



2020

Cilt/Volume : 8

Sayı/Number : 2

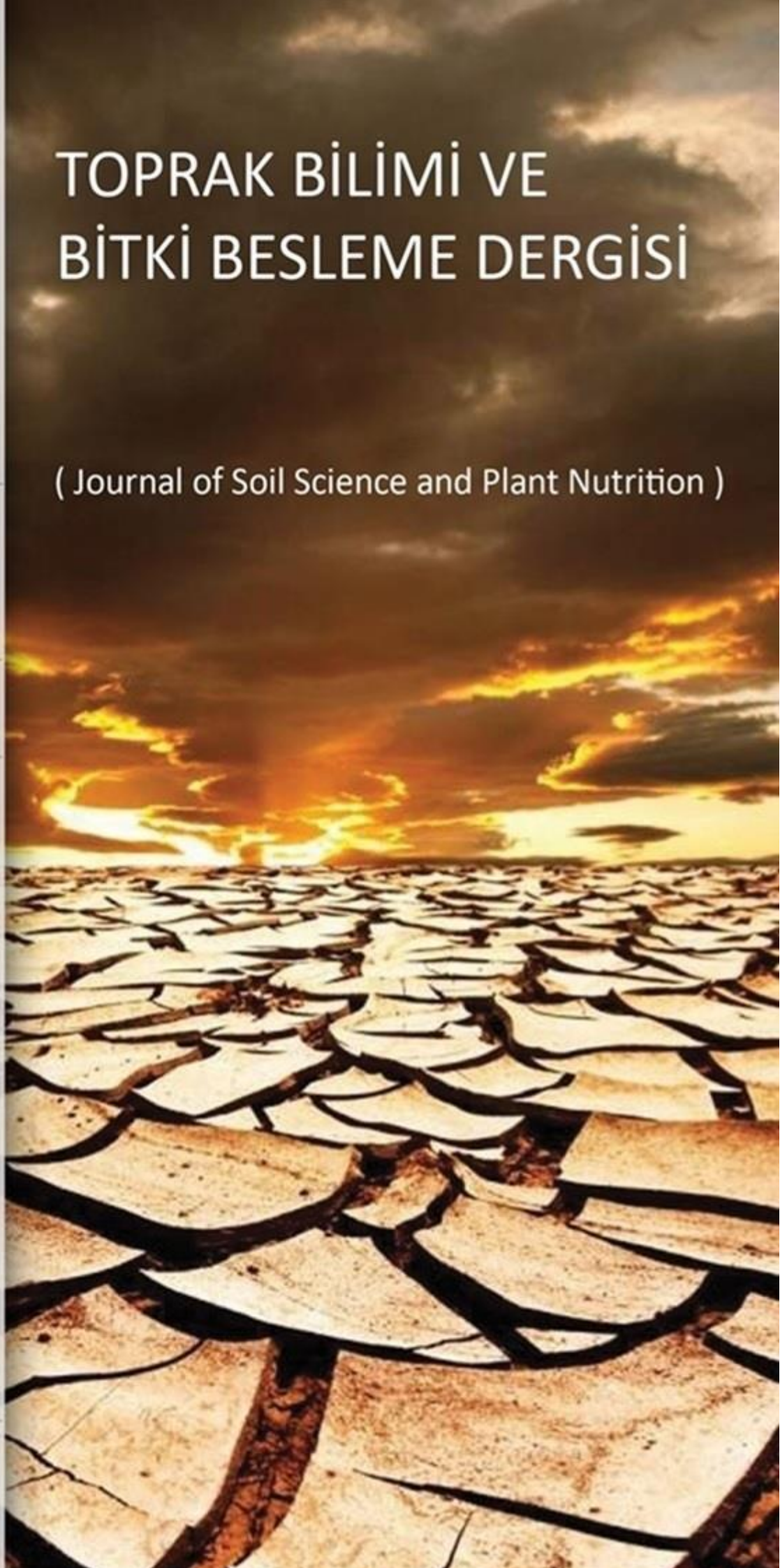
eISSN : 2146 - 8141

www.toprak.org.tr

Türkiye Toprak Bilimi
Derneği Yayınıdır

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Journal of Soil Science and Plant Nutrition)





TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



SAHİBİ

Dr.Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr.Coşkun GÜLSER
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr.Rıdvan KIZILKAYA
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

BÖLÜM EDİTÖRLERİ

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

EDİTÖRLER KURULU

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

DERGİ HAKKINDA

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

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



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2020

CİLT : 8

SAYI : 2

SAYFA : 77 – 175

İÇİNDEKİLER

- Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi toprak etüdünün güncellenmesi** 77
Hanife Akça, Levent Atatanır
- Çeltik sapından elde edilen biyokömürün bazı karakterizasyon özellikleri** 86
Muhittin Onur Akça, Sadık Usta, Veli Uygur, Sonay Sözüdoğru Ok
- Organik ve inorganik ve biyo gübrelerin bezelyenin bitkisel özelliklerine etkileri** 98
Fatma Başdemir, Murat Tunç, Sibel İpekeşen, Seval Eliş, Behiye Tuba Biçer
- İnönü üniversitesi (Malatya-Türkiye) yerleşkesinde bulunan bitkilerin kurakçıl peyzaj ilkeleri açısından irdelenmesi** 107
Sima Pouya, Eyüp Burak Selçuk, Elif Bayramoğlu
- Toprak sıkışması ve sınırlayıcı su aralığı üzerine farklı organik materyallerin etkileri** 118
Hamza Negiş, Cevdet Şeker, Ayşe Çetin
- Yabani nohut genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığında stoma iletkenlik indeksi değişimleri** 128
Fatma Başdemir, Mehmet Yıldırım
- Organomineral gübre ve K-humat'ın tane mısırın verim ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkilerinin kimyasal gübreyle karşılaştırması** 137
Ayşegül Korkmaz, Fatma Gökmen Yılmaz, Sait Gezgin
- Giresun ili Şebinkarahisar ilçesinde farklı topoğrafyalarda oluşmuş toprakların tarımsal özellikleri** 145
Bahadır Atmaca, Hafize Nalbant
- Kaya fosfat ve TSP gübresi ile uygulanan *Micrococcus luteus* AR-72'nin toprağın bazı biyolojik özellikleri, NO₃ ve alınabilir P içeriğine etkisi** 157
Betül Bayraklı
- Organik düzenleyici uygulanmış toprakta erozyonla oluşacak toprak kaybının tahmini** 167
Elif Öztürk, Nutullah Özdemir



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi toprak etüdünün güncellenmesi

Hanife Akça ¹, Levent Atatanır ^{2,*}

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

² Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Aydın

Özet

Günümüzde, çiftlik bazında yürütülen detaylı toprak etüt ve haritalama çalışmalarından üretilen her toprak parametresine ait haritaların kullanımı, konumsal ve zamansal değişimlerinin izlenmesi önem taşımaktadır. Bu çalışma ile, çiftlik arazisinde 1999 yılında tamamlanmış olan geleneksel toprak etüt ve haritalama çalışmalarının CBS ve uzaktan algılama verilerinden de yararlanılarak güncellenmesi hedeflenmiştir. Önceden 3 fizyografik üniteden biri olan alüviyal araziler kendi içinde 4 farklı grup altında değerlendirilerek toplamda 6 farklı fizyografik ünite oluşturulmuştur. Bu üniteler üzerinde 26 profil çukuru açılmış ve geçmişte 6 olan toprak serisi 15 tane olacak şekilde yeniden tanımlanmıştır. Her seriden horizon esasına göre toprak örnekleri alınmış ve laboratuvarında fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları ve morfolojik gözlemler sonucunda araştırılan topraklar Toprak Taksonomisi'ne göre Entisol ve Inceptisol, FAO/WRB'ye göre ise Fluvisol, Regosol ve Calcisol olarak sınıflandırılmışlardır. Çalışma sonucunda alanın 1:5000 ölçekli temel toprak haritası ve veri tabanı oluşturulmuştur. Bunun yanında alandaki mevcut ve geleceğe yönelik problem ile öneriler ortaya konulmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak sınıflandırma, toprak etüt haritalama, CBS, uzaktan algılama.

