde değişebilmektedir.

Taban suyu seviyesinin drenaj ortamının hidrolik iletkenliğine bağlı olarak değişimi

Bu çalışmada taban suyu tablasının yüksekliğindeki değişim gösteren (18) ifadesi yavaş (0.44 cm sa^{-1}), oldukça yavaş (1.05 cm sa^{-1}) ve orta (3.12 cm sa^{-1}) doymun hidrolik iletkenlik değerine sahip 3 farklı toprak ortamı için analiz edilmiştir. Drenajın gerçekleştiği toprak ortamları için hektardan 180 m^3 suyun drene olduğu kabul edildiğinde (Averyanov, 1978) taban suyunun hareketine birim alandan (m^2) birim uzunlukta (m) giren su miktarı $v = 0.018 \text{ m}^2$ olmaktadır. Toprakta akışkanlığın $\mu = 1.14 \cdot 10^{-3} \text{ kg m}^{-1} \text{ sn}^{-1}$; $\rho = 1000 \text{ kg m}^{-3}$; $g = 9.81 \text{ m sn}^{-2}$; suyla doymun gözenekliliğin $\varphi = 0.45$ olduğu varsayılan 3 farklı toprak ortamında özgül iletkenlik değerlerinin “yavaş” $k = 0.14 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$; “oldukça yavaş” $k = 0.33 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ ve “orta” $k = 1 \cdot 10^{-12} \text{ m}^2$ olması durumunda (Özdemir, 1998), bu topraklar için eşitlik (17) deki A ifadesi için sırasıyla $13.910 \text{ m sn}^{(1/3)}$, $5.961 \text{ m sn}^{(1/3)}$ ve $1.987 \text{ m sn}^{(1/3)}$ olarak, B ifadesi için ise sırasıyla $66.150 \text{ m}^2 \text{ sn}^{(2/3)}$, $28.350 \text{ m}^2 \text{ sn}^{(2/3)}$, ve $9.450 \text{ m}^2 \text{ sn}^{(2/3)}$ olarak hesaplanır.



Şekil 2. Yavaş (0.44 cm sa^{-1}), oldukça yavaş (1.05 cm sa^{-1}) ve orta (3.12 cm sa^{-1}) hidrolik iletkenlik değerlerine sahip toprak ortamlarından zamana bağlı olarak farklı kesit mesafelerden [a) 5 cm, b) 10 cm, c) 20 cm] oluşan drenaja göre taban suyu tablasının seviyesindeki (h) değişimleri.

Toprağın hidrolik iletkenlik değeri ve birim mesafedeki drenajın sağlandığı su kesit mesafesi azaldıkça, taban suyu seviyesindeki yükselme daha fazla olmaktadır [Şekil 2a)]. Diğer taraftan toprakta birim mesafedeki drenajın sağlandığı kesit mesafesinin artmasına bağlı olarak taban suyu seviyesindeki yükselmede azalmaktadır. Yavaş (0.44 cm sa^{-1}) hidrolik iletkenlik değerine sahip toprak ortamı için 10 ve 20 cm kesit mesafesindeki drenaj koşullarında su uygulamasının başladığı erken saatlerde (ilk 12 saat içerisinde) drene olan su miktarı uygulanan su miktarından daha fazla olmakta ve taban suyu seviyesi alçalmaktadır [Şekil 2b), 2c)]. Bu durum orta yavaş (1.05 cm sa^{-1}) hidrolik iletkenlik değerine sahip toprakta 20 cm'lik drenaj kesit mesafesinde gözlemlenirken, orta (3.12 cm sa^{-1}) hidrolik iletkenlik değerine sahip toprakta görülmemektedir.

Taban suyu seviyesindeki değişim farklı hidrolik iletkenlik değerleri için yapılan hesaplamalarda yaklaşık 4. gün (96 saat) sonunda sabit değerlere yaklaşmaktadır.

Sonuç

Bu çalışmada, geçirgen toprak katmanına su ilavesi sonucunda taban suyu seviyesindeki değişimin belirlenmesinde Dupuit yaklaşımı ve Darcy yasasına bağlı olarak Boussinesq denkleminin ilavesi ve çözümü yapılmış, drenajın gerçekleştiği toprak katmanının kesit mesafesi, drenaj süresi ve toprak geçirgenliğine bağlı olarak taban suyu seviyesinin değişimi irdelenmiştir. Genel olarak drenajın gerçekleştiği kesit mesafesinin daralması ile taban suyu seviyesi yükselmekte, kesit mesafesinin artması ile aynı hacimdeki suyun drenajında taban suyu seviyesi alçalmaktadır. Drenaj süresi arttıkça aynı geçirgenlik sınıfı için taban suyu seviyesindeki değişim sabit değere yaklaşmaktadır. Toprakların geçirgenlik katsayıları taban suyu seviyesi üzerinde etkili olmakta, geçirgenlik katsayısının azalması ile taban suyu seviyesi de yükselmektedir. Bu yükseliş drenaj kesit mesafesinin dar olduğu ortam koşullarında daha fazla olmaktadır. Farklı geçirgenlik koşulları için taban suyu seviyesindeki değişimler, toprağa su ilavesini izleyen kısa süreli başlangıç koşullarında daha fazla gerçekleşirken, ilerleyen zaman sürecinde her bir geçirgenlik sınıfı için taban suyu seviyesindeki değişim sabit bir değere doğru yaklaşmaktadır.

Genel olarak, Boussinesq denkleminin farklı alanlara uygulamasında gerekli varsayımlar ve sınır koşulları kullanılmaktadır. Araştırma konusunun daha da geliştirilmesi için, Boussinesq denkleminin ortamın toprak-su özelliklerine uygun başlangıç ve sınır koşullarındaki çözümünün detaylı olarak incelenmesi, gerekli parametrelerin tarla ve laboratuvar koşullarında belirlenmesi, teorik ve deneysel değerlerin karşılaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır.

Kaynaklar

- Averyanov SF, 1978. Control of salinity in irrigated lands. Kolos Press, Moccow (in Russian), 288 p.
- Barna IF, Matyas L, 2015. Analytic self-similar solutions of the Oberbeck-Boussinesq equations. *Chaos Solitons and Fractals* 78: 249-255.
- Barry DA, Barry SJ, Parlange, JY, 1996. Capillarity correction to periodic solutions of the shallow Flow Approximation, Mixing in Estuaries and Coastal Seas. American Geophysical Union, pp. 496-510.
- Bear J, Zaslavsky D, Irmay S, 1968. Physical principles of water percolation and seepage. UNESCO, Paris, pp. 191-223.
- Bierkens MFP, 1998. Modeling water table fluctuations by means of a stochastic differential equation. *Water Resources Research* 34 (10): 2485-2499.
- Bierkens MFP, Knotters M, Geer FC, 1999. Calibration of transfer function-noise models to sparsely or irregularly observed time series. *Water Resources Research* 35(6): 1741-1750.
- Boussinesq MJ, 1904. Recherches theoriques sur l'écoulement des nappes d'eau infiltrées dans le sol et sur debit de sources. *Journal de Mathématiques Pures et Appliquées* 10: 5-78.
- Coulibaly P, Anctil F, Aravena R, Bobee B, 2001. Artificial neural network modeling of water table depth fluctuations. *Water Resources Research* 37 (4): 885-896.
- Coulibaly P, Baldwin CK, 2005. Nonstationary hydrological time series forecasting using nonlinear dynamic methods. *Journal of Hydrology* 307 (1): 164-174.
- Cuthbert MO, 2010. An improved time series approach for estimating groundwater recharge from groundwater level fluctuations. *Water Resources Research* 46 (9): W09515.
- Darcy H, 1856. Les fontaines publiques de la ville de Dijon. Dalmont, Paris, 647 p.
- Dupuit J, 1863. Études théoriques et pratiques sur le mouvement des eaux dans les canaux découverts et a travers les terrains perméables. Dunod, Paris, 364 p.
- Ekberli I, 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, Gülser C, Özdemir N, 2016. Benzerlik teorisinin toprak sıcaklığına uygulanabilirliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 4 (2), 63-68.
- Ekberli İ, Gülser C, Mamedov A, 2015a. 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, 2014. Toprak deformasyonu ve geriliminin reoloji denklemine göre analitik incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 29 (1):79-85.
- Ekberli İ, Gülser C, Özdemir N, 2015b. Toprakta ısı iletkenliğine etki yapan ısıl parametrelerin teorik incelemesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi* 30 (3):300-306.
- 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.
- Ekberli İ, Sarılar Y, 2015. Toprak sıcaklığının profil boyunca sönme derinliğinin ve gecikme zamanının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi* 52 (2): 219-225.
- Faibishenko BA, 1986. Water-salt rejime of soils under irrigation. Agropromizdat, Moscow (in Russian), 304 p.
- Gülser C, Ekberli İ, 2002. Toprak sıcaklığının profil boyunca değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi* 17(3): 43-47.

- 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
- Isachenko VP, Osipova VA, Sukomel AS. 1981. Heat transfer (in Russian). Energoizdat Press, Moscow, 417 p.
- Jeong J, Park E, 2017. A shallow water table fluctuation model in response to precipitation with consideration of unsaturated gravitational flow. *Water Resources Research* 53: 3505-3512.
- Jeong J, Park E, Han WS, Kim K-Y, Suk H, Jo SB, 2018. A generalized groundwater fluctuation model based on precipitation for estimating water table levels of deep unconfined aquifers. *Journal of Hydrology*, 562: 749-757.
- Kats DM, Shestakov VM, 1992. Melioration hydrogeology. Moscow State University Press, Moscow (in Russian), pp.71-92.
- Knotters M, Bierkens MFP, 2000. Physical basis of time series models for water table depths. *Water Resources Research* 36 (1): 181-188.
- Kong J, Shen CJ, Xin P, Song Z, Li L, Barry DA, Jeng DS, Stagnitti F, Lockington, DA, Parlange JY, 2013. Capillary effect on water table fluctuations in unconfined aquifers. *Water Resources Research* 49 (5): 3064-3069.
- Kong J, Xin P, Hua G-F, Luo ZY, Shen C-J, Chen, D, Li L, 2015. Effects of vadose zone on groundwater table fluctuations in unconfined aquifers. *Journal of Hydrology* 528: 397-407.
- Kostyakov AN, 1960. Fundamentals of land reclamation. Selhozgis, Moscow (in Russian), 622 p.
- Li L, Barry DA, Parlange JY, Pattiaratchi CB, 1997. Beach water table fluctuations due to wave run-up: capillarity effects. *Water Resources Research* 33 (5): 935-945.
- Lockington DA, Parlange J-Y, Parlange MB, Selker J, 2000. Similarity solution of the Boussinesq equation. *Advances in Water Resources* 23: 725-729.
- Luikov AV, 1948. Heat conductivity of nonstationary processes (in Russian). State Energy Press (Gosudarstvennoye energetičeskoye izdatelstvo), Moscow-Leningrad, 232 p.
- Luikov AV, 1967. Theory of thermal conductivity (in Russian). Vysshaya Shkola Press, Moscow, 599 p.
- Luikov AV, Mikhailov YuA, 1965. Theory of energy and mass transfer. Pergamon Press, Oxford, England, 392 p.
- Luthin JN (Editor), 1964. Drainage of agricultural lands. Kolos Press, Moscow (in Russian), 719 p.
- Morel CRG, van Reeuwijk M, Graf T, 2015. Systematic investigation of non-Boussinesq effects in variable-density groundwater flow simulations. *Journal of Contaminant Hydrology* 183: 82-98.
- Neto DC, Chang HK, van Genuchten MT, 2015. A mathematical view of water table fluctuations in a shallow aquifer in Brazil. *Groundwater*, 54 (1): 82-91.
- Özdemir N, 1998. Toprak Fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı No:30, Samsun.
- Park E, Parker JC, 2008. A simple model for water table fluctuations in response to precipitation. *Journal of Hydrology* 356 (3): 344-349.
- Rai SN, Manglik A, Singh VS, 2006. Water table fluctuation owing to time-varying recharge pumping and leakage. *Journal of Hydrology* 324 (1-4): 350-358.
- Rai, SN, Manglik A, 1999. Modelling of water table variation in response to time-varying recharge from multiple basins using the linearised Boussinesq equation. *Journal of Hydrology* 220: 141-148.
- Su N, 2017. The fractional Boussinesq equation of groundwater flow and its applications. *Journal of Hydrology* 547, 403-412.
- Szilagyi J, Parlange MB, 1998. Baseflow separation based on analytical solutions of the Boussinesq equation. *Journal of Hydrology* 204: 251-260.
- Tang G, Alshawabkeh AN, 2006. A semi-analytical time integration for numerical solution of Boussinesq equation. *Advances in Water Resources*, 29: 1953-1968.
- Telyakovskiy AS, Braga GA, Kurita S, Mortensen J, 2010. On a power series solution to the Boussinesq equation. *Advances in Water Resources* 33: 1128-1129.
- Telyakovskiy AS, Kurita S, Allen MB, 2016. Polynomial-based approximate solutions to the Boussinesq equation near a well. *Advances in Water Resources* 96: 68-73.
- Turcotte DL, Schubert G, 1982. Geodynamics: Application of Continuum Physics to Geological Problems. Wiley & Sons, 450 p.
- Yang F, Liang D, Xiao Y, 2018. Influence of Boussinesq coefficient on depth-averaged modelling of rapid flows. *Journal of Hydrology* 559: 909-919.
- Yao Y, Tang Z, Jiang C, He W, Liu Z, 2018. Boussinesq modeling of solitary wave run-up reduction by emergent vegetation on a sloping beach. *Journal of Hydro-Environment Research* 19: 78-87.
- Yoon H, Jun SC, Hyun Y, Bae GO, Lee KK, 2011. A comparative study of artificial neural networks and support vector machines for predicting groundwater levels in a coastal aquifer. *Journal of Hydrology* 396 (1): 128-138.
- Zavala M, Fuentes C, Saucedo H, 2007. Non-linear radiation in the Boussinesq equation of the agricultural drainage. *Journal of Hydrology* 332: 374-380.
- Zaydelman FR, 1987. Soil reclamation. Moscow State University Press, Moscow (in Russian), pp. 160-167.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri üzerine etkisi