The Revision of Soil Survey of Research and Application Farm Lands of Agriculture Faculty of Aydın Adnan Menderes University

Abstract

Today, it is important to use the maps of each soil parameter produced from detailed soil survey and mapping studies carried out on a farm basis and to monitor for the spatial and temporal changes. With this current study, it is aimed to update the conventional soil survey and mapping studies completed in 1999 on the farm land by using GIS and remote sensing data. Alluvial lands, which were previously one of the 3 physiographic units, were evaluated under 4 different groups in itself and 6 different physiographic units were created in total. 26 pedons were investigated in these units and the soil series, which was 6 in the past, was redefined as 15. Soil samples were taken from the each series based on horizon principle, physical and chemical analysis were conducted in the laboratory. According to the results of analysis and morphological observations, investigated soils were classified as Entisol and Inceptisol and classified as Fluvisol, Regosol, Calcisol by taking into consideration of FAO/WRB. 1:5000 scale soil map and database were obtained at the end of the work. In addition, current and future problems and suggestions for the present study area were tried to be revealed.

Keywords: Soil classification, soil survey and mapping, GIS, remote sensing.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Doğanın ana kayadan bir birim toprağı oluşturması binlerce yıl alırken, insanlığın verimli toprakları bozması sadece birkaç on yıl alabilmektedir (Hillel, 2003). Tüm dünya ülkelerinin ortak kaygısı gelecekte artan nüfusu besleyebilecek üretimi sağlamak olmuştur. Alternatif ürün yetiştirme yöntemleri geliştirilmeye çalışılsa da uzun yıllar topraklar bu konuda vazgeçilmez kaynağı oluşturacaklardır. Bu durumda bu kaynağın tüm özelliklerinin ortaya çıkarılması, problemlerinin ve amenajman önlemlerinin tespit edilmesi ile sürdürülebilirliklerinin sağlanması önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır.

Toprak çeşitlerinin saptanması ve özellikleri ile yayılım alanlarının tespiti, hangi tür arazi kullanımına uygun olduğunun belirlenmesi işlemleri yapılacak Toprak Etüd ve Haritalama çalışmaları ile

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0256 7727024

E-posta : latatanir@adu.edu.tr

Geliş Tarihi : 24 Ağustos 2020

Kabul Tarihi : 30 Ekim 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.783664

gerçekleştirilmektedir (Soil Survey Division Staff, 1993; Dinç ve Şenol, 1997). Tarımsal üretimin çok yoğun olmadığı dağlık ülkeler için toprak bilgi türü, yoğun şekilde tarım yapılan ovaları içeren alanlardan oldukça farklı olacaktır (Manderson ve Palmer 2006; Mulcock ve Brown 2013). Ülkemizde halen kullanılmakta olan Toprak Su Genel Müdürlüğü'nce 1965-1971 yılları arasında üretilen ve 1982-1984 yıllarında revize edilen yarı detaylı toprak haritalarında, tarımsal potansiyeli yüksek düz-düze yakın özellikteki alüvyal alanlarda ve delta ovalarında ise toprak sınırları sağlıklı olarak belirlenememiştir (Dengiz ve ark., 2010). Alüvyal topraklar, erozyon ve akarsuların taşıdığı depozitlerin çökeltme süreçlerinin sonucunda oluşmaktadır ve bu nedenle taşınan materyallerin bileşimini ve özelliklerini yansıtmaktadırlar (Weber ve Gobat, 2006). Taşınan bu materyaller mekansal ve zamansal olarak değişir ve bu nedenle tüm taşkın yatağı sisteminin heterojenliğine katkıda bulunur (Dengiz, 2010). Özellikle alüviyaller gibi çok kısa mesafelerde önemli değişimler içeren topraklarda büyük ölçekli haritalama ile topraklar arasındaki farklılıkları ortaya çıkarmak ve toprak özelliklerini bir veri tabanı içerisinde toplamak geleceğe yönelik planlamalar için büyük önem taşımaktadır.

Bireysel kullanıcılar tarafından toprakların sınıflandırılması ve haritalandırılmasının yüksek maliyeti ve zaman alıcı bir süreç olması nedeniyle, son zamanlarda üretilmiş haritalardan bilgi çıkarılması işlemi artmıştır (Samuel ve Joseph, 2015). Geleneksel toprak haritaları toprak ve çevre ilişkileri hakkında değerli bilgiler içermesine rağmen mekansal detay seviyesi ve toprak özelliklerinin doğruluğu açısından ise sınırlı kalmaktadırlar. Bu haritaların Coğrafi Bilgi Sistemleri ortamında sayısal ortama dönüştürülmesi ile çevresel değişkenler ve arazi kullanımındaki mevcut kalite verilerinin kullanılması sonucu güncellenmesi mümkündür. Böylece her bir toprak özelliği daha rahat izlenip değerlendirilebilmektedir (Dingil ve ark., 2013). Sayısal toprak haritalama, toprak özelliklerinin uygun bir maliyetle nicel olarak tahmin edilmesini sağlamaktadır (Xu ve ark., 2018). Çiftlik ölçeğindeki haritalamaların maliyeti ise, ayrıntı düzeyine bağlı olarak önemli bir unsur olarak karşımıza çıkmaktadır (Carrick ve ark., 2014).

Bu çalışma ile, Aydın ve ark. (1999)'nın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazi topraklarında yapmış oldukları etüt çalışması yeni teknolojiler ve veriler ışığında güncellenmiştir. Alanda toplulaştırma çalışmaları sonrasında meydana gelen değişimlerin yanı sıra, mera alanlarından yapılan ilaveler ile oluşan alansal büyüme yüksek yersel çözünürlüklü uydular üzerinden değerlendirilmiştir. Böylelikle büyük bir çoğunluğu alüvyal araziler üzerinde oluşum göstermiş olan toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri de yeniden değerlendirilmiş, coğrafi bilgi sistemleri ortamına aktarılan veriler ile haritaların üretimi ve gelecekte ortaya çıkabilecek değişimlerin kısa sürede güncellenmesi mümkün hale getirilmiştir.

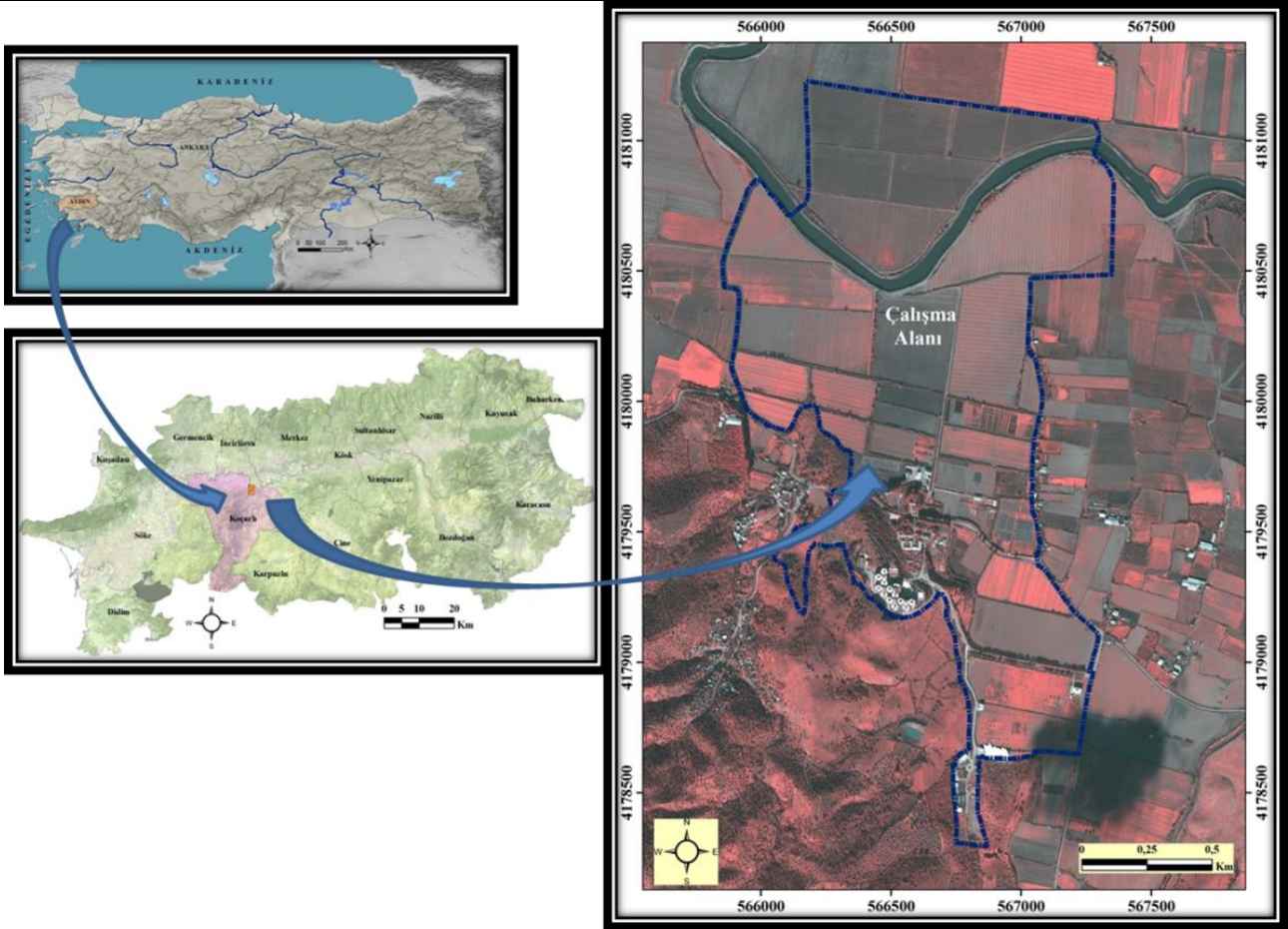
Materyal ve Yöntem

Çalışma, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği arazisi topraklarında yürütülmüştür. Çalışmada temel kartografik materyal olarak 1:5.000 ve 1:25.000 ölçekli standart topoğrafik haritalar ve yüksek yersel çözünürlüğe (0.7 m) sahip 2013 tarihli Kompsat-3 uydu görüntüsü kullanılmıştır. Ayrıca yardımcı materyal olarak elde mevcut olan 2007 tarihli Quickbird ve 2010 tarihli Ortofoto görüntüleri ile çiftlik arazisi ile ilgili olarak daha önce yürütülmüş olan etüt ve haritalama çalışmasından faydalanılmıştır. Görüntülerin işlenmesi ve değerlendirilmesi aşamasında ERDAS Imagine Professional 8.7, vektörel verilerle ilgili çalışma aşamasında ise ArcGIS 9.3 yazılımlarından yararlanılmıştır.

Uydu görüntüleri üzerinde gerçekleştirilen işlemler ve arazi çalışmaları sonucunda çalışma alanı içerisinde ana fizyografik üniteler belirlenmiştir. Etüt alanı içerisinde farklı toprak çeşitlerini temsil edebileceği belirlenmiş alanlarda toprak serilerini belirlemek amacıyla toplam 26 adet profil çukuru açılmış ve tanımlama işlemleri sonucunda 15 farklı toprak serisi tespit edilmiştir. Profillerin horizonlarından alınan toplam 98 adet bozulmuş ve 45 horizonadan üç tekerrürlü olarak alınan 135 adet bozulmamış toprak örneği de materyal olarak kullanılmıştır.

Çalışma Alanına Ait Bilgiler

Çalışma alanı, Aydın-Muğla karayolu üzerinden Koçarlı ilçesine gidiş istikametinde, il merkezine 18 km mesafede, 37°44'58" - 37°46'34" kuzey enlemleri ile 27°44'51" - 27°45'53" doğu boylamları arasında bulunmakta ve 2400 dekar alan kaplamaktadır. Menderes Havzasına ismini de vermiş olan Büyük Menderes Nehri çalışma alanı içerisinden geçmektedir. Nehrin kuzey tarafında bulunan araziler İncirliova, güneyinde yer alanlar ise Koçarlı ilçe sınırları içerisinde yer almaktadır. Alanın denizden olan yüksekliği 25 ile 65 m' ler arasında değişmektedir. (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma Alanının Coğrafi Konumu

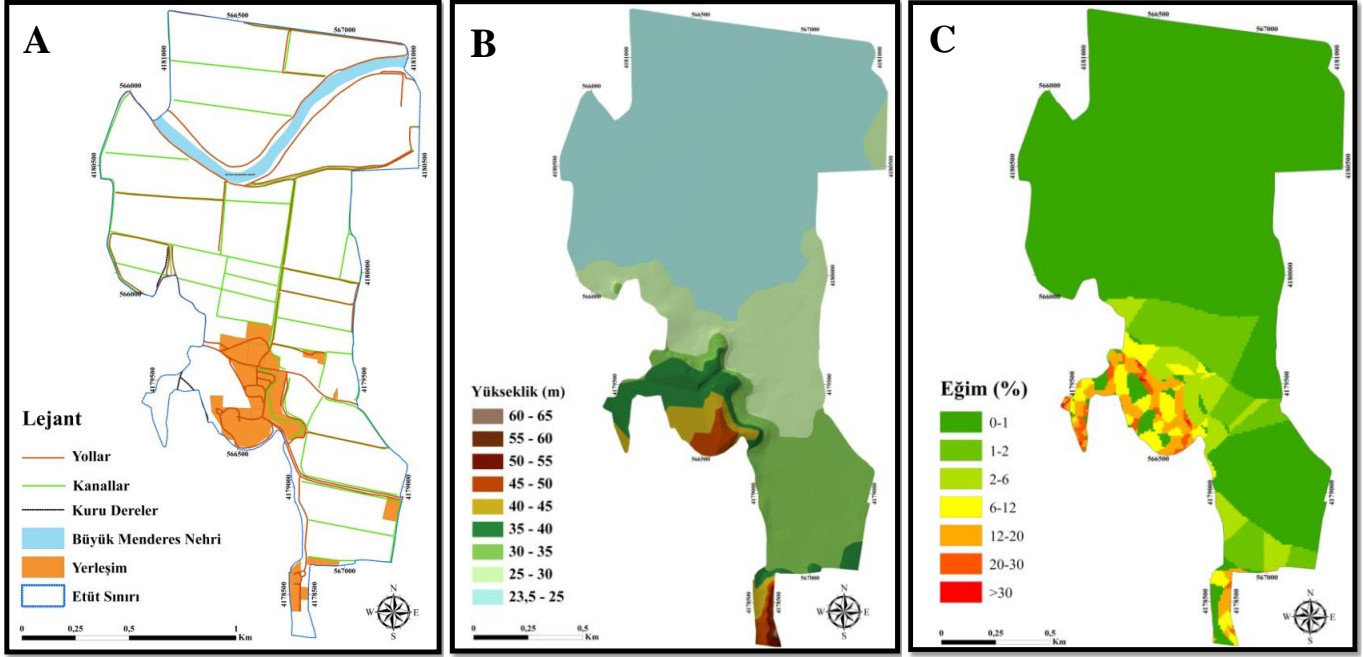
Çalışma alanının içerisinde yer aldığı Aydın ili makro iklim özellikleri bakımından Akdeniz iklim tipine girmekte ve alt bölgeler bakımından belirgin bir farklılık göstermemektedir. İklim tipine bağlı olarak ilde yazlar sıcak ve kurak, kışlar ise ılık ve yağışlı geçmektedir. Çok yıllık ortalama sıcaklığın $17.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ olduğu ilde en yüksek sıcaklık $28.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Temmuz en düşük sıcaklık ise $8.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ile Ocak aylarında görülmektedir. Çok yıllık yağış ortalaması 631 mm , ortalama nispi nem içeriği $\%61.9$ ve buharlaşma 1088.4 mm olarak tespit edilmiştir. İl özellikle batıdan gelen rüzgar akımlarına açık olup, hakim rüzgar yönü güney-batı (SW)'dir (DMİ, 2014). Alana ait topraklar yaz gündönümünü (21 Haziran) izleyen 4 ay içerisinde ardışık olarak 45 günden daha fazla tamamen kuru, kış gündönümünü (21 Aralık) izleyen 4 ay içinde ise ardışık 45 günden daha fazla tamamen nemli olması ile çalışma alanının toprak nem rejimi Toprak Taksonomisi' ne (Soil Survey Staff, 2014) göre **Xeric**, 50 cm derinlikte yıllık ortalama toprak sıcaklığının $19.1\text{ }^{\circ}\text{C}$ ve ortalama yaz toprak sıcaklığı ile ortalama kış toprak sıcaklığı arasındaki farkın ise $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'den daha fazla olması ile de toprak sıcaklık rejimi **Thermic** olarak tespit edilmiştir.

Çalışma alanının da içerisinde yer aldığı kuzeydoğu-güneybatı uzanımlı Menderes Masifi (200 x 300 km) Batı Anadolu'nun en büyük kabuksal segmentlerinden birini oluşturmaktadır (Candan ve ark., 2011). En genç tortul paketi oluşturan Holosen yaşlı alüvyonlar, doğu-batı doğrultulu aktif faylar önünde gelişmiş olan alüviyal yelpaze ve fluvial çökellerden yapıldır (Utku ve Sözbilir, 2003). Çalışma alanındaki toprakların büyük kısmı Büyük Menderes Nehri ve yan kolları tarafından depolanmış genç alüviyal depozitler üzerinde gelişimlerini sürdürmekte olup, alanın güneyinde yer alan yüksek arazilerde yerinde oluşum gösteren topraklarda ise gnays, mermer, metakuvarsit, mikaşist ve fillit oluşumları ana materyal niteliğinde gözlenmektedir.