Funda Irmak Yılmaz *, Safiye Kurt

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

Özet

Bu çalışmada biyokömür (BK) ve vermikompostun (VK) topraktaki enzim aktiviteleri üzerine etkisinin araştırılması hedeflenmiştir. Bu amaçla, Ordu il merkezindeki bir bahçeden alınan toprağa sera koşullarında farklı oranlarda biyokömür ve vermikompost karışımları (kontrol (O₁); %100 BK (O₂); %100 VK (O₃); %75 BK+%25 VK (O₄); %25 BK+%75 VK (O₅); %50 BK+%50 VK (O₆)) uygulanmıştır. Deneme 20, 40 ve 60 günlük 3 farklı sürede inkübasyona bırakılmıştır. Her inkübasyon süresi sonunda BK ve VK uygulamalarının mikrobiyal biyomas, CO₂ oluşumu, dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri gibi toprakların biyolojik özellikleri üzerine etkisi ele alınmıştır. Araştırmanın sonuçlarına göre; CO₂ oluşumu, mikrobiyal biyomass-C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine ortamlar etkili olurken, toprak organik maddesi, üreaz ve arilsülfataz enzim aktiviteleri üzerine ise uygulama ortamları ve inkübasyon süresinin etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genellikle toprağın biyolojik özellikleri üzerine O₂ ve O₃ ortamlarının en etkili olduğu saptanmıştır. Toprağın üreaz enzim aktivitesinin 60 günlük inkübasyonun O₂ ve O₃ ortamlarında, toprak organik madde miktarının 40 günlük inkübasyonun O₂ ortamında ve arilsülfataz enzim aktivitesinin 60 günlük inkübasyonun O₆ ortamında arttığı saptanmıştır. Biyokömürün yüksek C ve C/N oranına sahip olması nedeniyle tek başına yeterli olmadığı, C/N oranı dar olan vermikompost gibi materyallerle beraber kullanılmasının uygun olduğu ve tüm veriler değerlendirildiğinde toprak düzenleyici olarak kullanılan biyokömürün (O₂) toprağın biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisinin olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Organik atık, enzim aktivitesi, CO₂ üretimi, mikrobiyal biyomass-C

Effect of biochar and vermicompost applications on some biological properties of soil

Abstract

In this study, the effect of biochar (BC) and vermicompost VC applications on enzyme activities in soil was investigated. For this purpose, different mixing ratios of BC and VC (control (O₁), 100% BC (O₂), 100% VC (O₃), 75% BC+25% VC (O₄), 25% BC+75% VC (O₅), 50% BC+50% VC (O₆)) were applied into the soil taken from an orchard in Ordu Province. All applications were incubated at 3 different periods for 20, 40 and 60 days. At the end of each incubation period, the effect of BC and VC applications on biological properties of soil such as; microbial biomass, CO₂ formation, dehydrogenase enzyme activity, urease enzyme activity and aryl sulfatase enzyme activities were determined. According to the results, the effect of incubation time and applications on soil organic matter, urease and aryl sulphatase enzyme activities were statistically significant and all applications were effective on CO₂ formation and microbial biomass-C and dehydrogenase enzyme activity. Generally, O₂ and O₃ applications were the predominant on biological properties of soil. It was determined that soil urease enzyme activity increased in O₂ and O₃ applications at the 60 days incubation period; the soil organic matter increased in O₂ application at the 40 days incubation period and aryl sulfatase enzyme activity increased in O₆ application at the 60 days incubation period. Due to high C and C/N ratio of biochar, it was determined that biochar application itself has no sufficient effect and it is suitable to use with organic materials such as vermicompost having a narrow C/N ratio. When all the data were evaluated, the biochar application (O₂) as a soil conditioner had positive effect on soil biological properties.

Keywords: Organic waste, enzyme activity, CO₂ production, microbial biomass-C.

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarım, yaşamsal faaliyetler içinde en vazgeçilmezlerindedir. Geçmiş zamanlarda tarım ilkel yöntemlerle yapılmakta iken, teknolojinin hızla gelişmesi ve dünya nüfusunun çoğalması sonucunda, kimyasal girdi tarımda aşırı oranda kullanılmış, en az girdi ile en fazla ürün alabilmek için, tarımsal alanlarda teknolojinin

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0532 5251312

E-posta : fundairmak@hotmail.com

Geliş Tarihi : 06 Temmuz 2018

Kabul Tarihi : 08 Ekim 2018

e-ISSN : 2146-8141

bütün olanakları kullanılmıştır. Sürdürülebilirlik kavramı içerisinde günümüzde organik kökenli atıkların toprak düzenleyicisi olarak kullanımına yönelik yöntemler dikkat çekmeye başlamıştır. Bunlardan birisi, toprak solucanlarının organik atık ve bu atıkların kısa süre zarfında yüksek kalitede bir ürüne dönüştürmeleri yöntemi vermikültür olarak tanımlanmaktadır (Erşahin, 2007). Vermikültür ürünü olan vermikompost, bazı toprak solucanları tarafından çeşitli organik atıkların sindirilmeleri ile elde edilen kompost çeşididir. Yapılan çalışmalarda, solucanlar tarafından vermikompostlaştırılan ortamların ya da solucan aktivitesinin olduğu topraklarda temelde organik C olmak üzere toplam N değerlerinin önemli miktarda arttığı ve ayrıca karışıma eklenen organik materyalin özelliklerinin vermikompostun içeriğini saptamada önemli bir kriter olduğu rapor edilmiştir (Kızılkaya ve Hepşen, 2007; Namlı ve ark., 2014). Diğer bir yöntem olarak organik maddelerin oksijensiz ortamda pirolizi ya da çok az oksijen ile gazlaştırma işlemiyle elde edilen yüksek karbon ve mineral madde içeren biyokömür (Lehmann, 2007), yüksek katyon değişim kapasitesi, adsorbsiyon ve bileşenlerin düşük taşınabilirliğe sahip (Glaser ve ark., 2002, Liang ve ark., 2006) bir üründür. Biyokömürün üretildiği koşullar ve kullanılan organik madenin türü, toprak ıslahında büyük oranda etkili olur (McClellan ve ark., 2007, McLaughlin ve ark., 2009). Sürdürülebilir biyokömür üretim modelinde, belediye atıkları, orman ve tarımsal atıklar, yeşil atık hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Biyokömürün en yaygın kullanımı toprak içine ilave edilmesi olup toprak yüzeyine diğer organik materyallerle birlikte uygulanabilir veya kompost, malç ile karıştırılarak ya da ince öğütülmüş sıvı bir bulamaç şeklinde elle veya makine ile serilerek uygulanabilir. Biyokömürler, geleneksel olarak toprak düzenleyici biçiminde kullanılmıştır. Bunun nedeni söz konusu materyalin su tutma kapasitesini, toprak pH'sını, toprak organik madde miktarını artırarak ve mikrobiyal aktiviteyi destekleyerek ürün verimine ve toprağa önemli katkılar sağlamasından ileri gelmektedir (Chan ve ark., 2008; Steiner ve ark., 2007, Dias ve ark., 2010). Sudkolai ve Nourbakhsh (2017), vermikompostlaşma sürecinin ahır gübresi ve buğday atığının bazı kimyasal (pH, EC, OC, toplam N, lignin ve C:N oranı) ve biyokimyasal özellikleri üzerine etkisini araştırdıkları çalışmada; ahır gübresi ve buğday atığının vermikompostlaşma işlemi boyunca üreaz enzim aktivitesinin bu süreçle yüksek oranda ilişkili ve organik atıkların kararlılığı açısından önemli olduğunu göstermiştir. Tın bünyeli bir toprağa uygulanan CaCO_3 (2, 4 ve 6 ton ha^{-1}), vermikompost (2.5, 5 ve 7.5 ton ha^{-1}) ve triple süper fosfat ($\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$), (20, 40 ve 60 kg P ha^{-1}) her biri tek başına ve çeşitli kombinasyonlarda uygulanmış ve 2 aylık inkübasyon süreci sonunda en yüksek organik madde miktarının 4 ton ha^{-1} CaCO_3 ve 7.5 ton ha^{-1} vermikompost ortamında tespit edildiği bildirilmiştir (Bekele ve ark., 2018). Jeffery ve ark. (2011), toprağa biyokömür uygulanmalarının hem fiziksel, kimyasal hem de biyolojik özellikler üzerine uzun vadede etkisi olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, biyokömürün toprağa karıştırıldıktan sonra zaman ilerledikçe bitki gelişimini iyileştirici yönde önemli etkiler yaptığı da Cheng ve ark. (2006) ve Major ve ark. (2010) tarafından ifade edilmiştir.

Bu çalışmanın amacı; biyokömürün ve vermikompostun farklı oranlarda karıştırılarak toprağa uygulanması ile inkübasyon süreci boyunca toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesi, üreaz enzim aktivitesi ve arilsülfataz enzim aktiviteleri ile C- mineralizasyonu, mikrobiyal biomas- C gibi toprakların biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesidir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Sera koşulları altında yürütülen denemede 0 - 30 cm derinlikten alınan kumlu-tınlı bünyeye sahip toprak, organik materyal olarak fındık kabuğundan elde edilen biyokömür ve vermikompost kullanılmıştır. Deneme kurulmadan önce, toprak örneği, biyokömür (BK) ve vermikompostun (VK) belirlenmesi amacıyla temel bazı fiziksel ve kimyasal analizler yapılmıştır (Çizelge 1). Denemede kullanılan, biyokömür PAL Havacılık Ziraat San. Tic. Ltd. Şti. isimli şirket tarafından ana materyal olarak gönderilen fındığın biyokömür haline getirilmesi ile elde edilmiştir. Biyokömür üretimi ile ilgili olarak üretim sıcaklığı 380°C , üretim süresi ise 4.5 saat olmuştur. Üretim, sistemden yanıcı gazlar da dâhil olmak üzere gaz çıkışının bitimine kadar devam etmiştir. Vermikompost ise Manisa Ekosol gübre fabrikasından temin edilmiştir.

Deneme toprağı, kumlu-tınlı bünyeye sahip olup, nötr pH (7.7)'da ve tuzluluk sorunu taşımamaktadır. Kapsadığı nem içeriği bakımından tarla kapasitesinde olup yeter düzeyde nem içeriğine sahiptir. Organik madde düzeyi iyi (% 3.0), azot bakımından yeterli (% 0.015) fosfor içeriği (7 mg kg^{-1}) az miktarda ve K içeriği (64 mg kg^{-1}) bakımından oldukça yeter düzeydedir (Çizelge 1.).

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile biyokömür ve vermikompostun özellikleri

	O.M. (%)	C (%)	N (%)	C/N	pH	K (kg mg ⁻¹)	P (kg mg ⁻¹)	Mg (kg mg ⁻¹)	Fe (kg mg ⁻¹)
Toprak	3.00	-	0.015	-	7.70	64.00	7.00	0.06	3.45
Vermikompost	40.00	23.1	1.500	15.40	7.50	2.00	2.00	1.10	0.24
Biyokömür	84.31	49.0	1.170	42.00	9.24	0.34	-	1690	10.40

Yöntem

Denemenin kurulması

Denemede kullanılan toprak Ordu il merkezindeki bir bahçeden 0-30 cm derinlikten alınarak homojen olacak şekilde karıştırılmış ve 2mm'lik elek ile elenerek analizler için hazır hale getirilmiştir. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 3 farklı dönem (20-40 ve 60.gün), organik materyal olarak 6 uygulama konusu ve 6 tekrarlı olacak şekilde kurulmuştur. Uygulama konuları için kullanılacak olan organik materyaller, hacimsel olarak değişik oranlarda ayrı ayrı karıştırılarak hazırlanmıştır. Hazırlanan karışımlar Çizelge 2 de verilmiştir.

Planlanan çalışma, 16 Ekim 2014 tarihinde inkübasyon denemesi kurularak başlatılmıştır. 2 mm elek ile elenen kumlu-tınlı bünyeye sahip toprak 3 kg lık saksılara yerleştirilerek, Ordu Üniversitesi Uygulama Alanı'nda kurulan yüksek tünel serada yürütülmüştür. Örtü materyali olarak kullanılan ortamlar hacimsel olarak belirlenmiş miktarlarca saksılara homojen olarak karıştırılmıştır. Bu işlemde sonra tüm saksılar sulanmıştır. Hava şartları ve toprak nemi göz önüne alınarak belli aralıklarda sulanan inkübasyon denemesinden, her ay yirmi gün aralıklarla (6 Kasım, 26 Kasım, 16 Aralık) toprak örneği alınarak topraklar analize hazır hale getirilmiştir. Alınan toprak örnekleri 2 mm' lik elekten elendikten hemen sonra +4 °C de buzdolabında bekletilmiş ve saksı denemesi devam ederken mikrobiyolojik analizlere başlanmıştır.

Deneme toprağına ait özelliklerin belirlenmesinde tekstür, hidrometre yöntemi [Bouyoucos \(1951\)](#) ile, toprak reaksiyonu (pH) ve tuzluluk (EC), [U.S.Salinity Lab. Staff \(1954\)](#)'e göre, organik madde [Nelson ve Sommers \(1982\)](#), toplam azot [Bremner \(1965\)](#), yarıyıllı fosfor [Olsen ve ark. \(1954\)](#), yarıyıllı potasyum [Knudsen ve ark. \(1982\)](#)' a göre yapılmıştır. Topraklarda biyolojik analizler; CO₂ üretimi [Isermeyer \(1952\)](#); mikrobiyal biyomas - C [Anderson ve Domsch \(1978\)](#), dehidrogenaz enzim aktivitesi [Thalmann, \(1968\)](#).'e göre, üreaz enzim aktivitesi [Kandeler ve Gerber \(1988\)](#)' e göre, arilsülfataz enzim aktivitesi [Tabatabai ve Bremner \(1970\)](#)' e göre saptanmıştır.

Deneme sonunda elde edilen veriler JUMP paket programında tesadüf parselleri deneme desenine göre varyans analizi ile analiz edilmiş ve istatistiksel olarak önemli bulunan sonuçlar LSD testine göre gruplandırılarak ortalamaların yanında harfli gösterim şeklinde ifade edilmiştir.

Çizelge 2. Saksı denemesi uygulama konuları

Ortamlar	
Kontrol	O ₁
% 100 Biyokömür (BK)	O ₂
% 100 Vermikompost (VK)	O ₃
% 75 Biyokömür + % 25 Vermikompost	O ₄
% 25 Biyokömür + % 75 Vermikompost	O ₅
% 50 Biyokömür + % 50 Vermikompost	O ₆

Bulgular ve Tartışma

Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının CO₂ üretimi, mikrobiyal biyomas - C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

Toprağına biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprak CO₂ değeri üzerine istatistiki olarak önemli bir etki meydana getirmeyenken, inkübasyon süresi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli farklılıklar meydana getirmiştir. Topraklardaki CO₂ oluşum değeri 0.07-0.10 mg CO₂/100 g⁻¹/gün⁻¹ değerleri arasında tespit edilmiştir (Çizelge 3). Toprağına yapılan uygulamalar rakamsal olarak değerlendirildiğinde en etkili uygulamaların O₅ ve O₆ olduğu görülmüştür. Tek başına BK (O₂) ve VK (O₃) uygulamaları CO₂ oluşumu değerlerini BK ve VK'nın karıştırılması ile elde edilen ortamlara oranla daha az artırmıştır. İnkübasyon süresi dikkate alındığında, CO₂ oluşumu birinci ve ikinci dönemde yüksek çıkmış, bu iki dönem arasında istatistiki olarak önemli bir değişim görülmemiştir. Fakat son dönemde önemli miktarda azalmıştır (Şekil 1).

Çizelge 3. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın CO₂ üretimi, mikrobiyal biyomas- C ve dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine etkileri

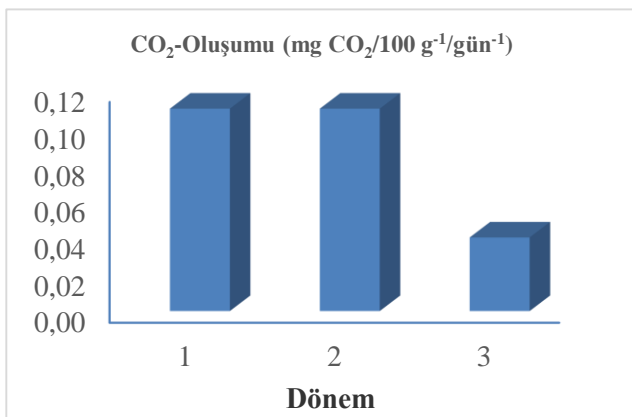
CO ₂ Üretimi (mg CO ₂ /100 g ⁻¹ gün ⁻¹)				Mikrobiyal biyomas -C (mg biyomas-C 100 g.k.t ⁻¹)				Dehidrogenaz enzim aktivitesi (µg TPF g.k.t ⁻¹)			
Dozlar		Dönem		Dozlar		Dönem		Dozlar		Dönem	
O ₁	0.10	1	0.11a	O ₁	18.62	1	12.36b	O ₁	5.51b	1	6.45
O ₂	0.09	2	0.11a	O ₂	26.78	2	16.38b	O ₂	8.35a	2	6.65
O ₃	0.07	3	0.04b	O ₃	23.40	3	43.26a	O ₃	7.02ab	3	6.47
O ₄	0.08			O ₄	23.26			O ₄	6.19b		
O ₅	0.10			O ₅	23.70			O ₅	6.26b		
O ₆	0.10			O ₆	24.90			O ₆	5.81b		
LSD (p<0.001)= 0.01065				LSD (p<0.01)= 3.07004				LSD (p<0.05)= 0,81598			

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir

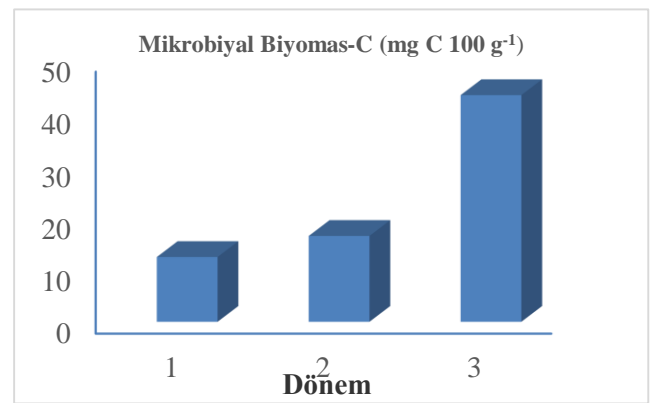
Bu durum mikroorganizmaların C kaynağı olarak kullandıkları çabuk ayrışabilir karbonlu bileşiklerin son ayda tükendiğini göstermektedir. [Gaunt ve ark. \(2008\)](#) biyokömür uygulaması ile toprakta biyolojik aktivite ve CO₂ üretiminin dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonunun aynı doğrultuda arttığını bildirmiştir.

Biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprağın mikrobiyal biyomas-C içeriği üzerine etkisi olumlu olmuş; toprağın bu özelliği üzerine yapılan uygulamaların etkisi O₂>O₆> O₅> O₄>O₁ şeklinde sıralanmıştır (Çizelge 3). Kontrol uygulamasında (O₁) 18.62 ile en düşük olurken, O₂ uygulamasında (% 100 BK) 26.78 ile en yüksek değere çıkmıştır ki, bu uygulama mikrobiyal biyomas-C değerinde 1.43 kat artış sağlamıştır. Topraklara uygulanan organik gübrelemenin toprakta kolay olarak değerlendirilebilir C kaynağı olduğu ve toprakta mikrobiyal biyomas-C miktarını yükselttiği bilinmektedir ([Hassink ve ark., 1991](#)). Karşılaşılan bu tablo kullanılan organik atıkların kimyasal yapısı ve C/N oranları ile ilgilidir ([Alexander, 1977; Smith ve ark., 1993; Hadas ve ark., 2004; Kızılkaya ve Bayraklı, 2005; Kablan, 2005](#)).

Toprağın mikrobiyal biyomas- C değeri üzerine inkübasyon dönemlerin etkisi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur. 1. dönemde 12.36 iken inkübasyon süresinin artmasına bağlı olarak 16.38 ve 43.26 olarak artış görülmüş, dolayısıyla en etkili dönemin 3. dönem olduğu saptanmıştır. Şekil 2'de görüldüğü gibi, dönem ortalamaları göz önüne alındığında; organik materyaller ilk ve ikinci 20 günlük periyotta toprakların mikrobiyal biyomas değerlerinde fazla bir değişim yapmazken, üçüncü 20 günlük periyotta söz konusu değerler zamana bağlı olarak artırmış; mikrobiyal biyomas değerinde 3.5 kat artış meydana gelmiştir. Orta Karadeniz Bölgesi'nde yapılan bir çalışmada [Kızılkaya ve ark. \(2004\)](#) mikrobiyal biyomas-C değerini 3.8 ile 135.4 mg CO₂-C 100 g⁻¹ arasında bulmuştur. Araştırmada elde edilen sonuçlar bu bulgular ile uyumludur.



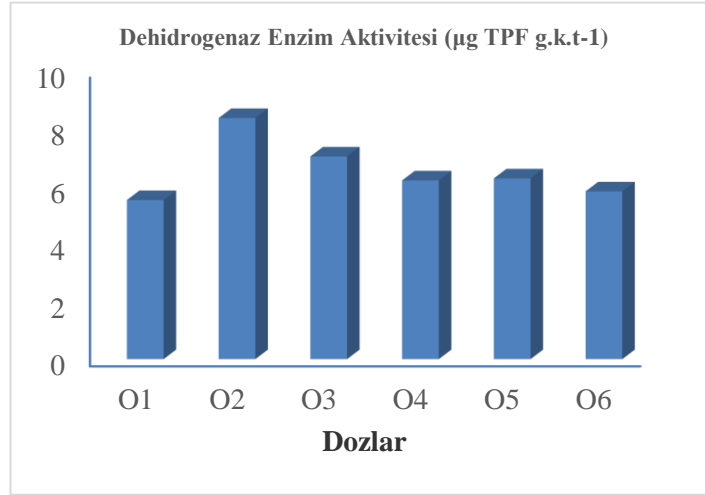
Şekil 1. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların CO₂ üretimi (mg CO₂/100g⁻¹ gün⁻¹)



Şekil 2. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların mikrobiyal biyomas- C değeri (mg biyomas-C 100 g.k.t⁻¹)

Toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi üzerine uygulama konuları istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde önemli farklılıklar meydana getirirken, inkübasyon süresinin bu özellik üzerine bir etkisi bulunmamıştır (Çizelge 3). Yapılan uygulamalar ile toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi 5.51-8.35 µg TPF g.k.t⁻¹ arasında

değişmiş, uygulamaların etkisi $O_2 > O_3 > O_5 > O_4 > O_6 > O_1$ şeklinde sıralanmıştır. Tüm uygulama konuları toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesini kontrol uygulamasına göre artırmıştır (Şekil 3). Sadece vermikompost ve biyokömür uygulamaları ile toprakta daha yüksek dehidrogenaz enzim aktivitesi değerine ulaşılmış; % 100 VK olan O_3 uygulaması ile 1.5 kat, % 100 BK olan O_2 uygulaması ile 1.27 kat artış sağlanmıştır. Tavuk altlığından elde edilen biyokömürün dehidrogenaz enzim aktivitesini kontrole kıyasla % 15 oranında artırdığı (Mierzwa-Hersztek ve ark., 2016), 9 t/ha tavuk altlığı uygulamasının kontrol uygulamasına göre 4 kat daha fazla dehidrogenaz aktivitesine sahip olduğu (Delgado ve ark., 2012) rapor edilmiştir.



Şekil 3. Biyokömür ve vermikompost uygulanan toprakların dehidrogenaz enzim aktivitesi değerleri (µg TPF g.k.t⁻¹)

Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının toprağın üreaz enzim aktivitesi, aril sülfataz enzim aktivitesi ve % organik madde miktarı üzerine etkileri

Toprağın üreaz enzim aktivitesi ($p < 0.01$), arilsülfataz enzim aktivitesi ($p < 0.05$) ve organik madde içeriği ($p < 0.01$) üzerine uygulamalarının etkileri inkübasyon dönemine bağlı olarak meydana gelmiş uygulama x dönem interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli olmuştur (Çizelge 4). Çizelge 4'te görüleceği üzere, toprağın en yüksek üreaz enzim içeriği 3.dönemin O_2 (% 100 BK) ortamından elde edilmiş ($21.26 \mu\text{g N g.k.t.}^{-1} 2\text{h}^{-1}$), en düşük üreaz enzim içeriği ise yine aynı dönemin O_4 (% 75 BK + % 25 VK) ortamında ($6.46 \mu\text{g N g.k.t.}^{-1} 2\text{h}^{-1}$) belirlenmiştir. Genel olarak toprağa organik kaynak karıştırılması ile kontrol koşullarına göre mikroorganizma faaliyetlerinin arttığı görülmüştür. Bu artışlar inkübasyon dönemine bağlı olarak değişmekle birlikte, ayrışmanın artmasına bağlı olarak da materyallerin etkisinin arttığı saptanmıştır. Biyokömürün geniş C/N oranına sahip olmasının mikroorganizmalar tarafından daha fazla parçalanmaya maruz kalması sonucu üreaz enzimin artışı sağladığı düşünülmektedir. Kablan (2005); Ergün (2017), üreaz enzimini üreten mikroorganizmaların, substrat kaynağı olarak üretilen değişik organik atıklarda N içeriği substratı olan organik N formları ile yükseldiğini bildirmiştir. Akça ve Namlı (2015), domates bitkisine biyokömür uygulamasının kontrol ve kimyasal gübreye göre üreaz enzim aktivitesinin % 5 düzeyinde önemli olduğunu ve anlamlı bir şekilde yükseldiğini belirtmişlerdir. Bu enzimler toprak mikroorganizmalarınca besin maddelerini parçalamak gayesi ile üretilirler ve toprakların kil ve organik madde gibi kolloidleri tarafından tutularak bu enzimleri üreten mikroorganizma hücrelerine bağlı kalmadan faaliyetlerini devam ettirebilirler (Aşkın ve ark., 2004; Ergün, 2017). Ayrıca üreaz enzim aktivitesi organik madde, toprak tekstürü, pH katyon değişim kapasitesi gibi önemli toprak özellikleri ile önemli ilişki içerisinde olduğu ve bulunduğu topraklara ilave edilen organik atıkların üreaz enzim aktivitesini önemli oranda artırdığı belirlenmiştir (Özdemir ve ark., 2000). Bu çalışma da organik materyallerin ilavesinin toprakların üreaz aktivitesini artırdığını ortaya koymuştur. Meydana gelen bu artışın ise daha çok biyokömürden kaynaklandığı belirlenmiştir.

Arilsülfataz enzimi tarımsal açıdan S döngüsünde anahtar rol oynayan bir enzimdir. Bitki tarafından asimile edilebilir organik S' ün inorganik S' e hidrolize olmasında katalizör görevi yaparak bitki gelişimi için gerekli olan besin elementini inorganik formdan daha hızlı ve kolay almasını sağlar (Kayıkçıoğlu ve Okur, 2012). Toprağa biyokömür ve vermikompost ortamları arilsülfataz enzim aktivitesini artırmış; uygulama ve dönem interaksiyonuna göre toprakların arilsülfataz enzim aktivite değerleri $0.47 - 1.06 \mu\text{g P- N g.k.t}^{-1}$ arasında değişmiştir. En düşük değer 2. inkübasyon dönemindeki O_2 uygulama grubunda (% 100 BK) bulunurken, en

yüksek değer ise O₆ uygulamasında (% 50 BK + % 50 VK) bulunmuş; bu uygulama enzim aktivitesinde kontrol grubuna göre 1.9 kat, O₂ grubuna göre 2.25 kat artış sağlamıştır. Buradan da görüleceği gibi, biyokömür varlığının arilsülfataz enzim aktivitesini desteklediği söylenebilir. Ergün (2017)'ye göre biyokömürün geniş C/N oranından dolayı mikroorganizmalar tarafından daha çok parçalanmaya maruz kalmış ve bu enzimin artışını kolaylaştırmıştır. Bulgular bu açıklamalar ile uyum içindedir

Toprağa biyokömür ve vermikompost uygulamaları toprağın organik madde içeriğini artırmış, bu artış dönemsel olarak değişiklik göstermiştir (Çizelge 4). Organik kökenli olan ve organik madde miktarı fazla olan biyokömür ve vermikompostun toprağa eklenmesi ve toprağın organik madde miktarında artış sağlaması istenilen bir netice olmuştur. Vermikompost ve biyokömür organik madde içeriği yüksek materyaller olup hazırlanan karışım oranlarına bağlı olarak organik madde içeriğine etkisi farklılık göstermiştir. Çizelge 1' de görüleceği üzere, biyokömür oldukça yüksek organik madde içeriğine sahip olması nedeniyle bu materyalin bulunduğu uygulamalarda (O₂) organik madde içeriği daha yüksek çıkması beklenen bir sonuçtur. En düşük toprak organik madde miktarı 3. inkübasyon döneminde kontrol grubunda bulunmuş (% 4.55); en yüksek toprak organik madde miktarı 2. inkübasyon döneminde O₂ uygulamasında (% 100 BK) % 5.38 olarak elde edilmiş, bu uygulama 1.18 kat artış sağlamıştır. Yapılan çalışmalarda da benzer bulgular açıklanmıştır. Ergün (2017), farklı dozlarda biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının toprak organik madde içeriğini artırdığını; organik madde miktarının % 1.80 - % 6.92 arasında değiştiğini, biyokömür ve ahır gübresi uygulamalarının kontrole oranla organik madde miktarını 3.84 kat arttırdığını ifade etmiştir. Organik atık uygulamalarının, kil ve tınlı kum bünyeli topraklarda organik madde, değişebilir katyon içerikleri gibi kimyasal özelliklerini önemli oranda artırdığı ve toprak kalitesini iyileştirdiği (Candemir ve Gülser, 2011); asit özellik gösteren toprakta 10 hafta inkübasyon sonunda, toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası gibi bazı fiziksel özelliklerinin yanı sıra, pH, katyon değişim kapasitesi ve organik madde gibi kimyasal özelliklerini iyileştirdiği (Özdemir ve ark.,2014) ifade edilmiştir. Yapılan uygulamalarla artan toprak organik madde miktarı, topraktaki mikroorganizma faaliyetlerinin de artmasını sağlar ki, incelenen enzim aktivitelerinde vermikompost uygulamalarının daha etkili olması sonuçların uyumlu olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. Biyokömür ve vermikompost uygulamalarının inkübasyon süresine bağlı olarak toprağın üreaz enzim aktivitesi, aril sülfataz enzim aktivitesi ve organik madde miktarı üzerine etkileri

Doz	Üreaz enzim aktivitesi (µg N g.k.t. ⁻¹ 2h ⁻¹)			Aril sülfataz enzim aktivitesi (µg P- N g.k.t. ⁻¹)			Organik madde (%)				
	1.dönem	2.dönem	3.dönem	Doz	1.dönem	2.dönem	3.dönem	Doz	1.dönem	2.dönem	3.dönem
O ₁	11.75bcd	10.73bcd	10.15bcd	O ₁	0.83 a-e	0.73 a-f	0.55 e-f	O ₁	4.87 c-g	4.74 fg	4.55 g
O ₂	9.53cd	8.39cd	21.26a	O ₂	0.93 abc	0.47 f	0.94 a b	O ₂	4.99 b-f	5.38 a	4.90 c-g
O ₃	13.36bc	11.47bcd	15.66a	O ₃	0.68 b-f	0.52 e-f	1.00 a b	O ₃	5.16 a-d	4.90 c-g	4.96 c-f
O ₄	13.83bc	10.79bcd	6.46d	O ₄	0.76 a-f	0.81 a-f	0.77 a-f	O ₄	5.13 a-e	4.89 c-g	4.79 efg
O ₅	11.30bcd	10.60bcd	11.94bcd	O ₅	0.77 a-f	0.77 a-f	0.92 a-d	O ₅	4.92 c-f	5.33 ab	5.02 a-f
O ₆	8.38cd	8.97cd	11.24bcd	O ₆	0.57 def	1.06a	0.58 c-f	O ₆	4.75 fg	4.8 d-g	5.21 abc

LSD (p<0.001)= 2.97565

LSD (p<0.05)= 0.17703

LSD (p<0.001)= 0.18514

Özellikler için yapılan varyans analizi sonucunda en az iki grup ortalaması arasındaki fark istatistik olarak önemli bulunmuştur. Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki fark, kendi grubu içinde önemli değildir.