Arazi topraklarında yaz aylarında pamuk ve mısır, kış aylarında ise taşkın almayan parsellerde arpa, buğday, fiğ gibi ürünler yetiştirilmekte, deneme parsellerinde ise iklime uygun çeşitli bitkisel üretim yapılmaktadır. Yüksek arazilerde ise zeytin bitkisi bulunmaktadır.

Çalışma alanı topraklarının önemli karakteristiklerinin belirlenmesi, seri düzeyinde tanımlanması, toprak taksonomisine göre sınıflandırılarak detaylı toprak haritasının oluşturulması işlemleri Dinç ve Şenol (2009) tarafından bildirilen temel iş akış diyagramı temel alınarak gerçekleştirilmiştir.

Taranmış ve raster format şeklinde bilgisayar ortamına aktarılan 1:5000 ve 1:25000 ölçekli topoğrafik haritalar rektifiye edilmiş ve daha sonra etüt sınırı, eşyüksekti eğrileri, yol, yerleşim alanları, sulama ve drenaj kanalları, dereler, nehir gibi raster formatta yer alan veriler yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsünden de yararlanılarak manuel olarak vektörel formata dönüştürülmüşlerdir. Elde edilen vektörel harita arazi çalışmaları sırasında kullanılacak olan raster uydu görüntüleri ile karşılaştırılarak arazide koordinasyonu sağlayıcı altlık olarak kullanılmıştır. Sayısal eşyüksekti eğrilerinden düzensiz üçgenler ağı (TIN) kullanılarak alana ait yükseklik haritası ve bunun yanında eğim haritası da oluşturulmuştur (Şekil 2). Üretilen eğim haritasının uydu görüntüleri ile birlikte değerlendirilmesi sonucu toprakların özellikle kullanım ve yönetimi üzerinde etkili olan fazların değerlendirilmesinde kullanılabileceği görülmüştür.

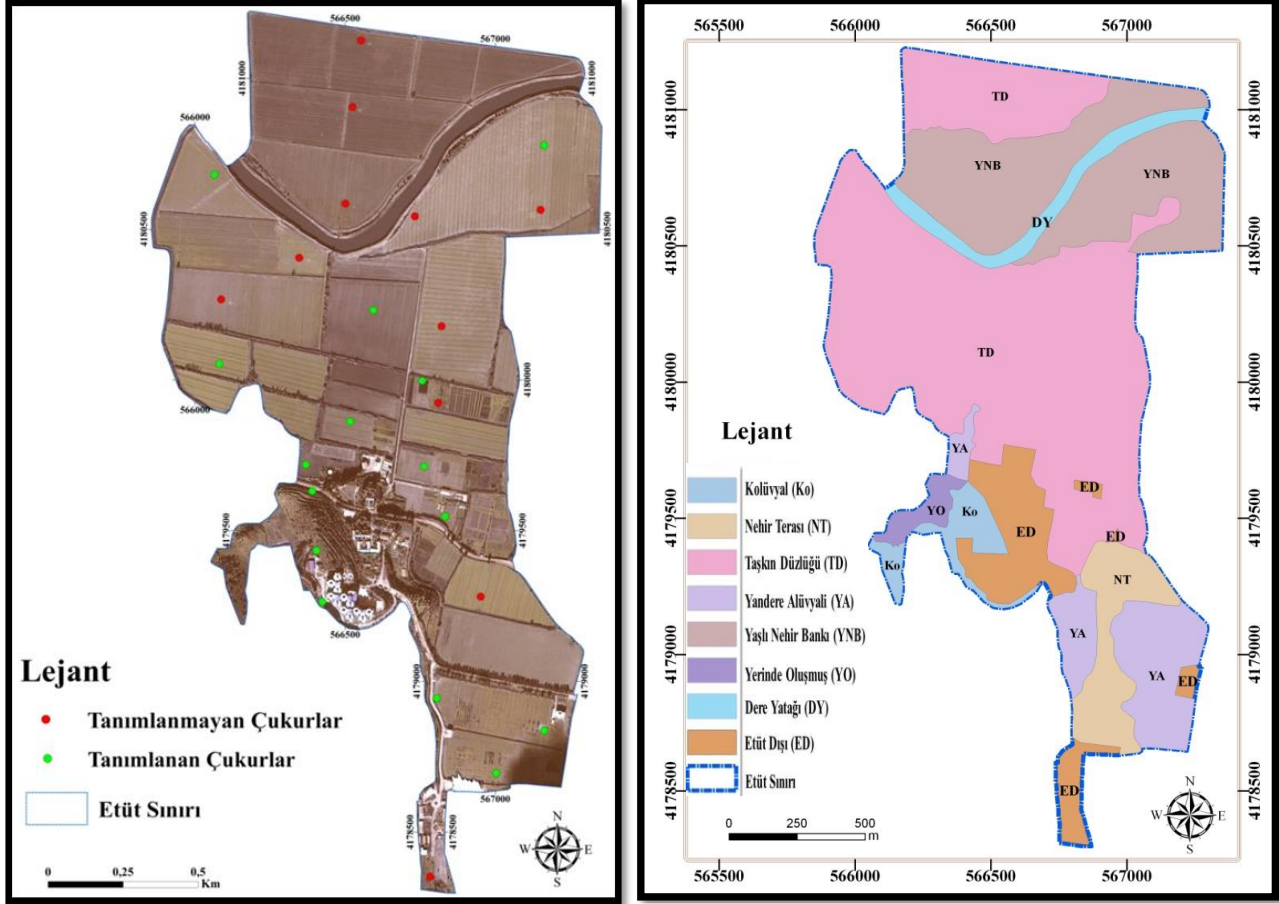


Şekil 2. Sayısallaştırılmış veriler (A), yükseklik (B) ve eğim (C) haritaları

Uydu görüntüleri etüt sınırı baz alınarak oluşturulan ilgi alanına (AOI) göre kesilmiş, görüntü zenginleştirme ve sınıflandırma işlemlerine tabi tutulmuşlardır. Uydu görüntüleri üzerinden belirlenen fizyografik üniteler arasındaki olası sınırların arazi kontrolleri sonucu kesinleştirilen sınırlarla büyük oranda benzeştiği ortaya çıkmıştır. Bitki örtüsü ile kaplı alanların topraklar arasındaki sınırları maskeleyiği, sınırların tarla sınırlarıyla örtüştüğü görülmüştür. Bunun yanı sıra yerleşim alanları, su yüzeyleri ve açık toprak yüzeyleri sınıflandırılmış görüntüler üzerinde rahatlıkla seçilebilmekte ve bitki ile kaplı olmasına rağmen toprak altı tekstürü önemli farklılıklar içeren alanların olası sınırlarını tespit etmekte kullanılabilmektedir. Arazi çalışması öncesi olası toprak sınırları ve vektörel verilerin uydu görüntüsü üzerine aktarılması ile üretilen 1:3000 ölçekli harita çıktısı alınarak arazi çalışması için hazır hale gelinmiştir. Bilgisayar ekranından görsel yorumlama ve arazi çalışmaları ile profil çukur noktaları belirlenmiş ve beko aracılığı ile çukurlar açılmıştır (Şekil 3). Arazide toprakların morfolojik özelliklerinin tanımlanması, örneklenmesi ve sınıflandırması sırasında [Soil Survey Staff \(2009\)](#)'a ait kriterler ve ölçütler kullanılmıştır. Taslak toprak haritası üzerinde yer alan olası toprak sınırları arazide tarımsal potansiyelleri gözetilerek her 50 metrede bir aralıklarla Hollanda tipi burgularla yapılan kontrollerle kesinleştirilmiştir. Her bir haritalama biriminin arazide gözlenen ve ölçülen değerleri haritalar üzerine seri ve fazları (üst toprak tekstürü, derinlik, eğim, erozyon, drenaj, taşlılık, sel basma ve teraslama) şeklinde kaydedilmiştir. Arazide kontrol edilerek sınırları kesinleştirilen toprak seri ve fazları ArcGIS 9.3 yazılımı aracılığıyla manuel olarak bilgisayar ortamına aktararak 1:5000 ölçekli temel toprak haritası oluşturulmuştur. Öz nitelik tablolarındaki sütunlara girişi yapılan toprak özellikleri sayesinde farklı kullanıcıların isteklerine yönelik harita ve raporların üretilmesini destekleyecek veri tabanı oluşturulmuştur. Serilere ait horizonlardan alınan örneklerde; tekstür ([Bouyoucos, 1951](#)), hacim ağırlığı ([Blake ve Hartge, 1986](#)), toprak rutubet sabiteleri ([Richards 1954](#)), değişebilir katyonlar ([Rhoades 1986](#)), pH, elektriksel iletkenlik, kireç ([Soil Survey Laboratory, 2004](#)), organik karbon ([Jackson, 1958](#)) ve toplam azot ([Bremner, 1965](#)) analizleri gerçekleştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Toprak serileri ve fazları düzeyinde detaylı olarak yürütülen toprak etüdü ile, geçmişte 3 olarak belirlenmiş olan fizyografik birim, alüvyallerin kendi içerisinde taşkın düzlüğü, yan dere, nehir terası ve bankı olarak daha ayrıntılı incelenmesiyle 6'ya çıkmış, 7 olan toprak serisi ise farklı toprak çeşitlerini temsil edebileceği belirlenmiş 26 adet profil çukurundan 15 tanesinin farklı toprak serisi olarak tanımlanması ile tamamlanmıştır. Benzer fizyografik ünite üzerinde yer alan topraklar bir arada değerlendirilerek araştırma alanı toprakların genel dağılımını gösteren 1:10000 ölçekli "Toprak Birlik Haritası" hazırlanmıştır (Şekil 3).