Sonuç

Biyokömür ve vermikompostun farklı oranlarda karıştırılarak toprağa uygulanması ile inkübasyon süreci boyunca bazı toprak biyolojik özellikleri üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülen bu çalışmada; biyokömür ve vermikompostun belli oranlarda karıştırılarak kullanılması olumlu etkiler sağlamıştır. Toprağın biyolojik özelliklerini belirlemede kullanılan CO₂ oluşumu 1. ve 2. inkübasyon döneminde, mikrobiyal biyomas değeri ise 3. dönemde en yüksek çıkmıştır. İstatistiksel olarak önemli bulunmasa da bu iki özellikte O₂ (% 100 BK) en etkili ortam olmuştur. Toprak enzimlerinden dehidrogenaz enzim aktivitesine dönemin bir etkisi olmazken O₂ ortamı en etkili olmuş, üreaz enzim aktivitesi üzerine aynı ortamın 3. inkübasyon döneminde, toprak organik madde miktarında ise 2. inkübasyon döneminde O₂ (% 100 BK) ortamı ve aril sülfataz enzim aktivitesi 3. inkübasyon döneminde O₆ (% 50 BK + % 50 VK) ortamında en aktif düzeye çıkmıştır. CO₂ üretimi ve % organik madde miktarı O₂ ortamı 3.dönemde, Mikrobiyal biyomas-C ve üreaz enzim aktivitesi yine O₂ ortamı 3. dönemde etkili olmuştur. Dehidrogenaz enzim aktivitesinde inkübasyon süresinin önemi olmazken uygulama konularında en yüksek doz O₂ ortamı olarak, aril sülfataz enzim aktivitesi ise O₆ ortamı 2. dönemde en etkili olmuştur. Biyokömürün yüksek C içeriğine sahip olması, dolayısıyla da C/N oranının yüksek olması nedeniyle tek başına yeterli olmadığı, C/N oranının dar olan

vermikompost gibi organik materyaller ile beraber kullanılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Tüm veriler değerlendirildiğinde O2 ortamı olan biyokömürün toprak düzenleyici olarak toprağın biyolojik özellikleri üzerine olumlu etkisi olduğu görülmüştür.

Teşekkür

Bu makale Ordu Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimince desteklenen “Biyokömür ve Vermikompostun Mısır Bitkisinin (*Zea Mays L.*) Kök Bölgesindeki Enzim Aktiviteleri Üzerine Etkisi” adlı ve TF-1535 proje numaralı yüksek lisans tez projesi ve tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Akça MO, Namli A, 2015. Effects of poultry litter biochar on soil enzyme activities and tomato, pepper and lettuce plants growth. *Eurasian Journal of Soil Science* 4(3): 161-168.
- Alexander M, 1977. Introduction to soil microbiology No. Ed. 2. John Wiley , Sons. New York, USA.
- Anderson JPE, Domsch KH,1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soils. *Soil Biology and Biochemistry* 10(3): 215-221.
- Aşkın T, Kızılkaya R, Gülser C, Bayraklı B, 2004. Ondokuzmayıs Üniversitesi Kampus Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri, *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 19(1):31-36
- Bekele A, Kibret K, Bedadi B, Yli-Halla M, Balemi T, 2018. Effects of lime, vermicompost, and chemical p fertilizer on selected properties of acid soils of Ebantu District, Western Highlands of Ethiopia. *Applied and Environmental Soil Science* Article ID 8178305
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43(9): 434-438.
- Bremner JM, Lancaster JD, 1965. Organic Forms of Nitrogen. Methods of Soil Analysis, Part II - Chemical and Microbiological Properties. Black CA (Ed.). Agronomy Monograph 9.1, American Society of Agronomy (ASA), Soil Science Society of America (SSSA), Madison, Wisconsin, USA. pp.1238-1255.
- Candemir F,Gülser C, 2011. Effects of different agricultural wastes on some soil quality indexes at clay and loamy sand fields. *Communication in Soil Science and Plant Analyses* 42(1): 13-28.
- Chan KY, Van Zwieten L, Meszaros I, Downie A, Joseph S, 2008. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Soil Research* 45(8): 629-634.
- Cheng C-H, Lehmann J, Thies, JE, Burton SD, Engelhard MH, 2006. Oxidation of black carbon by biotic and abiotic processes. *Organic Geochemistry* 37: 1477-1488.
- Delgado M, Rodríguez C, Martin JV, de Imperial RM, Alonso, F. ,2012. Environmental assay on the effect of poultry manure application on soil organisms in agroecosystems. *Science of The Total Environment* 416: 532-535.
- Dias BO, Silva CA, Higashikawa FS, Roig A, Sánchez-Monedero MA, 2010. Use of biochar as bulking agent for the composting of poultry manure: effect on organic matter degradation and humification. *Bioresource Technology*, 101(4): 1239-1246.
- Ergün YA, 2017. Biyokömür ve Ahır Gübresi Uygulamalarının Topraktaki Bazı Enzim Aktivitelerine, CO2 Üretimine, Besin Elementi İçeriğine ve Domates Bitkisinin Gelişimine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi Ordu Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yayınlanmamış. 65 sf. Ordu.
- Erşahin Y, 2007. Vermikompost Ürünlerinin Eldesi ve Tarımsal Üretimde Kullanım Alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 24(2): 99-107.
- Gaunt J,Cowie A,2009. Biochar, greenhouse gas accounting and emissions trading. Biochar for environmental management: *Science and Technology* pp.317-340.
- Glaser B, Lehmann J, Zech W, 2002. Ameliorating physical and chemical properties of highly weathered soils in the tropics with charcoal—a review. *Biology and Fertility of Soils* 35: 219-230.
- Hadas A, Kautsky L, Goek M, Kara EE, 2004. Rates of decomposition of plant residues and available nitrogen in soil, related to residue composition through simulation of carbon and nitrogen turnover. *Soil Biology and Biochemistry* 36(2): 255-266.
- Isermeyer H,1952. Eine einfache Methode zur Bestimmung der Bodenatmung und der Karbonate im Boden. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 56(1-3): 26-38.
- Jeffery S, Verheijen FG, van der Velde M, Bastos AC, 2011. A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 144(1): 175-187.
- Kablan N,2005. Farklı organik atıkların toprak ve mısır (*Zea Mays İndendata*) bitkisinin rizosfer bölgesindeki biyolojik özellikler üzerine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bil. Ens. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı. Yüksek Lisans Tezi Yayınlanmamış. Samsun.
- Kandeler E, Gerber H,1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. *Biology and Fertility of Soils* 6(1): 68-72.
- Kayıkçıoğlu HH, Okur N, 2012. Deri sanayi arıtma çamurunun kompostlaştırılması sırasındaki biyokimyasal değişiklikler ve oluşan kompostun kalitesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(2): 59-68

- Kızılkaya R, Hepşen Ş, 2007. Microbiological properties in earthworm *Lumbricus terrestris* L. cast and surrounding soil amended with various organic wastes. *Communication in Soil Science and Plant Analyses* 38: 2861-2876.
- Kızılkaya R, Bayraklı B, 2005. Effects of N-enriched sewage sludge on soil enzyme activities. *Applied Soil Ecology* 30(3): 192-202
- Kızılkaya R, Aşkın T, Bayraklı B, Sağlam M, 2004. Microbiological characteristics of soils contaminated with heavy metals. *European Journal of Soil Biology* 40(2) : 95-102.
- Knudsen D, GA Peterson, PF Pratt, 1982. Lithium, sodium and potassium. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.), 2nd Ed. Agronomy Monograph No. 9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA.
- Lehmann J, 2007. Bio-energy in the black. *Frontiers in Ecology and Environment* 5:38-387.
- Liang B, Lehmann J, Solomon D, Kinyangi J, Grossman J, O'Neill B, Skjemstad JO, Thies J, Luizao FJ, Petersen J, Neves EG, 2006. Black carbon increases cation exchange capacity in soils. *Soil Science Society of America Journal* 70: 1719-1730.
- Major J, Rondon M, Molina D, Riha SJ, Lehmann J, 2010. Maize yield and nutrition after 4 years of doing biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil* 333:117-128.
- McClellan AT, Deenik J, Uehara G, Antal M, 2007. Effects of flashed carbonized macadamia nutshell charcoal on plant growth and soil chemical properties. 6 November 2007, SSA, ASA, CSSA, International Annual Meetings, Louisiana, New Orleans.
- McLaughlin H, Anderson PS, Shields FE, Reed TB, 2009, August. All biochars are not created equal, and how to tell them apart. In *Proceedings, North American Biochar Conference*, Boulder, Colorado, pp. 1-36.
- Mierzwa-Hersztek M, Gondek K, Baran A, 2016. Effect of poultry litter biochar on soil enzymatic activity, ecotoxicity and plant growth. *Applied Soil Ecology* 105, 144-150.
- Namlı A, Akça O, Perçimli C, Beşe S, Gür Ş, Arıkan H, Eser İ, İzci E, Gümüşay E, Tunca G, Khálau İJ, Mutafçılar Z, Demirtaş Ö, 2014. Eysel ve endüstriyel arıtma çamurlarının solucanlar (*Eisenia fetida*) ile kompostlanması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2(2): 46-56.
- Nelson DW, Sommers LE, 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter. In: *Methods of Soil Analysis, Part 2, Chemical and Microbiological Properties*, A.L. Page, R.H. Miller, D.R. Keeney (Eds.), 2nd Ed. Agronomy Monograph No. 9, ASA-SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp.539-573.
- Olsen SR, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. United States Department Of Agriculture; Washington.
- Özdemir N, Gülser C, Ekberli İ, Kop ÖT, 2014. Asit toprakta düzenleyici uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve verime etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 2(1): 27 - 32
- Özdemir N, Kızılkaya R, Sürücü A, 2000. Farklı organik atıkların toprakların üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi. *Ekoloji Çevre Dergisi* 10(37): 23-26.
- Smith JL, Papendick RI, Bezdicek DF, Lynch JM, 1993. Soil organic matter dynamics and crop residue management. *Soil Microbial Ecology*, Marcel Dekker, New York, 65-95.
- Steiner C, Teixeira WG, Lehmann J, Nehls T, de Macêdo JLV, Blum WE, Zech W, 2007. Long term effects of manure, charcoal and mineral fertilization on crop production and fertility on a highly weathered Central Amazonian upland soil. *Plant and Soil* 291(1-2), 275-290.
- Sudkolai ST, Nourbakhsh F, 2017. Urease activity as an index for assessing the maturity of cow manure and wheat residue vermicomposts. *Waste Management* 64: 63-66.
- Tabatabai MA, Bremner JM, 1970. Arylsulfatase Activity of Soils. *Soil Science Society of America Journal* 34(2): 225-229.
- Thalman A, 1968. The methodology of determining the dehydrogenase activity in soil using triphenyltetrazoliumchlorid (TTC). *Landwirtschaftliche Forschung* 21: 249-258.
- US Salinity Lab. Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. *Agricultural Handbook*, no. 64, USDA.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Silisyumun bitki gelişimine olan etkileri

Ayhan Horuz *

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

Özet

Bu çalışmada silisyumun (Si) bitki gelişimi üzerine olan etkileri, noksanlık belirtileri, toksisitesi ve gübrelemesi konuları incelenmiştir. Bitkiler silisyumu toprak çözeltisinden orto silisilik (H_4SiO_4) veya monosilisilik asit ($Si(OH)_4$) anyon formunda absorbe ederler. Silisyum bitkilerin sap veya yapraklarında pektin ve kalsiyum iyonlarıyla birleşerek silika-selülöz membran tabakası ($SiO_2 \cdot nH_2O$) oluşturmak suretiyle epidermal bitki dokularında polimerize olmaktadır. Bu sayede yapraklarda transpirasyonu azaltarak kuraklığa direnç sağlamakta, toprak çözeltisinde Al-Si, Fe-Si, Mn-Si kompleksleri oluşturarak bitkilerde olası ağır metal toksisitesini azaltmakta, hücre duvarının kalınlığını artırmak suretiyle gövdenin biyotik zararlılara karşı dayanıklılığını artırmaktadır. Toprakta aşırı tuz bulunması durumunda Na-silikat oluşturarak Na miktarını ve bitkide oluşturacağı tuz zararını azaltmaktadır. Gelişme ortamında silisyumun noksan ve yeterli bulunması durumları ile muhtemel stres şartlarında kullanılabilir silisyumlu gübreler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Silisyum, toprak, bitki, noksanlık, gübreleme.

The effects of silicon on plant development

Abstract

In this study, silicon (Si) effects on plant development, deficiency symptoms, toxicity and fertilization were investigated. Silicon is taken up from soil solution by the plant roots in the anion forms of ortho silicic acid (H_4SiO_4) or mono silicic acid [$Si(OH)_4$]. Silicon polymerizes to form silica-cellulose membrane layer ($SiO_2 \cdot nH_2O$) by combining with pectin and calcium ions in the epidermal tissues of leaf or stem of plants. Thereby, it gains resistance against drought by reducing the transpiration, and reduces the transpiration of the leaves, reducing the toxicity of heavy metals in plants by forming Al-Si, Fe-Si and Mn-Si complexes in soil solution and increasing the stability of stem to biotic pests by increasing the thickness of the cell wall. Also, silicate reduces the amount of Na ions and the salt damage that will occur in the plant by forming Na-silicate. Si fertilizers were examined to be used in possible deficient and sufficient Si stress conditions in the growth media.

Keywords: Silicon, Soil, Plant, deficiency, fertilization

© 2018 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Silisyum bazı bitkileri için (çeltik, şeker kamışı gibi bazı sucul bitkiler) mutlak gerekli; bazı bitkiler için potansiyel gerekli besin elementi olmasına rağmen bitki beslemedeki yeri yeteri kadar anlaşılamamış fonksiyonel ve faydalı bir besin elementidir (Takahashi ve ark., 1990; Singh ve ark., 2005). Bütün karasal bitkilerin dokularında kuru ağırlık ilkesine göre %0,1-10 arasında silisyum bulunur (Ma ve Takahashi, 2002).

Silisyum üzerine çalışmalar 1840'ta Justus Von Liebig'in sera şartlarında şeker kamışına uyguladığı sodyum silikat gübresi ile başlamış ve günümüze kadar yapıla gelen laboratuvar, sera ve tarla çalışmalarlarıyla devam etmiştir. Bu çalışmalarda silisyumun çeltik (*Oryza sativa* L.), mısır (*Zea mays* L.), buğday (*Triticum aestivum* L.), arpa (*Hordeum vulgare* L.), şeker kamışı (*Saccharum officinarum* L.), hıyar (*Cucumis sativa* L.), domates (*Lycopersicon esculentum* Mill), turunçgil (*Citrus taitentis* Risso) ve diğer bitkilerde faydalı etkilere sahip olduğu görülmüştür (Liebig, 1840; Savant ve ark., 1997a; Epstein, 1999; Matichenkov ve ark., 1999).

Tam teknoloji ürünü silisyumlu gübre 1955'de Japonya'da geliştirilmiş ve silisyumca eksik çeltik arazilerine 1.5-2.0 t ha⁻¹ olarak uygulanmıştır. Bu uygulamalar sonucu çeltikte %5-10'luk verim artışları elde edilmiştir (Takahashi ve ark., 1990).

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 362 3121919

E-posta : ayhanh@omu.edu.tr

Geliş Tarihi : 26 Nisan 2017

Kabul Tarihi : 17 Aralık 2018

e-ISSN : 2146-8141

Son yıllarda bitkilerin gelişim ve fonksiyonları üzerine silisyum elementinin direkt veya indirekt olumlu etkilerinden dolayı dünyada silisyuma artan bir ilgi oluşmuştur. Silisyum özellikle uygun olmayan iklim şartlarında aşırı sıcaklık ve kuraklık stresi, mineral toksisite, yıpranmaya karşı dayanıklılık gibi abiyotik; bitki hastalıkları ve böcek zararlılarına karşı koruyucu etkileri gibi biyotik streslere karşı bitkiyi koruyan ve gelişimini artıran potansiyel etkilere sahip olduğu bildirilmiştir (Sistani ve ark., 1997; Ma, 2004). Çeltik, sucul çayırlar gibi bazı bitkiler silisyumu dokularında %1-5'den daha fazla miktarlarda biriktirmekte ve "akümülator bitki" olarak değerlendirilmektedirler. Domates, salatalık, mısır, arpa, soya fasulyesi gibi bazı bitkiler ise silisyumu dokularında %1'den daha az oranlarda biriktirmektedirler. Bu bitkiler silisyumun indirekt etkileri altında bulunmaktadırlar. Yani stres şartlarının olmadığı normal toprak şartlarında sağlıklı gelişirken, stres şartlarının oluşması ile birlikte; toprakta yeteri kadar silisyumun bulunmaması durumunda yaşamsal fonksiyonları bozulmaktadır. Silisyumun toprakta yeterli olması durumunda stres şartları altında bile olsa bitkiler herhangi bir fonksiyonel bozukluk göstermemektedir (Takahashi ve ark., 1990; Savant ve ark., 1999).

Silisyum bitkide immobil olduğu için transpirasyonla bitkinin üst yapraklarına taşınır. Alınan silisyum özellikle yaprak kutikülü altında birikerek yaprakların daha dik durmasını sağlamakta, fotosentetik aktiviteyi artırmakta ve transpirasyonu iyileştirmektedir. Ayrıca bitki sapının stabilitesini güçlendirerek yatmaya karşı bitkinin direncini artırmakta ve fide dikimi sonrası kardeşlenme sayısını artırmaktadır (Liang ve ark., 2007). Özellikle çeltiğin silisyum akümülator bitki olması sebebiyle, intensif tarım alanlarında silisyumun topraktan uzaklaşması ve yeteri kadar silisyumlu gübrelemenin yapılmadığı durumlarda çeltik verimi azalmaktadır (Savant ve ark., 1997a; Mauad ve ark., 2003). Silisyumun topraktan 100 ppm silisik asit uygulaması, 100-400 ppm yaprak uygulaması ve metre kareye 0,5-2,0 kg çeltik kavuz külü uygulamalarının fotosentezi, bitkide taşınan karbonu, başaktaki dane sayı, su kullanım randımanı, bitki büyümesi, kardeşlenme oranı, yaprak alanı, kısacası vejetatif ve generatif gelişmeyi artırmak suretiyle bitkide olumlu etkiler göstermektedir (Singh ve ark., 2005).

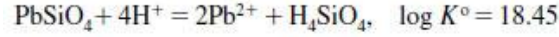
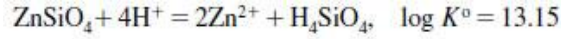
Bu çalışmada silisyumun toprak özellikleri, bitki gelişimi üzerine olan etkileri, noksanlık belirtileri, toksisitesi ve gübrelenmesi incelenmiştir.

Toprakta silisyum

Silisyum yer kabuğunda yaklaşık % 28 oranında bulunan ve miktar bakımından oksijenden sonra ikinci sırada yer alan elementtir (Elawad ve Gren, 1979; Epstein, 1994). Toprağın silisyum kaynağı kuvarz, placioklas, ortoklas ve feldispat gibi primer mineraller; kaolin, vermikülit ve smektit gibi sekonder kil mineralleri ve amorf silika olarak 3 gruba ayrılır. Kuvars anhidrit SiO_2 den ibaret kum olup, silisyumca zengindir. Killer ise az veya çok hidrate olmuş alüminyum silikatlerden oluşmaktadırlar. Kuvarz ve kil minerallerinin içerdiği silisyum bitkiler için elverişli formlarda değildir. Silikat minerallerinin parçalanması silisyum monosilisik asit veya polisilisik asit şeklinde bitkiye yararlı hale geçmesini sağlar (Loué, 1986). Toprak çözeltisi genellikle ortalama 3-17 mg Si veya 30-40 ppm SiO_2 'yi monosilisik asit ($Si(OH)_4$) formunda ihtiva etmektedir. Bununla birlikte aynı pH da toprak çözeltisinin silisyum kapsamı 7-80 ppm SiO_2 aralığında değiştiği belirtilmiştir (Jones ve Handreck, 1967; Hull, 2004).

Silisyum toprak çözeltisinde çözünmüş halde, Fe ve Al oksit ve hidroksitlere adsorbe halde ve solid halde olmak üzere 3 farklı fraksiyonda bulunur. Adsorbe ve toprak çözeltisinde bulunduğu formlar monosilisik asit, polisilisik asit, inorganik bileşikler, organik bileşikler ve organo-silikon bileşikler şeklinde, katı fazda bulunanlar amorf, zayıf ve mikro kristal ve tam kristal formlarda bulunanları teşkil eder. Silisyumun amorf formları biyojenik ve minerojenik formlarda bulunur (Matichencov ve Bocharnikova, 2001).

Mono silisik asit topraklarda Fe ve Al iyonları tarafından adsorbe edilmektedir. Bu adsorpsiyonda Al oksitlerin Fe oksitlere göre daha etkin olduğu belirtilmiş ve toprak çözeltisinin mono silisik asit konsantrasyonunun öncelikle toprakta seskioksitlerin (Fe ve Al oksitler) miktarına bağlı olduğu belirtilmiştir. Bu yüzden bir toprağın bitkiye yararlı silisyum miktarının belirtilmesinde en iyi indeksin kolay ekstrakte edilebilir Si/Fe₂Al₃ oranı önemlidir. Bu konuya ilişkin yapılan çalışmalarda toprağın Si/Al ve Si/Fe oranı arttıkça bitkisinin silisyum absorpsiyonunun arttığı tespit edilmiştir. Toprak çözeltisinde en düşük silisyum konsantrasyonunun pH 9'a doğru olduğu belirtilmiş asit toprakların çözeltisinde silisyum kapsamının daha fazla olduğu kireçleme sonucu silisyum absorpsiyonunun azaldığı bildirilmiştir. Loué, (1986) toprak çözeltisinin mono silisik asit miktarı ile bitkiler tarafından absorbe edilen silisyum miktarı arasında pozitif ilişki olup yulafta yapılan bir çalışmada toprak çözeltisinin mono silisik asit kapsamı arttıkça bitkinin silisyum kapsamının arttığı tespit edilmiştir (Jones ve Handreck, 1967). Bu lineer ilişki Okuda ve Takahashi (1965) tarafından çeltik bitkisinde de ortaya konulmuştur.



Toprakta silisyum noksanlık şartları

Topraklarda silisyum noksanlığı genellikle aşağıdaki durumlarda gözükür (Dobermann ve Fairhurst, 2000):

- Silisyum noksanlığı çok yaşlı ve aşırı yıkanmış topraklarda,
- Düşük miktarda Si ihtiva eden ana materyal üzerinde oluşmuş topraklarda,
- İntensif yetiştiricilik sonucu silisyumu aşırı sömürülmüş topraklarda görülmektedir.

Toprakta yarayışlı silisyumun kritik değeri

Toprakların yarayışlı silisyum içerikleri kullanılan yöntemle, kritik silisyum değeri seçilen bitkiye göre değişmektedir. Çeltik bitkisi için kritik silisyum değerinin 0,5 N asetik asit ekstraksiyon metoduna göre 24 ppm (Korndorfer ve ark., 2001), Sodyum asetat buffer metodu için 60 ppm (Imaizumi ve Yoshida, 1958), Park (2001) aynı metodla organik topraklarda 26 ppm olarak belirlenmiştir. Liang ve ark. (1994), Imaizumi ve Yoshida (1958) tarafından önerilen sodyum asetat buffer metodunun kalkerli topraklarda silisyum durumunun belirlenmesi için uygun bir metot olmadığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar ayrıca çeltik ekimi yapılan kalkerli topraklarda hem çeltik hem de buğday veriminin silisyum gübrelemesi ile arttığını bildirmişlerdir.

Horuz ve Korkmaz (2013) Samsun yöresinde çeltik toprakların bitkiye yarayışlı silisyum kapsamının belirlenmesinde en uygun kimyasal ekstraksiyon yönteminin 0.18 M NaOAc + 0.87M HOAc metodu olduğunu ve bu yöntemle göre oransal ürünün %85'ini alabilmek için toprakların bitkiye yarayışlı kritik silisyum kapsamının 17,11 ppm olduğunu bildirmişlerdir.

Bununla birlikte; Hayson ve Chapman (1975), Avustralya'da Mackay asit karakterli topraklarında yetiştirilen şeker kamışı için 0,01M kalsiyum klorür ekstraksiyon yöntemine göre, bitkiye yarayışlı silisyumun kritik değerinin 20 ppm olduğunu, Avustralya'da bu metodun saf su ekstraksiyon metoduna alternatif olduğu ve geniş ölçüde kullanıldığı belirtilmiştir. Xu ve ark. (2001), Çin'in kuzey eyaletlerindeki kalkerli topraklarda yaptıkları 17 tarla denemesi sonuçlarına göre buğday için pH'ları 7,40-8,25 arasında ve kalsiyum karbonat kapsamı % 2,65-5,26 olan kalkerli topraklarda sodyum asetat buffer metodunun bitkiye yarayışlı silisyum belirlenmesinde uygun yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

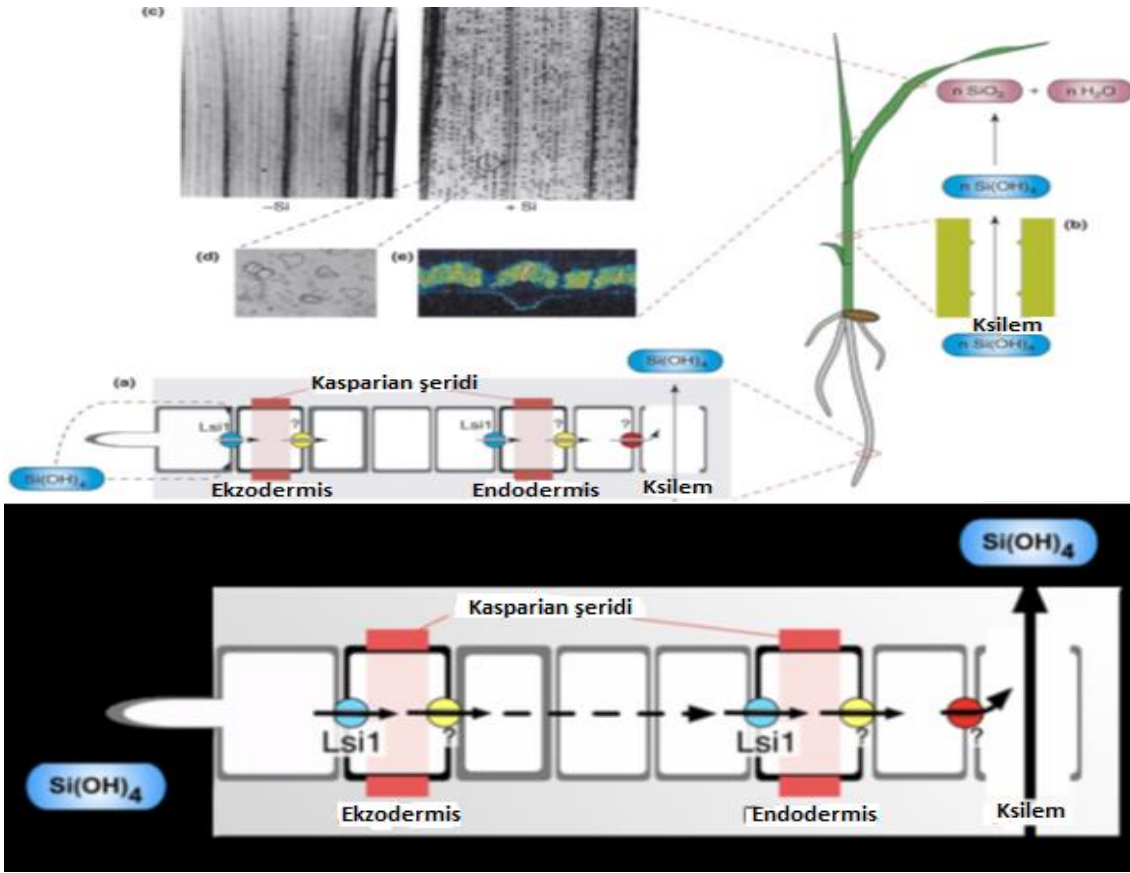
Winslow ve ark. (1997) çeltik toprağında 10:1 su:toprak ekstraksiyon yöntemine göre, ekstrakte edilebilir silisyum 2 ppm'in altında ise noksanlık görüldüğünü; 6 ppm'den fazla ise yeterli kabul edilebileceğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar çeltik yetiştiriciliğinde kullanılan su kaynağının 4 ppm'in üzerinde silisyum kapsadığında yeterli sayılabileceğini; 1 ppm'in altında silisyum kapsadığında noksan sayılabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca çeltik kavuzunda silisyum kapsamının 60 g/kg'dan fazla olması durumunda yeterli; 30 g/kg'ın altında bulunması durumunda silisyumca noksan sayılabileceğini de bildirmişlerdir.