Şekil 3. Profil çukur noktaları ve toprak birlik haritası

Çalışma alanında tanımlanmış olan seriler Çizelge 1'de verilen veriler ışığında değerlendirildiğinde yüzey toprağı kumlu tın (SL), tın (L), siltli killi tın (SiCL), siltli tın (SiL) bünyeye sahip olup, profillerde derinlik arttıkça genellikle kum içeriğinin arttığı görülmektedir. Değişik fizyografik üniteler üzerinde yer alan serilerden Giriş, Kocakır serileri kireçli, Kademe, Yol, Ata, Bahçeici, Zeytin serileri orta kireçli, Ahıl, Büyükhanım, Kulealtı, Meryemoğlu, Devetaban, Cihanyalısı, Kantin ve Mera serileri ise fazla kireçlidir. Black (1965), toprakta bulunan yüksek düzeydeki Ca iyonlarının, çoğu mikro elementlerle ve özellikle fosforla güç çözümler kompleks bileşikler oluşturduğunu ve böylelikle bu elementlerin alınabilirliğini bitki beslenmesinde önemli sorunlar yaratacak düzeyde sınırlandığını işaret etmektedir. Kireç içeriği yüksek bu topraklarda yem bitkilerinden özellikle yonca bitkisi içeren bir ekim nöbeti sisteminin uygulanmasında büyük yarar görülmektedir. Toprak serilerinin pH değerleri üst horizonlarda 7.20-8.47 arasında değişim göstermektedir. Toprakların tuz içerikleri düşük seviyelerde seyretmektedir. Arazinin genelinde toprak tuzluluğu ile ilgili bir probleme rastlanılmamıştır. Toprakların toplam azot konsantrasyonları % 0.05-0.29 aralığında değişmekte olup, profil içerisinde derinlik arttıkça azalma görülmektedir. Tarım yapılmayan mera ve zeytinlik olarak kullanılan alanlarda tanımlanmış olan Mera, Zeytinlik ve Kantin serileri azot konsantrasyonu bakımından yüksek, Yol, Ata, Bahçeici serileri yeterli, diğer seri topraklarında ise çok azdır. Bitkisel üretimde çoğunlukla göz önünde tutulan ve saptanmak istenen nokta toprakların bitki besin maddesi konsantrasyonlarını belirleyen kimyasal verimlilik durumlarıdır. Oysa söz konusu tarımsal alanlardan yeterince yüksek düzeyde ve sürekli ürün alınabilmesi için toprağın kimyasal verimliliğinin yanı sıra toprak fiziksel verimliliğinin de ürün artışında ve azalışında önemli etkisinin dikkate alınması gerekmektedir. Çünkü, fiziksel özellikler tohum yatağı hazırlamadan sulamaya kadar uzanan bir çok uygulama alanına etki etmektedir.

Nehir Terası Üzerinde Oluşmuş Topraklar														(Devamı)				
KOCAKIR SERİSİ																		
Hor.	Der. (cm)	pH 1:2.5	Tuz (%)	Kireç (%)	Org. C (%)	Top. N (%)	Tane Dağılımı (%)			Tekstür Sınıfı	Değişebilir Kat. (me 100 g ⁻¹)				Hac. Ağ. (g cm ⁻³)	T.K. (%)	S.N. (%)	Yar.Su (%)
							Kum	Silt	Kil		Na+	K+	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺				
A1	0-14	7.20	0.010	1.34	0.74	0.08	53.04	28.57	18.39	SL	0.07	0.31	5.97	0.61	-	18.65	8.13	10.55
A2	14-27	7.29	0.008	1.57	0.44	0.07	53.14	32.55	14.31	SL	0.07	0.29	5.48	0.69	-	18.14	8.07	10.07
C	27-73	7.96	0.005	1.57	0.41	0.04	50.92	34.66	14.42	L	0.07	0.22	5.97	1.31	-	17.64	7.44	10.20
2A	73-110	8.10	0.009	1.73	0.45	0.05	41.71	33.26	25.03	L	0.07	0.26	10.46	1.56	-	23.52	11.45	12.07
2C1	110-132	8.41	0.008	4.33	0.51	0.02	49.82	38.06	12.12	L	0.10	0.16	16.93	1.48	-	21.26	10.12	11.14
2C2	132-160	8.59	0.006	7.32	0.14	0.01	53.55	34.93	11.52	SL	0.10	0.27	17.43	0.84	-	17.00	7.53	9.47
Yaşlı Nehir Bankı Üzerinde Oluşmuş Topraklar																		
CİHANYALISI																		
Ap	0-22	8.47	0.029	24.95	0.89	0.13	23.67	51.45	24.88	SiL	0.47	0.36	16.93	2.03	1.39	25.22	12.61	12.61
C1	22-43	8.61	0.024	24.79	0.59	0.09	29.42	55.94	14.64	SiL	0.47	0.18	15.93	1.75	1.44	24.26	10.56	13.7
C2	43-75	8.79	0.011	30.72	0.50	0.06	28.13	63.59	8.28	SiL	0.32	0.10	16.93	1.72	1.47	13.99	8.59	5.40
C3	75-108	8.96	0.001	14.52	0.23	0.05	96.55	1.36	2.09	S	0.07	0.02	7.97	0.37	-	2.68	2.63	0.05
C4	108-122	8.61	0.021	28.48	0.37	0.06	28.05	53.30	18.65	SiL	0.34	0.19	14.94	2.58	-	28.21	11.45	16.76
C5	122-150	8.71	0.016	22.14	0.33	0.06	42.82	48.82	8.36	L	0.32	0.13	15.93	2.45	-	18.02	7.53	10.49
Kolüvyaller Üzerinde Oluşan Topraklar																		
KANTİN SERİSİ																		
A	0-11	7.98	0.012	14.56	2.48	0.27	66.09	20.62	13.29	SL	0.07	0.27	16.93	0.28	-	19.22	10.92	8.30
AC	11-28	8.42	0.005	33.98	0.63	0.11	61.77	29.01	9.22	SL	0.05	0.08	18.42	0.16	-	16.50	7.59	8.91
C1	28-71	8.57	0.006	57.39	0.29	0.02	51.71	35.20	13.09	L	0.07	0.05	20.91	0.16	-	16.89	8.49	8.40
C2	71-103	8.49	0.005	69.13	0.51	0.01	49.72	37.13	13.15	L	0.07	0.06	19.42	0.14	-	17.69	6.82	10.87
C3	103-200	8.52	0.005	60.13	0.30	0.01	60.00	31.03	8.97	SL	0.08	0.08	19.42	0.28	-	19.22	6.70	12.52
MERA SERİSİ																		
A1	0-5	7.69	0.022	23.02	2.55	0.29	66.24	23.78	9.98	SL	0.07	0.35	16.93	0.41	-	17.62	9.91	7.71
A2	5-38	8.12	0.006	25.13	1.04	0.11	66.26	21.76	11.98	SL	0.03	0.10	16.43	0.21	-	14.58	6.05	8.53
C	38-58	8.31	0.004	56.10	0.58	0.06	60.26	25.89	13.85	SL	0.05	0.09	16.93	0.15	-	14.93	5.57	9.36
Yerinde Oluşmuş Topraklar																		
ZEYTİNLİK SERİSİ																		
A	0-16	7.93	0.015	14.25	2.79	0.27	55.85	32.01	12.14	SL	0.07	0.42	18.42	0.40	-	24.81	12.22	12.59
C	16-51	7.99	0.004	2.58	0.52	0.06	62.33	27.78	9.89	SL	0.03	0.24	8.96	0.28	-	15.51	6.03	9.48
R										GNAYS								