Rayment ve Higginson (1992) tarafından da önerilen 0,025 M H₂SO₄ yöntemini seçmiştir. Yapılan çalışmada % 15'ten daha az kil içeren asit karakterli topraklarda 0,025 M H₂SO₄ yöntemiyle belirlenen yarayışlı silisyum 45 ppm'in altında ise silisyum gübrelemesine şeker kamışı respons vermiştir. Araştırmacı % 15-30 arası kil içeren topraklarda yarayışlı silisyum 65 ppm'in altında, % 30'dan daha fazla kil içeren topraklarda ise 100 ppm'in altında ise silisyum gübrelemesine şeker kamışının respons verdiğini bildirmiştir. % 15'ten daha az kil içeren asit topraklarda 0,025 M H₂SO₄ yöntemiyle belirlenen yarayışlı silisyum 45 ppm'in altında ise silisyum gübrelemesine şeker kamışı respons vermiştir.

Silisyum ve bitki gelişimi

Bitkiler silisyumu toprak solüsyonundan "orto silisik asit" olarak da adlandırılan (H₄SiO₄) mono silisik asit (Si(OH)₄) anyon formunda absorbe ederler (Lewin, 1969; Yoshida, 1975). Silisyum bazı bitkilerde yüksek konsantrasyon gradientine karşı aktif absorpsiyonla alındığı gibi pasif absorpsiyonla da alınabilmektedir (Hodson ve Evans, 1995; Savant ve ark., 1997a). Çeltik gibi silisyum akümüle eden bitkiler köklerinde toprak çözeltisinde bulunan silisyumdan (0,1-1,6 kg Si ha⁻¹) daha fazla silisyum bulunması bu bitkilerin silisyuma özel taşıyıcı proteinlere sahip oldukları ve silisyumun aktif olarak alındığı bildirilmektedir (Takahashi, 1995). Diğer bitkilerin ise silisyumu pasif absorpsiyonla aldıkları kabul edilmektedir (Epstein, 1994). Pasif absorpsiyonla alınan mono silisik asit formundaki silisyum kök hücre membranlarını geçerek yaprak ve sürgünlere transpirasyon akımı ile taşınmaktadır (Şekil 2). Transpirasyonla taşınan Si(OH)₄ yapraklarda pektin ve kalsiyum iyonlarıyla birleşmek suretiyle silisyum-selüloz membran tabakası (opal olarak bilinen amorf silika jel (SiO₂.2nH₂O) oluşturarak polimerize olmakta ve epidermal bitki dokularında

depolanmaktadır (Savant ve ark., 1997b; Takahashi ve ark., 1990; Ma, 2003). Mono silisik asit zamanla dehidratasyona uğrayarak polimerleşmesi yoğunlaşarak, polisilisik asite ve daha sonra amorf silikaya dönüşür. Bu şekilde epidermal dokularda konsantre olan silisyum hücre duvarının kütikül tabakasını kalınlaştırmak suretiyle (yaklaşık 2,5 μ) hücreyi mekanik olarak daha güçlü bir strükture dönüştürür (Şekil 3).



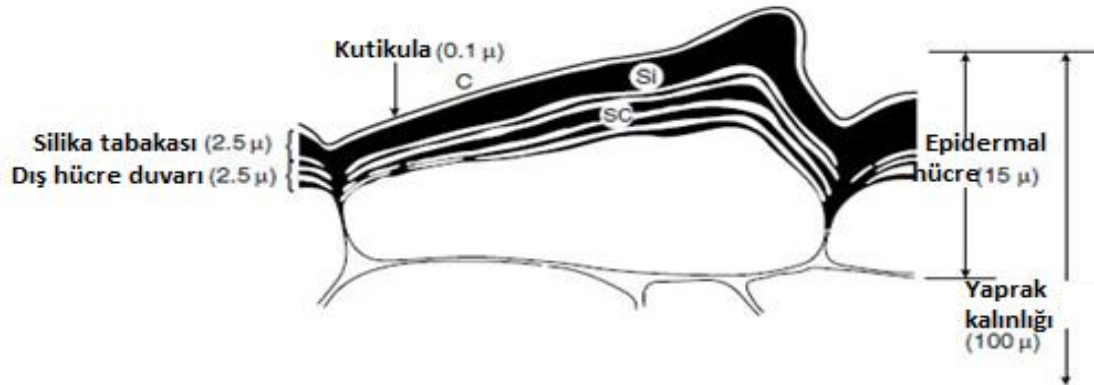
Şekil 2. Bitkide silisyumun absorpsiyonu ve taşınımı (a.silisik asidin taşıyıcılar vasıtasıyla (taşıyıcı proteinler) alımı b. Aynı formda sürgünlere taşınımı c ve d. Sürgünlere silika formunda polimerize olması e. Kütikülde birikme (Ma, 2006)

Bitkilerin içerdikleri silisyum diğer makro elementlerle (N, P, Ca vd.) ile karşılaştırıldığında bunlara yakın veya daha fazla olduğu belirlenmiştir. Gramineae familyası içerisinde çeltik en fazla silisyum akümüle eden bir bitki olup sapında %10-15 arasında silisyum içermektedir. Bitki türleri tarafından alınan silisyum miktarının çok farklı olduğu silisyum akümüle eden graminelerin silisyum kapsamalarının baklagillere ve diğer dikotiledon bitkilere göre 10 kat daha fazla olduğuda belirtilmiştir (graminelerde %2 SiO_2 içeriğine karşılık, baklagillerde %0.2).

İdris ve ark. (1975) ve Balasta ve Perez (1989), çeltiğin tipik olarak silisifillus (silisyumu kolayca absorbe etme ve depolama kabiliyetine sahip) bitki olduğunu belirtmişlerdir. Bitki çeşidine bağlı olarak, biyoküttelede akümüle olan Si %1'den %10 ve daha fazlasına kadar değişebilir (Elawad ve Gren, 1979; Epstein, 1994). Silisyum konsantrasyonunun (kuru ağırlık esas, KM) %1'den daha fazla olduğu bitki türlerinin Si bakımından akümülatör bitki (şeker kamışı, çeltik, buğday, *equisetium arvense*, *cladophora glomerata*, *synura petersenii* ve *saccharum officinarum* türleri ile Poaceae, Equisetaceae, Diatomaceae ve Cyperaceae familyaları) olduğu düşünülmektedir. Şimdiye kadar silisyum akümüle eden 21 bitki familyası tanımlanmıştır (Ma ve Takahashi, 2002). Bu bitkiler beslenme ortamında yeteri kadar silisyum bulunmadığı ortamlarda normal gelişmelerini tamamlayamazlar (Elawad ve ark., 1982; Epstein, 1994). Silisyumu akümüle eden bitkiler ortalama 50-200 kg Si ha⁻¹ absorbe ederler (Matichenkov ve ark, 1997). Silisyum en fazla şeker kamışı (300-700 kg Si ha⁻¹) sonra çeltik (150-300 kg Si ha⁻¹) ve buğday bitkileri (50-150 kg Si ha⁻¹) tarafından absorbe edilir (Matichenkov ve ark., 2000).

Bitkilerin çiçekli kısımları vejetatif organlarına göre daha fazla silisyum içerdikleri ve köklerin toprak üstü kısımlara göre 10 kat daha fazla silisyum içerdiği de belirtilmiştir. Ancak DNP (Dinitro fenol) gibi metabolik inhibitörler kökün silisyum absorpsiyonunu bloke ettikleri belirtilmiştir (Loue, 1986). Silisyum çeltikte dane kabuğu teşekkülünde önemli bir rol oynar ve dane kalitesini artırır (Savant ve ark., 1997a).

Dobermann ve Fairhurst (2000), Kardeşlenme döneminde çeltikte abiyotik ve biyotik streslere karşı kritik silisyum değerinin 50 g Si/kg kuru maddede olduğunu, olgunlaşmada çeltik sapında 80-100 gr/kg kuru maddede olduğunu belirtmişlerdir. De Data (1981) ise Tanaka ve Yoshido (1970)' in çalışmalarına istinaden olgunlaşma döneminde çeltik sapında kritik değerin 50 gr Si/kg kuru madde olduğunu belirtmiştir.



Şekil 3. Monosilisilik asidin yaprak epidermal hücrelerinde polimerizasyonu (Yoshida, 1975)

Monokotiledon bitkilere oranla domates ve soya fasulyesi gibi dikotiledon bitkilerde biyomassa %0.1'den daha az Si değerine sahip oldukları için zayıf akümülatör bitkiler olarak değerlendirilirler. Sucul çayırlar %5'e kadar Si ihtiva ederlerken; buğday, yulaf, çavdar, arpa, sorgum, mısır, şeker kamışı ve çayır çimeni biyomassa takriben %1 silisyum ihtiva ederler (Epstein, 1994; Jones ve Handreck, 1967; Nishimura ve Takahashi, 1989).

Silisyum bitkileri abiyotik ve biyotik stres şartlarına karşı korumak suretiyle etkili olmaktadır.

Silisyum noksanlık belirtileri

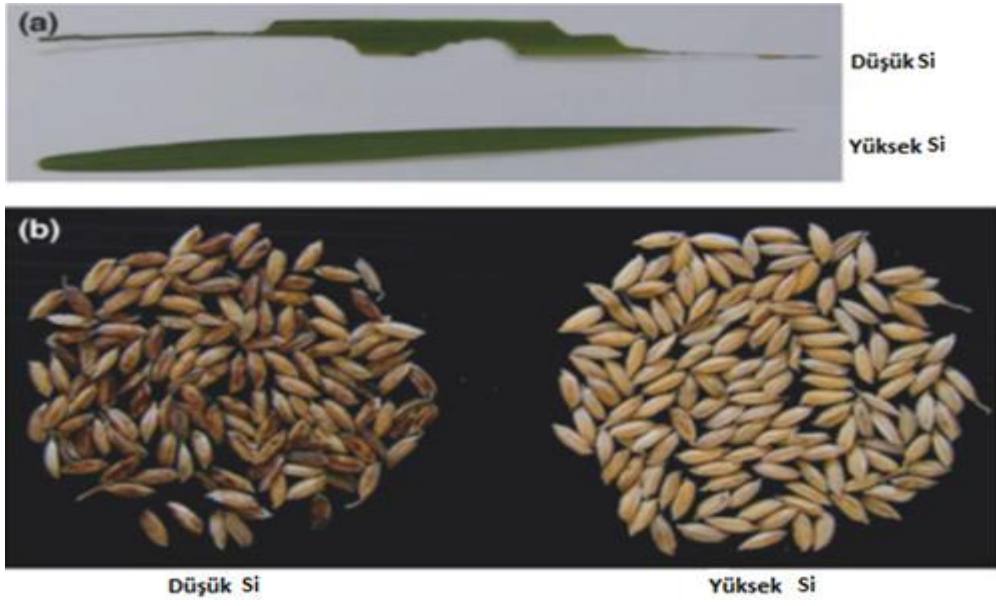
Silisyumun yetersiz olması durumunda bitkilerde ortaya çıkan bazı belirtiler şu şekilde sıralanabilir (Marschner ve ark., 1990; Singh ve ark., 2005):

- Genç yapraklarda şekil bozuklukları, dışa doğru kıvrılarak sarılma ve yaprakta incelleme (özellikle domateste)
- Klorozla birlikte gelişen alt yaprakların kahverengileşmesi ve nekrotik benekler oluşur
- Yapraklarda yaşlanma (senescence) hali (hıyar gibi bitkilerde) ortaya çıkar
- Olgun yapraklarda çillenme ve şerit şeklinde oluşumlar (şeker kamışı gibi bitkilerde)
- Tahıllarda zayıf kardeşlenmede ve yaprak uçlarında solma ve kuruma
- Yüksek steriliteli (verimsiz) küçük başakçık oluşumu, dolu başak sayısında azalma
- Tahıllarda yatma görülür
- Bitkilerin yaprak, gövde ve köklerinde fungal ve bakteri hastalıkları, böcek zararlanmalarına karşı hassasiyet artar
- Yaprakların fotosentetik aktivitesi düşer ve olgun yapraklarda kloroz gözükür

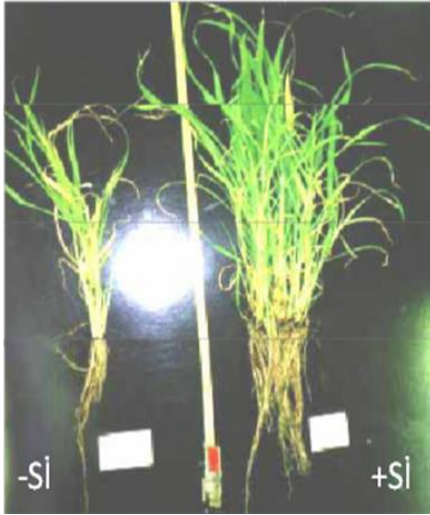
Silisyum noksanlık belirtileri göz ile açık bir şekilde görülmemekle birlikte indirekt etkileri daha çok yaygındır. Tahıllarda yatma ve hastalıklara karşı direnç azalması şeklinde ortaya çıkan belirtiler gözükür. Özellikle fitopatolojik hastalıklarda veya entomolojik zararlanma durumlarında bitkilerde bazı belirtilerin oluşması şeklinde ortaya çıkar (Resim 1-11).

Örneğin silisyumca fakir bitkilerde aşırı transpirasyona bağlı solgunluk nedeniyle salkım söğüte benzer tarzda yaprakların aşağı doğru indiği görülür. Silisyum noksanlığında bal kabağı, hıyar, buğday gibi bitkilerin toz mildiyö hastalığına ve daneli bitkiler (hububat) ise yatmaya karşı daha hassas olmaktadır (Heckman ve Provance-Bowley, 2011). Hububatlarda Mn ve Fe toksisitesine bağlı olarak oluşan belirtilerde (nekroz) yaprakların silisyum kapsamının düşük olduğu görülmüştür (Vlamis ve Williams, 1967). Çeltik bitkisinde SiO₂ kapsamının % 0.2 den % 7 artması Fe konsantrasyonunun kuvvetli bir şekilde azalmasına, toksisitenin önlenmesine neden olduğu ifade edilmiştir. Çeltikte Fe absorpsiyonunun köklerin oksidan gücü ile ters ilişkili olduğu ifade edilmiş, diğer bir ifade ile Fe oksidan gücü yüksek çeltik bitkilerinin Fe alımının azaldığı, toprak üstü organlarında SiO₂ kapsamının arttığı belirtilmiştir (Loué, 1986).

Çeltikte silisyum noksanlığı gösteren bitkilerin yattığı, silisyumca iyi beslenen bitkilerde yaprakların daha dik, fotosentezin daha iyi olduğu tespit edilmiştir. Bitkilerde silisyum beslenmesinin iyi olması transpirasyonu azaltmış aşırı su kayıplarını önlemiştir.



Resim 1. Düşük ve yüksek Si'un çeltik yaprak ve danesine etkisi a) Böcek saldırılarına karşı silisyumun etkisi (Sap Si %0.48 ve kavuz Si %1.44) b) Çoklu fungal patojen infeksiyonu (Sap Si %4.21 ve kavuz Si %8.05) üzerine etkisi (Ma ve Yamaji, 2006).



Resim 2. Silisyumun çeltik bitkisinin kök gelişimine etkisi (Linjuan ve ark., 2004)



Resim 3. Yılbaşı çiçeğinin gelişimi üzerine silisyumun etkisi (Provance-Bowley ve ark., 2010)



Resim 4. Bal kabağında silisyumun küllleme hastalığı üzerine etkisi (Heckman ve ark., 2003)



CaCO₃



Doğal CaSiO₃

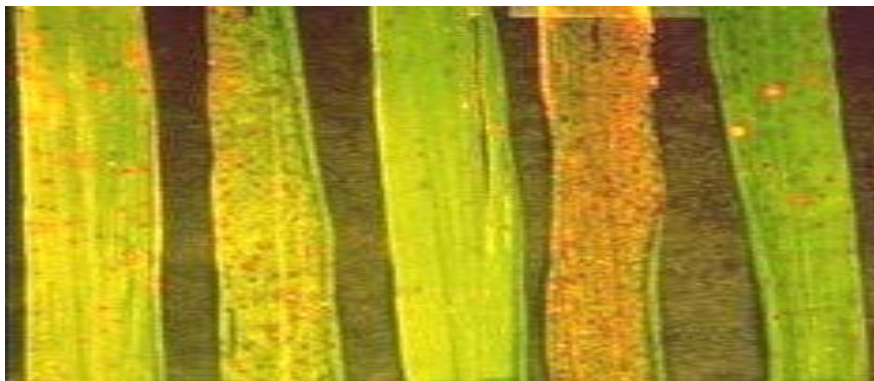
Resim 5. Bal kabağında kireç ve kalsiyum silikatın etkisi (Heckman ve ark., 2003)



Resim 6. pH'sı 6.5 olan toprakta çime (%0,42 Si) uygulanan CaCO₃ ve doğal CaSiO₃'ın çim (%0,72 Si) gelişimi üzerine etkileri (Heckman ve Provan-Bowley, 2011)



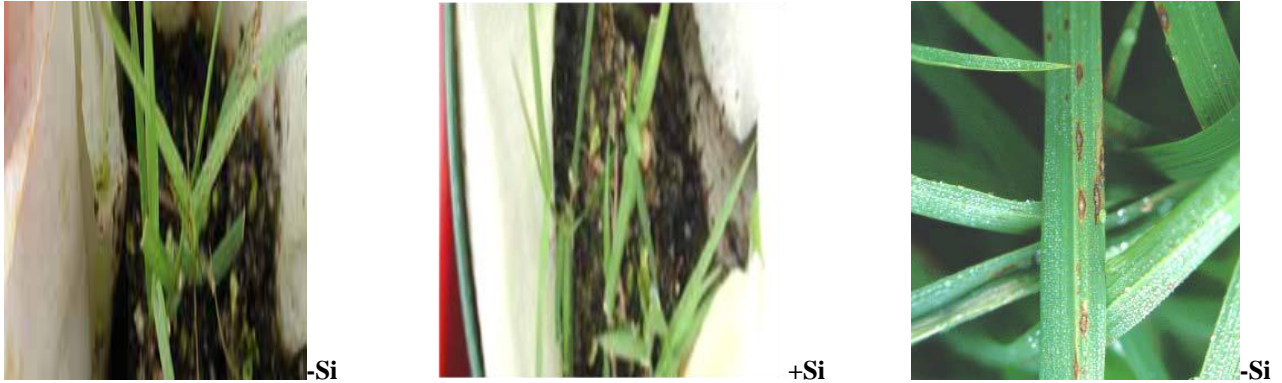
Resim 7. Buğday yaprağında silisyumun külleme hastalığı üzerine etkisi (Brecht ve ark., 2004)



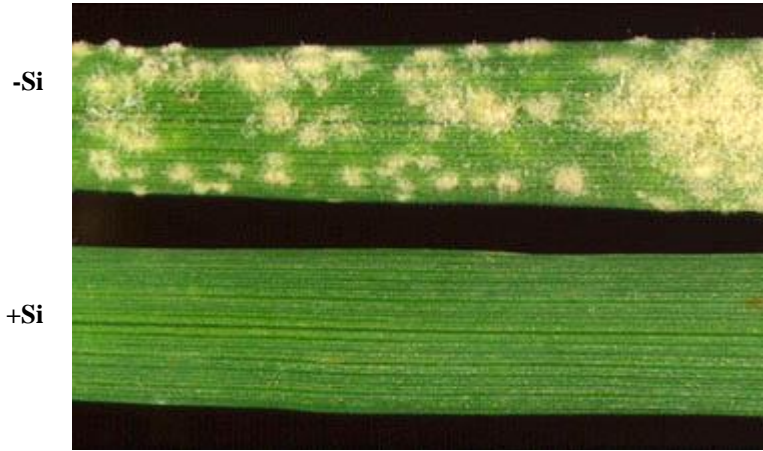
Resim 8. Çeltik yaprağında Si noksanlığında oluşan kahverengi benekler (Doberman ve Fairhurst, 2000)



Resim 9. Farklı oranlarda silisyum uygulanmış çim bitkisinin (creeping bentgrass) 20°C'de 55 gün, daha sonra 35-40°C'de 20 gün sürekli ışık ve neme maruz kalması sonucu bitki gelişimindeki değişim (Linjuan ve ark., 1999).



Resim 10. Bermudagrass çiminde silisyumun bipolaris yaprak lekesi üzerine etkisi (Seebold ve ark., 2001)



Resim 11. Buğday yaprağında külleme hastalığı üzerine silisyumun etkisi (Brecht ve ark., 2004)

Silisyum toksisitesi

Silisyumun yüksek dozlarda uygulanması ile bitkilerde oluşabilecek zararlar nadirdir. Ayçiçeği bitkisine yüksek oranda uygulanan silisyum çiçeklerin deforme olmasına ve bitki büyümesini yavaşlatarak geriletmektedir (Mattson, 2012). IRRİ (1981) raporlarında aşırı silisyum uygulamalarının toprakta çinkonun yararışlılığını azaltabileceğini ve bitkilerde Zn noksanlık simptomlarının gelişebileceğini belirtmiştir.

Silisyum gübrelemesi

Silisyum gübrelemesi, bitkilerin dik kalmasına yardım etmekte, yatmaya karşı daha fazla direnç sağlamaktadır. Hububat ve çeltikte azot gübrelemenin artması bitkilerin silisyum kapsamlarının azalmasına neden olmuş. Bunun nedeni birim absorbe edilen su miktarı başına kuru maddenin daha fazla üretilmesi gösterilmiştir. Diğer bir ifade ile aşırı azotlu gübreleme sonucu oluşabilecek yatma problemlerinin önlenmesi yönünden çeltik bitkisine azotlu gübre dozuna bağlı olarak silisyumlu gübrelemenin de yapılması gerektiği belirtilmiştir (Gascho ve Korndörfer, 1998).

IAC 202 çeltik çeşidinin verim komponentleri üzerine azot ve silisyumlu gübrelemenin etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada azot üre formunda (5-75-150 ppm N) ve silisyum kalsiyum silikat olarak (0-200-400 ve 600 ppm SiO₂) verilerek yürütülen tarla denemesinde azotlu gübrelemenin bir metre karelik alandaki bitki sap, başak sayısını ve başaktaki total dane sayısını artırdığı tespit edilmiştir. Yetersiz azotlu gübreleme durumunda aşırı kardeşlenmeden dolayı fertil bitki ve başakçık yüzdesi ile 1000 dane ağırlığı azalmıştır. Silisyumlu gübreleme ise salkımdaki boş başakçık sayısını azaltmış ve 1000 dane ağırlığını artırmıştır; fakat ürünü istatistiksel olarak önemli şekilde etkilememiştir (Mauad ve ark., 2003).

Horuz ve Korkmaz (2012) Samsun yöresi çeltik topraklarında yürütülen 25 adet saksı denemesi çalışmasında topraklara silisik asik (0-50-100-200-400 ppm Si) uygulamışlardır. Neticede yöre topraklarının % 72'sinin değişik dozlarda (50-400 ppm) silisyumlu gübreye gereksinimleri olduğu, silisyum gübrelemesinin çeltik dane verimini ortalama % 45 oranında artırdığı ve optimum silisyum dozunun 200 ppm olduğu sonucuna varmışlardır. Ayrıca yapılan çalışmada silisyum gübrelemesinin tuzların zararlı etkilerini azalttığı; ancak toprakların EC ve SAO oranı arttıkça silisyum gübrelemesinin çeltik dane veriminde sağladığı artışlarda azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Liang ve ark. (2005) sera denemesinde mısır bitkisine 20-40 ppm Cd ile 400 ppm Si uygulaması sonucu toprak pH'sının arttığı Cd'ü immobilize olduğu ve bitkide Cd-detoksifikasyonu oluşturarak biomas gelişiminin artarak devam ettiğini bildirmişlerdir.

Çimlerde silisyum gübrelemesi çalışmalarında Datnoff (2005), silisyum gübrelemesinin çeşitli çim türlerinde bitki büyüme ve gelişmesini artırdığı kadar abiyotik stresi (kuraklık stresi, sıcaklık stresi, mineral toksisitesi, yıpranmaya karşı tolerans) azalttığı ve pozitif etki sağladığını bildirmiştir. Silisyum bitki hücre duvarlarında polisakkarit ve lignin polimerlerine bağlanarak ve kütikülde depo edilerek yaprak ve sapın dayanıklılığını artırmaktadır (Hull, 2004). Yapraktan 1,1-2,2 kg Si/ha, topraktan 22,4 kg Si/ha potasyum silikat uygulamaları bitkide yıpranma zararını %20 oranında azalttığı tespit edilmiştir (Takahashi ve ark., 1990). Si ile gübrelenmiş çimlerin gübrelenmemişlere göre yaprak kalite ve renginde artış olduğu, kuraklık stresine daha iyi dayandıkları ve yaprak yoğunluğunun da %23,5 oranında arttığı görülmüştür (Trenholm ve ark., 2004).

Dobermann and Fairhurst (2000), 1 ton çeltik dane verimi ile kaldırılan silisyum miktarının 50-110 kg arasında olduğunu, çeltiğin ortalama 80 kg silisyum kaldırdığını bildirmişlerdir. Dönüme 600 kg ürünle yaklaşık olarak 48 kg silisyum kaldırıldığı ve kaldırılan silisyumun % 80'inin sap ile kaldırıldığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar sap ürünün tarlaya geri dönüşümünün olmaması durumunda çeltik topraklarında yayımlı silisyum kapsamında önemli azalışların olacağını ve çeltik sapının tarlaya geri dönüşümünün olması durumunda ise kaldırılan silisyumun daha az olacağını, 1 ton dane ile 15 kg Si kaldırılacağını bildirmişlerdir. Aynı araştırmacılar toprakta kritik silisyum seviyesinin 40 ppm altına düşmesi halinde çeltiğe dönüme 12 ile 20 kg arası Ca-silikat, 4 ile 6 kg arası K-silikat tavsiye edildiğini bildirilmiştir. Aynı araştırmacılar litrede 3-8 mg Si içeren sulama suyundan 1000 mm kullanılması durumunda dönüme 3-8 kg Si girişi olabileceğini de belirtmişlerdir.

Yılbaşı çiçeğine (pointsettia) 100 ppm Si yaprak gübrelemesinin yaprak kenar yanıklığını önlediği bildirilmiştir. Fertigasyonla yapılacak uygulamalarda besin solüsyonu tanklarına silisyumun 50 ppm konsantrasyonunda uygulanması gerektiği, aksi takdirde tanklarda çökelmeye sebep olacağı bunu önlemek için ikinci bir tankta 100 ppm Si'un haftada bir kez uygulanması önerilmiştir (Heckman ve Provance-Bowley, 2011).

Silisyumun organik bir kaynaktan verilmesi gerektiğinde çeltik kavuz külünün uygulanabileceği belirtilmiştir. Zira Çeltik dane ağırlığının % 22'sini kavuz oluşturmakta ve kavuzun %85-90'i amorf silika ve lignin içermekte olup, 1000 kg daneden 220 kg kavuz elde edildiği, 220 kg kavuzun da 55 kg küle eşdeğer olduğu tespit edilmiştir (Anonymous, 2009). Ayrıca sulama suyula da topraklara silisyum ilave edildiği dikkate alınırca silisyum ilavesinde su ve çeltik kavuzunun silisyum kapsamının bilinmesi de yararlı olacaktır (Winslow ve ark, 1997).

IRRI (1980) kongre raporunda Amarasiri (1978)'nin Sri Lanka'da çeltik bitkisi ile sürdürdüğü denemelerinde 69:20:18 NPK'ya ilaveten 0,74 ton/ha çeltik kavuz külü uygulaması ile hektara 1-1,4 ton ilave verim artışı elde etmiştir. Ancak çeltik kavuz külünün daha fazla artırılması ürünü azaltmıştır. Ayrıca hektara 1 ton kavuz külü ile elde edilen ürünün hektara 36 kg K ile elde edilen ürüne eşdeğer olduğu belirtilmiştir (Amarasiri and Wickramasinghe, 1977).