Yol, Kulealtı, Meryemoğlu, Büyükhanım, Bahçeici, Ahıl, Giriş ve Kantin serisi topraklarında yarıyıllık su içeriklerinin düşük olduğu belirlenmiştir. Pulluk altı katmanı, toprağın havalanmasını, toprakta infiltrasyonu olumsuz etkileyen, bitki kök gelişimini azaltan ve toprak işlemede sorunlara yol açan bir oluşumdur. Kademe, Ata, Kulealtı, Bahçeici serisi toprakları tanımlamalarda pulluk altı katmanını ifade eden Ad horizonuna sahiptirler. Çalışma alanı topraklarının düz ve düze yakın bir topoğrafyaya sahip olması ve Büyük Menderes Nehri'nin çalışma alanının iki tarafında da bulunması nedeniyle taban suyunun yükselmesi sonucu orta ve yetersiz drenaj görülmektedir. Ata, Yol, Giriş, Cihanyalı serilerinde drenaj problemi mevcuttur. Özellikle Cihanyalı, Büyükhanım, Devebatan, Kulealtı, Meryemoğlu ve Ata serisi toprakları kış ayları boyunca taşkınlar sonucu su altında kalmaktadır. Kademe, Meryemoğlu, Kulealtı, Giriş, Bahçeici, Kocakır serilerinde ve özellikle Kantin, Zeytin, Mera serilerinde taşlılık problemi bulunmaktadır. Toprak işleme, ürün seçimi ve sulamada sınırlandırıcı bir faktör olarak görülen bu sorunun ortadan kaldırılması gerekmektedir. Makro elementlerden bitkiye yarıyıllık kalsiyum (2888-5740 mg kg⁻¹) yeterli ve fazla olarak, bitkiye yarıyıllık magnezyum (33-422 mg kg⁻¹) çok az, az ve yeterli, bitkiye yarıyıllık potasyum (142-1139 mg kg⁻¹) ise az ve çok fazla olarak belirlenmiştir. Topraklarda bitkiye yarıyıllık kalsiyum konsantrasyonunun yüksek olması toprakların % kireç içeriğinin yüksek olmasıyla paralellik göstermektedir. Toprakların sodyum konsantrasyonları tanımlanmış tüm horizonlar bazında değerlendirildiğinde 7-960 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermektedir. Yol, Kulealtı, Meryemoğlu, Büyükhanım, Ahıl, Kocakır ve Cihanyalı serileri toprakları alkalileşme bakımından tehlike arz etmektedir. Topraklarda yüksek sodyum içeriğinin; pH değerinin yükselmesi, toprak yapısını bozarak su geçirgenliğinin azalması gibi fiziksel özelliklerin bozulması yönünde olumsuz etkileri bulunmaktadır. Drenaj sistemlerinin varlığı ve iyi çalışır olması, asit karakterli gübrelerin tercih edilmesi, özellikle sulu tarım yapılıyorsa her yıl alkalilik düzeylerinin kontrol edilmesi ve gerekiyorsa jips, kükürt gibi materyallerin kullanılması toprakların sodyum sorununu olumlu yönde etkileyebilmektedir. Çalışma alanında belirlenen 15 ayrı toprak serisi Toprak Taksonomisi (Soil Survey Staff, 2014)'ne göre Ordo, Alt ordo, Büyük grup ve Alt grup düzeyinde sınıflandırılmıştır. Sınıflandırma esaslarına göre pedogenik horizon gelişimi belirtilerini çok az gösteren veya göstermeyen, A ve C horizon dizilimine sahip ve sadece ochric yüzey tanımlama horizonu dışında tanımlama horizonlarını içermeyen seri toprakları Entisol ordosunda, biraz toprak gelişimi gösteren ve bir ochric epipedon yanı sıra bir calcic horizonu da sahip olanlar ise Inceptisol ordosuna dahil edilmişlerdir. FAO/WRB (2006) sistemine göre, Entisollerin fluvent alt ordosunda yer alan toprak serileri Gleyic ve Haplic Fluvisol, orthent alt ordosunda yer alanlar ise Haplic Regosol olarak, Inceptisol olarak sınıflandırılan seri toprakları ise Hypocalcic Calcisol olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 7).

Çizelge 2. Çalışma alanı topraklarının Toprak Taksonomisi ve FAO/WRB sistemlerine göre sınıflandırılması

TOPRAK TAKSONOMİSİ (2014)				TOPRAK SERİLERİ	FAO/WRB
Ordo	Alt Ordo	Büyük Grup	Alt Grup		
ENTISOL	Fluvent	Xerofluvent	Aquic Xerofluvent	<u>Yol</u> <u>Ata</u> <u>Kulealtı</u>	Gleyic Fluvisol
			Oxyaquic Xerofluvent	<u>Meryemoğlu</u> <u>Büyükhanım</u> <u>Devataban</u> <u>Bahçeici</u>	
			Typic Xerofluvent	<u>Ahl</u> <u>Giriş</u> <u>Kocakır</u> <u>Cihanyalı</u>	Haplic Regosol
			Orthent	Xerorthent	
INCEPTISOL	Xerept	Calcixerept	Typic Calcixerept	<u>Kademe</u>	Hypocalcic Calcisol

Sınıflandırma sonrası çalışma alanının 1/5.000 ölçekli detaylı toprak haritası hazırlanmıştır (Şekil 4). Veri tabanına girişi yapılan tüm toprak özellikleri sayesinde özel amaçlı haritaların üretimi mümkün hale gelmiştir. Her yıl tekrarlanan yüzey toprağına ait verimlilik analiz sonuçlarının veri tabanına aktarımı ile güncel durumun izlenmesi ve haritalanması mümkün olacaktır.

Sonuç

Yüksek yersel çözünürlüğe sahip uydu görüntülerinin detaylı etüt ve hariatalama çalışmalarında kullanımında, yeryüzündeki farklı objelerin birbirinden ayırt edilmesinde ve sınırlarının çiziminde büyük kolaylıklar sağladığı görülmektedir. Ancak yüksek maliyetleri yanı sıra, arazini yüzeyinin tamamen boş olduğu dönem seçiminin önemi ortaya konulmuştur. Ayrıca küçük alanlardaki çalışmalarda benzer tekstür sınıfına sahip topraklar için sınır belirlemelerin zor olacağı, yüksek radyometrik çözünürlüklerin ise yeryüzü objelerinin ayrımını güçleştireceği tespit edilmiştir.

Alüviyal ovalarda toprak değişimlerinin çok kısa aralıklarla meydana gelmesi, belirlenecek toprak serilerinin birleşik taksonomik üniteler şeklinde birleştirilmesi gerekliliğini ortaya çıkarsa da, bu çalışma da böyle bir birleştirmeye gidilmemiştir. Aydın ili toprakları için daha önce yapılmış detaylı etüdlerin olmaması, arazide tespit edilmiş olan 15 toprak serisinin benzerlerinin geniş alanlarda dağılım gösterebileceği düşünülerek ayrı ayrı tanımlanmışlardır. Bunun sonucu olarak geçmişte üretilmiş olan haritadan hem fizyografik ünite hem de seri bazında farklılıklar da göstermektedir. Ayrıca önceki çalışmada tüm seri toprakları Entisol ordosu içerisinde sınıflandırılmış iken, bu çalışmada Entisol ordosunun yanında Inceptisol ordosu da tespit edilmiştir. Çalışma alanı içerisinde önceki çalışmadan farklı olarak yerinde oluşmuş topraklar fizyografik ünitesi de belirlenmiştir. Ayrıca geçmiş çalışmada 2200 dekar olan arazi mera kısmından üniversiteye dahil edilen alanlarla 2400 dekara çıkmış ve aradaki 200 dekarlık alanda etüt edilmiştir. Çalışmadan hemen sonra, alan içerisine toplulaştırma kapsamında ana drenaj kanalı açılmış ve Menderes kıyısındaki parsellerde küçük değişimler meydana gelmiştir. Yürütülen çalışma ile etüdlerin belirli aralıklarla tekrar gözden geçirilmesi gerekliliği ve yeni teknolojilerin bu çalışmalar içerisinde kullanımıyla günümüze kadar ortaya çıkan ve gelecekte ortaya çıkması muhtemel sorunlar için şimdiden önlemlerin alınması kolaylaşacaktır. Üretilen haritalar alan içerisinde yürütülmekte olan denemeler ve planlanan üretim desenleri için bir altlık görevi üstlenecektir. Elde edilmiş verilerin bilgisayar ortamındaki veri tabanları içerisinde bulunması ise ilerideki değişimlerin ve güncellemelerin çok daha kolay şekilde yürütülmesini sağlayacaktır.

Her yıl aynı derinlikte toprak işlemenin sonucunda ortaya çıkan pulluk altı katmanı etüt sonrası dekanlık tarafından alınan karar doğrultusunda derin sürüm ve dip patlatan ile ortadan kaldırılmaya çalışılmıştır. Benzer şekilde çalışmada ortaya konulmuş olan drenaj sorunu ile ilgili önerilerden mevcut kanalların derinleştirilmesi ve temizlenmesi çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Arazilerin kış periyodunda su altında kalmaları, nehre yakınlıktan dolayı taban suyunun yüksek olması drenaj problemini oluşturmakta ve alkalilik riskinin oluşmasına ve artmasına neden olmaktadır. DSİ tarafından Menderes Nehri ıslah çalışmaları kapsamında yatak temizliği ve seddenin yükseltilmesi ile büyük oranda taşkınların önüne geçilmiştir. Kolay bir şekilde toplanarak önlenebilecek taşlılık sorunu ise arazilerin sınıf değerlerinin yükselmesini sağlayacaktır.

Teşekkür

Bu çalışma Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Proje Destek Birimi tarafından desteklenen ZRF-13058 kodlu proje kapsamında gerçekleştirilmiştir.

Kaynaklar

- Aydın G, Aksoy E, Seferoğlu S, 1999. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinin detaylı etüd ve haritalanması. ADÜ Araştırma Fon Saymanlığı Projesi, ZRF-97009, Aydın.
- Black CA, 1965. *Methods of Soil Analysis*: CA Black, Editor-in-chief. DD Evans [and Others] Associate Editors. RC Dinauer, Managing Editor. American Society of Agronomy.
- Blake G, Hartge H, 1986. Bulk Density and Particle Density. In *Methods of Soil Analysis , Part I, Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA Agronomy Monograph No:9 (2nd ed), Pp: 363-381, Madison.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer methods for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43:434-438.
- Bremner JM, 1965. Total Nitrogen (*Methods of Soil Analysis Part II*, C.A. Black et al). American Soc. of Agr. Inc. Pub. Madison, Wisconsin, USA, p. 1149-1176.
- Candan O, Dora OÖ, Oberhanslı R, Koralay E, Çetinkaplan M, Akal C, Satır M, Chen F, Kaya O, 2011. Mendres Masifi'nin Pan-Afrikan temelin stratigrafisi ve Gondava'nın geç neoproterozoyik/kambriyen evrimi ile ilişkisi. *MTA Dergisi*, 142:25-68.
- Carrick S, Hainsworth S, Lilburne L, Fraser S, 2014. S-MAP @ the farm-scale? Towards a national protocol for soil mapping for farm nutrient budgets. In: *Nutrient management for the farm, catchment and community*. (Eds L.D. Currie and C L. Christensen). Occasional Report No. 27. Fertilizer and Lime Research Centre, Massey University, Palmerston North, New Zealand. p. 10.
- Dengiz O, 2010. Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the south-east Anatolia region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16:205-212.
- Dengiz O, Göl C, Öztürk E, Yakupoğlu T, 2010. Fluviyal Yerşekilleri üzerinde oluşmuş farklı toprak dağılımlarının belirlenmesi ve sınıflaması. *Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(1):19-27.
- Diñç U, Şenol S, 1997. *Toprak Etüd ve Haritalama*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Genel Yayın No: 161 Ders Kitapları yayın No: 50, Adana, 235 s.
- Diñç U, Şenol S, 2009. *Toprak Etüt ve Haritalama*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:161. Adana.
- Dingil M, Öztekin M., Şenol S, 2013. Updating of Conventional soil maps via gis to evaluate and monitor the soil qualities in Kocas State farm in Turkey, *Fresenius Environmental Bulletin*, 22(12a): 3601–3606.
- DMİ, 2014. Aydın iline ait çok yıllık rasat raporları. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü.
- FAO/WRB, 2006. World reference base for soil resource. A framework for international classification, correlation and communication. *World Soil Resources Report No. 103*. Rome.
- Hillel D, 2003. *Introduction to environmental soil physics*. Academic press.
- Jackson ML, 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Manderson A, Palmer A, 2006. Soil information for agricultural decision making: a New Zealand perspective. *Soil Use and Management* 22:393-400.
- Mulcock C, Brown I, 2013. *Irrigation audited self-management: Managing water quality and quantity within limits*. Report for Irrigation New Zealand.
- Rhoades JD, 1986. Cation Exchange Capacity. *Chemical and Microbiological Properties*. In: *Methods of Soil Analysis, Part II*. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Pp:149-157, Madison.
- Richards LA, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook, 60, 109. Riverside.
- Samuel GS, Joseph KX, 2015. An overview of soil survey and classification as a source of secondary information. *Journal of Environment and Earth Science*, 5(22):5-10.
- Soil Survey Division Staff, 1993. *Soil Survey Manual*. USDA Handbook 18, US Gov. Print. Washington DC.
- Soil Survey Laboratory, 2004. *Soil Survey Laboratory Methods (SSIR 42)*.
- Soil Survey Staff. 2009. R. Burt (ed.). *Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual*. Ver. 1.0. USDA/NRCS, Soil Survey Investigations Report No. 51.
- Soil Survey Staff, 2014. *Keys to Soil Taxonomy*, Twelfth Edition.
- Utku M, Sözbilir H, 2003. Aydın-Nazilli fayının paleosismolojik ön bulguları. *İTÜ Avrasya Yerbilimleri Enstitüsü, IV Kuvaterner Çalıştayı*, 121-129.
- Weber GB, Gobat JM 2006. Identification of faces models in alluvial soil formation: The Case of a Swiss Alpine Floodplain. *Geomorphology* 74:181-195.
- Xu Y, Smith SE, Grunwald S, Abd-Elrahman A, Wani SP, Nair VE ARK., 2018. Estimating soil total nitrogen in smallholder farm settings using remote sensing spectral indices and regression kriging. *Catena*, 163:111–122.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Çeltik sapından elde edilen biyokömürün bazı karakterizasyon özellikleri

Muhittin Onur Akça^{1,*}, Sadık Usta¹, Veli Uygur²,
 Sonay Sözüdoğru Ok¹

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

² Isparta Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

Özet

Son yıllarda oldukça önemli olan biyokömür özellikleri, kullanım alanının belirlenmesi ve toprak ortamındaki potansiyel fonksiyonlarının tahmininde kritik öneme sahiptir. Bu çalışmada çeltik saplarından 400°C'de yavaş piroliz yoluyla elde edilen biyokömürün bazı fizikokimyasal özellikleri ileri analitik tekniklerle incelenmiştir. Çalışmada, elde edilen biyokömür materyalinde; verim, uçucu madde (UM), mineral kül içeriği (MKİ), sabit karbon (SK), elementel analizler (C, H, N, S), spektroskopik analizler (FT-IR, ¹³C NMR, XPS, XRF ve XRD), görüntüleme analizi (SEM-EDX), parçacık boyutu ve spesifik yüzey alanı analizleri yapılmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre, 400 °C'de pirinç sap/samanından üretilen biyokömür, büyük gözeneklere ve orta ila düşük özgül yüzey alanına sahiptir; zayıf kristalite, karbonca zengin, selülozik amorf bir malzemedir ve silvit (KCl) mineralini içermektedir. Bu özellikleri biyokömürün topraklarda karbon stabilizasyonunda kullanımına uygun olabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Çeltik sapı, biyokömür, karakterizasyon, spektroskopi.