Kaya ve ark. (2008), tuz stresi altında (0-100 mM NaCl) gelişen buğday bitkilerinde besin çözeltisine Na-silikatı(Na₂SiO₃) 0,25-0,5 mM Si oranlarında ilave etmişler ve tuzun bitki kuru maddesi ve klorofil kapsamı

üzerine negatif etkileri silisyum ilavesiyle düzeltildiğini ve yapraklarda prolin kapsamı ve membran permeabilitesinin azaldığını bildirmişlerdir.

Kaya ve ark. (2006), saksı denemesinde 1:1:1-torf:perlit:kum ortamında su stresi altında yetiştirilen mısırın gelişmesi ve mineral beslenmesinde besin çözeltisine silisyum ilavesinin su stresinin olumsuz etkilerinin ortadan kaldırdığını, kuru madde miktarı, klorofil ve nispi su kapsamını artırdığını belirterek, kurak ve yarı kurak bölgelerde silisyumun kuraklığın etkisini azaltarak buğday bitkisinin gelişmesini artırabileceğini ileri sürmüşlerdir.

Silisyumlu gübre olarak, kalsiyum silikat (CaSiO_3), magnezyum silikat (MgSiO_3), potasyum silikat (K_2SiO_3), silisik asit veya mono silisik asit sırasıyla Si(OH)_4 ve H_4SiO_4 kullanılabilir.

Kaynaklar

- Anonymous 2009. cgpl.iisc.ernet.in/site/Portals/0/Technologies/PrecipitatedSilica
- Balasta MLFC, Perez CM. 1989. Effects of silica level on some properties of *Oryza sativa* L. straw and hull. *Canadian Journal Botany* 67:2356-2363.
- Birchall JD, Exley C, Chappell JS. 1989. Acute toxicity of aluminum to fish eliminated in silicon-rich acid waters. *Nature* 338:146-148
- Brady NC. 1990. The nature and properties of soils, 10th edn. New York: Macmillan
- Brecht MO, Datnoff LE, Kucharek TA, Nagata RT. 2004. Influence of Silicon and Chlorothalonil on the Suppression of Gray Leaf Spot and Increase Plant Growth in St. Augustinegrass. *Plant Disease* 88: 338-344.
- Brecht M, Datnoff L, Stiles C. 2004. Bipolaris and Curvularia and fungal species associated with 'Tifeagle' and 'Floradwarf' bermudagrasses in Florida. Turfgrass Field Day, UF/IFAS, Gainesville, 22 July. by chemical and biological methods. Abstract. Annual Meeting Soil Sci. Soc. Am. Baltimore, MD. 18-22 Oct, p.308.
- Cherepanov KA, Chernish GI, Dinelt VM, Suharev JI. 1994. The Utilization of Secondary Material Resources in Metallurgy. Moscow: Metallurgy
- Datnoff LE. 2005. Plant Management Network. Silicon in the life and performance of Turfgrass. Online. *Applied Turfgrass Science* doi:10.1094/ATS2005-0914-01-RV.
- Datnoff, LE, Deren CW, Snyder GH. 1997. Silicon fertilization for disease management of rice in Florida. *Crop Protection* 16: 525-531.
- De Datta SK. 1981. Principles and Practices of Rice Production. John Wiley & Sons. Inc. Newyork.
- Dobermann A., Fairhurst TH. 2000. Rice:Nutrient Disorders & Nutrient Management. International Rice Research Institute. First edition, ISBN 981-04-2742-5, 95-98pp.
- Elawad SH, Gren VE. 1979. Silicon and the rice plant environment: A review of recent research. *Riv. Riso* 28:235-253.
- Elawad SH, Street JJ, Gascho GJ. 1982. Response of sugarcane to silicate source and rate. I. growth and yield. *Agronomy Journal* 74:481-484
- Epstein E. 1994. The anomaly of silicon in plant biology. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 91:11- 17
- Epstein E. 1999. Silicon, *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641-664.
- Gascho GJ, Korndörfer GH. 1998. Availability of silicon from several sources determined by chemical and biological methods. In: Soil science Society of America annual meeting, 18-22 Oct. Baltimore. p. 308
- Hamel SC, Heckman JR. 1999. Impact of mineral silicon products on powdery mildew in greenhouse grown turf. *Rutgers Turfgrass*, vol. 31, Rutgers, New Jersey.
- Haysom MBC, Chapman LS. 1975. Some aspects of the calcium silicate trials at Mackay. *Proc. Qld Soc. Sugar Cane Technol.* 42:117-122.
- Heckman JR, Johnston S, Cowgill W. 2003. Pumpkin yield and disease response to amending soil with silicon. *Horticultural Science* 38(4): 552-554.
- Heckman JR, Provance-Bowley M. 2011. Silicon in Soil Fertility and Crop Production; Ten years of Research. Northeast Branch Crops, Soils and Agronomy Meeting Abstracts. (Available at 2012) njaes.rutgers.edu/pubs/soilprofile/sp-v20.pdf.
- Hodson MJ, Evans DE. 1995. Aluminium/silicon interactions in higher plants. *Journal of Experimental Botany* 46: 161-171.
- Horuz A, Korkmaz A, Karaman MR. 2013. Çeltik Topraklarının Silisyumlu Gübrelemeye Tepkisi. *Tarım Bilimleri Dergisi* 19(4): 268-280
- Hull RJ. 2004. Scientists start to recognize silicon's beneficial effects. *Turfgrass Trends* 8:69-73.
- Idris M, Hossain MM, Choudhury FA. 1975. The effect of silicon on lodging of rice in presence of added nitrogen. *Plant and Soil* 43: 691-695.
- Imaizumi K, Yoshida S. 1958. Edaphological studies on silicon supplying power of paddy soil. *Bull. Natl Inst. Agric. Sci. (Jpn)* B, 8:261-304.
- IRRI (International Rice research Institute) 1981. Annual Report. Los Banos, Philippines, 418 p.
- IRRI 1980. Organic matter and rice. International rice research institute. ISBN 971-104-104-9.
- Jones LHP, Handreck KA. 1967. Silica in soils, plants and animal. *Advances Argonomy* 19:107-1149

- Kaya C, Tuna L, Higgs D. 2006. Effect of Silicon on Plant Growth and Mineral Nutrition of Maize Grown Under Water-Stress Condition. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1469-1480.
- Leibig L. 1840. Organic Chemistry in Its Application to Agriculture and Physiology. From the manuscript of the author by Lyon Playfair. London: Taylor & Walton,
- Lewin CJ, Reimann BE. 1969. Silicon and plant growth. *Annual Review of Plant Biology* 20:289-304.
- Liang Y, Sun W, Zhu YG, Christie P. 2007. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: a review. *Environmental Pollution* 147(2):422-428
- Liang Y, Wong JW, Wei L. 2005. Silicon-mediated enhancement of cadmium tolerance in maize (*Zea mays* L.) grown in cadmium contaminated soil. *Chemosphere* 58(4):475-83.
- Liang YC, Ma TS, Li FJ, Feng YJ. 1994. Silicon availability and response of rice and wheat to silicon in cacerous soils. *Soil Science and Plant Analyses* 25:2285-2297.
- Lindsay WL. 1979. Chemical Equilibria in Soil. New York: Wiley,
- Linjuan Z, Junping J, Lijun W, Min L, Fusuo Z. 1999. Effects of silicon on the seedling growth of creeping bentgrass and zoysiagrass. Pages 381 in: Silicon in Agriculture. L. E. Datnoff, G. H. Snyder, and G. H. Korndorfer, eds. Elsevier Science. Amsterdam, The Netherlands.
- Loué A, 1986. Les Oligo-Éléments en Agriculture. Agri - Nathan International, 43 Rue du Chemin- Vert, 75011 Paris.
- Ma JF. 2003. Function of silicon in higher plants. *Progress in Molecular and Subcellular Biology* 33:127-147.
- Ma JF. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses, *Soil Science and Plant Nutrition* 50(1):11-18
- Ma JF, Takahashi E. 2002. Soil, Fertilizer, and Plant Silicon Research in Japan. Elsevier Science, Amsterdam
- Ma JF, Yamaji N. 2006. Silicon uptake and accumulation in higher plants. *Trends in Plant Science* 11:392-397.
- Marschner H, Oberle H, Cakmar I, Romheld V. 1990. In : "Plant Nutrition-Physiology and Application" (M.L. Van Benschichem, ed.) pp: 241-249. [Ktuwer Academic Dordrecht.]
- Matichenkov VV, Ammosova YM, Bocharnikova EA. 1997. The method for determination of plant-available silica in soil. *Agrochemistry* 1:76-84
- Matichenkov VV, Bocharnikova EA, Calvert DV, Snyder GH. 2000. Comparison study of soil silicon status in sandy soils of south Florida. *The Soil and Crop Science Society of Florida Proceedings* 59:132-137.
- Matichenkov VV, Bocharnikova EA. 2001. The relationship between silicon and soil physical and chemical properties. In: L.E. Datnoff, G.H. Snyder, H. Korndorfer, eds. Silicon in Agriculture. Amsterdam: Elsevier, pp. 209-219.
- Matichenkov VV, Calvert DV, Snyder GH. 1999. Silicon fertilizers for citrus in Florida. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society* 112: 5-8.
- Matichenkov VV, Pinsky DL, Bocharnikova EA. 1995. Influence of mechanical compaction of soils on the state and form of available silicon. *Eurasian Soil Science* 27:58-67
- Mattson N. 2012. Adding Silicon to the Fertilizer Program in Poinsettia Production: Benefits and Facts. www.greenhouse.cornell.edu/.../silicon (Available at 2012).
- Mauad M, Crusciol CAC, Filho HG, Correa JC. 2003. Nitrogen and silicon fertilization of upland rice. *Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.)* 60:4
- Nishimura K, Miyaki Y, Takahashi E. 1989. On silicon, aluminium, and zinc accumulators discriminated from 147 species of Angiospermae. *Memoirs of the College of Agriculture, Kyoto University* 133, 23-43.
- Okuda A, Takashi E. 1965. The role of silicon. In: The mineral nutrition of the rice plant. John Hopkins Press, Baltimore, MD. p.123-146.
- Park CS. 2001. Past and Future advances in silicon research in the republic of Korea. In silicon in Agriculture. Datnoff, L.E., Snyder, G.H., Korndorfer, G.H., Eds., Elsevier: Amsterdam, 359-371
- Provance-Bowley MC, Heckman JR, Durner EF. 2010. Calcium silicate suppresses powdery mildew and increases yield of field grown wheat. *Soil Science Society of America Journal* 74(5): 1652-1661.
- Rayment GE, Higginson FR. 1992. Australian laboratory handbook of soil and water chemical methods. Inkhata Pres. Melbourne. 330p.
- Savant N K, Korndorfer G H, Datnoff LE, Snyder GH. 1999. Silicon nutrition and sugarcane production: a review. *Journal of Plant Nutrition* 22 (12):1853-1903
- Savant NK, Synder GH, Datnoff LE. 1997a. Silicon managment and sustainable rice production. *Advances in Agronomy* 58: 151-199 San Diego, CA.
- Schindler PW, Furst B, Dick R, Wolf PO. 1976. Ligand properties of surface silanol groups. I. Surface complex formation with Fe³, Cu², Cd³, and Pb². *Journal of Colloid and Interface Science* 55:469-475.
- Seebold KW, Kucharek TA, Datnoff LE, Correa-Victoria FJ, Marchetti MA. 2001. The influence of silicon on components of resistance to blast in susceptible, partially resistant and resistant cultivars of rice. *Phytopathology* 91:63-69.
- Singh KK, Singh K, Singhl RS, Singh R, Chandel RS. 2005. Silicon Nutrition In Rice - A Review. *Agric. Rev..* 26 (3): 223 - 228.
- Sistani KR, Savant NK, Reddy KC. 1997. Effect of rice hull ash silicon on rice seedling growth. *Journal of Plant Nutrition* 20(1): 195 -201.
- Takahashi E. 1995. Uptake mode and physiological functions of silica. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 49:357-360.

-
- Takahash, E, Ma JF, Miyake Y. 1990. The possibility of silicon as an essential element for higher plants. *Comments on Agricultural and Food Chemistry* 2:99-122.
- Tanaka A, Yoshida S. 1970. Nutritional disorders of the rice plant in Asia. IRRI Technical Bull. 10. IRRI Manila. Phillipines
- Turan M, Horuz A. 2012. Bitki Besleme. Bitki Beslemenin Temel İlkeleri. Ed: M. Rüstü Karaman, 123-347. Ankara
- Vlamis J, Williams DI. 1967. Manganese and Silicon interaction in the Gramineae. *Plant and Soil* 27:131-140.
- Winslow MD, Okada K, Correa-Victoria F. 1997. Silicon deficiency and the adaptation of rice ecotypes. *Plant and Soil* 188:239-248.
- Xu G, Zhan X, Li C, Bao S, Liu X, Chu T. 2001. Assessing methods of available silicon in calcareous soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis* 32:787-801
- Yoshida S. 1975. The physiology of silicon in rice. Technical bulletin, no. 25, Food and Fertilizer Technology Center, Taipei, Taiwan.

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.

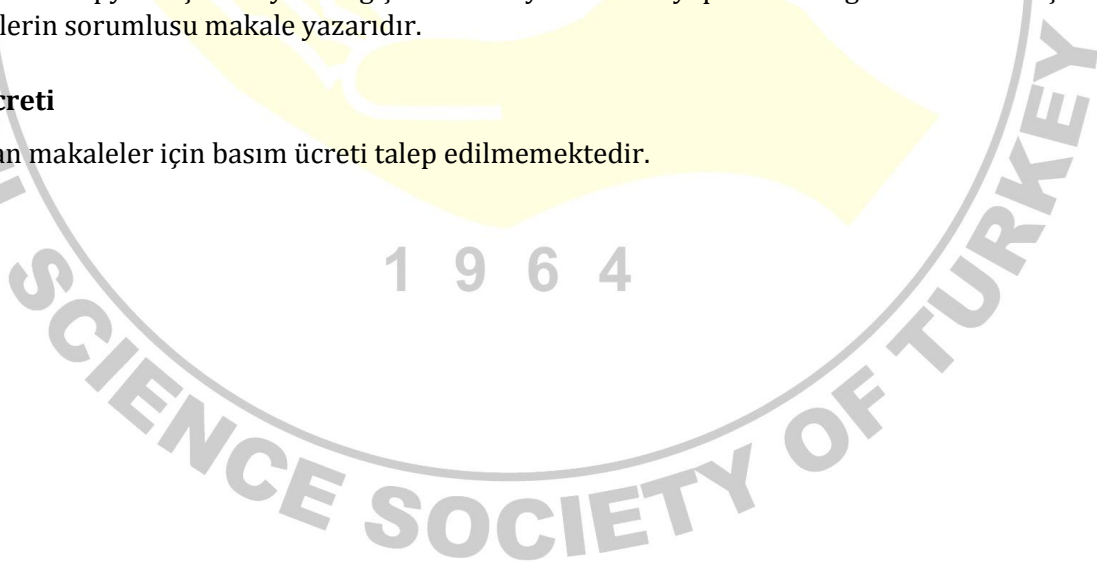
Kabul Sonrası

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.