Some characterization properties of biochar obtained from rice straw

Abstract

The properties of biochar, which are very important in the last decade, are critical in determining usage purpose and estimating potential functions in the soil environment. In this study, some physico-chemical properties of biochar, obtained from slow pyrolysis process at 400 °C from rice straw, were investigated by means of advanced analytical techniques. In the study, the properties of biochar material such as yield, volatile matter (VM), mineral ash content (MAC), fixed carbon (FC), elemental composition (C, H, N, S), spectroscopic properties (FT-IR, ¹³C NMR, XPS, XRF and XRD), morphological attributes (SEM-EDX), particle size and specific surface area were investigated. According to the results biochar produced from rice straw at 400 °C has large pores and moderate to low specific surface area; is a weakly crystalline, carbon-rich cellulosic amorphous material; contains silvite (KCl) mineral. These properties show that biochar may be suitable for use in carbon stabilization in soils.

Keywords: Rice straw, Biochar, Characterization, Spectroscopy.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarım, küresel ekonominin şekillenmesinde önemli bir rol oynamaktadır (Boyabatlı ve ark., 2019). Küresel nüfus artışıyla, gıda talebinin 2050 yılına kadar % 70 oranında artması beklenmektedir (Samantarai ve Achakzai, 2014). Toprak sağlığından ve tarımsal sistemden ödün vermeden büyüyen nüfusa yeterli miktarda ve kalitede gıda sağlanması, tarım sektöründeki kritik zorluklardan biri haline gelmiştir (Sashidhar ve ark., 2020).

Biyokütle, sürdürülebilir enerji ve kimyasal hammaddenin kaynağı olarak bilinmektedir. Biyokütlenin biyokömüre dönüştürülmesi, büyük ölçüde artan enerji talebi ve sera gazı emisyonlarına ilişkin kaygılar nedeniyle büyük ilgi çekmektedir (Heo ve ark., 2010). Biyokömür ifadesi yeni bir terim olmakla birlikte tarımda meydana gelen sorunların azaltılması için bir yöntem olarak biyokömür uygulamalarına duyulan ilgi

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0312 596 11 88

E-posta : moacka@ankara.edu.tr

Geliş Tarihi : 06 Ağustos 2020

Kabul Tarihi : 02 Ekim 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.777226

giderek artmaktadır. Biyokömür, [Lehmann ve Joseph \(2009\)](#) tarafından inert bir atmosferde biyokütlenin ısıtılması ile üretilen karbonca zengin bir piroliz ürünü olarak tanımlanmıştır.

Bitkisel ve hayvansal atıklardan elde edilen çok sayıda biyokütlenin pirolizi araştırılmıştır ([Ahmad ve ark., 2014](#)). Tarımsal atıklar, biyokömür üretimi için yaygın olarak bulunabilen ve ucuz malzemelerdir ([Chen ve ark., 2011](#)). Canlıların beslenmesinde çok önemli bir yere sahip olan tahıllar, dünyada ve ülkemizde geniş ekim alanlarına sahiptir. Dünyadaki insanların yarısından fazlasının beslenmesinde ve günlük enerji ihtiyacının % 25'ini karşılayan ([Sürek 2002](#)) çeltik tahıllar içinde buğdaydan sonra en önemli kültür bitkisidir ([San, 2005](#)). Türkiye'de insanların önemli bir bölümü geçimini tarımsal faaliyetlerden sağlamaktadır. Tahıl yetiştiriciliği tarımsal faaliyetler içerisinde en büyük paya sahip olan bitki türü olup, bu grup içerisinde yer alan çeltik 2019 yılı verilerine göre 126419 ha ekim alanında 1000000 ton rekolteye sahiptir ([TÜİK, 2019](#)). Çeltik tarımı neticesinde her yıl ortalama olarak 150 milyon ton civarında çeltik sapı üretilmektedir. Çeltik sapı ve kavuzu sahip olduğu özellikler nedeniyle hayvan beslenmesi, toprağa direk olarak karıştırılması ya da başka maksatlarla kullanımı son derece sınırlı olan bir materyaldir. Bu nedenle çiftçiler bu potansiyel organik madde kaynağından yakarak kurtulma yolunu genellikle tercih etmektedirler. Bu materyalin biyokömüre dönüştürülerek çeltik alanlarında ya da diğer tarım alanlarında toprak kalitesini özellikle de organik maddesini arttırmak ve karbon döngüsünü yavaşlatma maksadıyla kullanım potansiyeli bulunmaktadır.

Biyokömüre dönüştürülen materyalin karakterizasyonu, topraklarda ya da diğer alanlarda oluşturabileceği etkilerin değerlendirilmesi ve potansiyel kullanım alanlarının dizayn edilmesi için ilk adımdır ([Verheijen ve ark., 2010](#)). Biyokömür ile ilgili çalışmalar incelendiğinde, piroliz koşulları (ısıtma sıcaklığı ve süresi) ve hammadde kaynağı gibi parametreler elde edilen materyalin fizikokimyasal özellikleri ile yakından ilişkilidir ([Enders ve ark., 2012](#)). Bu nedenle, biyokömürün karakteristiklerinin bilinmesi topraklara en uygun uygulamalarının tanımlanmasında kilit bir faktördür. Biyokömürün topraklara uygulandığında gösterdiği etki, uygulanan materyalin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin bir fonksiyonudur. Ayrıca, özellikleri ortaya konulan biyokömürler, daha yüksek agronomik etkiye sahip olabilecek, belirli bir hedefe dönük özel fonksiyonlara sahip yeni biyokömürlerin dizayn edilmesinde kritik öneme sahiptir. Ancak biyokömür özelliklerinin bu uygulamalarla ilişkisi ülkemizde henüz tam olarak anlaşılmalıdır.

Bu çalışmanın amacı, çeltik sapından elde edilen biyokömürün tanımlayıcı bazı fizikokimyasal özelliklerinin, temel, elementel, spektroskopik, görüntüleyici, ışınal, boyut ve yüzey analiz teknikleri ile ortaya konulmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada, Çorum ili Osmancık İlçesi'nde çeltik üretimi yapılan bir araziden (Enlem: 34.85611379 N, Boylam: 40.88687341 E) alınan çeltik sapları biyokütle kaynağı olarak kullanılmıştır.

Yöntem

Biyokömür materyalinin hazırlanması ve pirolizi

Öncelikle çeltik sapları, 4-5 cm boyuta gelecek şekilde küçültülmüş, 60 °C fırında % 10'dan az nem içerecek biçimde 24 saat süreyle kurutulmuş ve ardından biyokömür üretme fırınına (PANOSAN, DTC 860) yerleştirilmiştir. Biyokömür materyali, çeltik sapının oksijensiz ortamda 400 °C'de ısıtılması yoluyla "yavaş piroliz" işlemi ile elde edilmiştir. Biyokömür üretiminde fırın sıcaklığı 10 °C dk⁻¹ arttırılmış ve 2 saat 400 °C de tutulmuştur. Biyokömür materyali daha sonra 0.25 mm'den elenerek karakteristiklerinin belirlenmesi için homojen hale getirilmiştir.

Karakterizasyon yöntemleri

Biyokömür materyalinin karakterizasyonuna ait analizler Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarları ve ODTÜ Merkez Laboratuvarları'nda yapılmıştır. Bu analizlere ait yöntemler aşağıdaki verilmiştir.

Verim, mineral kül miktarı, uçucu madde ve sabit karbon: Amerikan Test ve Malzemeler Derneği ([ASTM, 2007](#))'ye göre belirlenmiştir. Belirtilen bu değerler aşağıdaki formüller yardımı ile hesaplanmıştır.

$$(\%)Biyokömür\ verimi = \frac{Tartulan\ biyokömür\ miktarı\ (g)}{Hammaddenin\ fırın\ kuru\ ağırlığı} \times 100 \quad (1)$$

$$(\%)Mineral\ kül\ içeriği = \frac{Ma}{Mb} \times 100 \quad (2)$$

Ma: 750 °C sonrası tartılan ağırlık, Mb: 105 °C sonrası tartılan ağırlık

Biyokömürün uçucu madde içeriği, örneğin 950 °C'ye kadar kapalı bir seramik potada ısıtılıp 7 dakika bekletildikten sonra meydana gelen "ağırlık eksilmesi" nden belirlenmiştir.

$$(\%) \text{ Sabit karbon} = (\%) 100 - (\% \text{ Mineral kül İçeriği} + \% \text{ Uçucu madde}) \quad (3)$$

eşitliğinden hesaplanmıştır.

Organik kısmın elementel içeriği; biyokömürün C, H, N ve S içerikleri elementel analiz cihazı (LECO 932) kullanılarak belirlenmiştir. Biyokömürün fonksiyonel grupları FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızıl Ötesi Spektrometresi, Perkin Elmer 400) cihazı kullanılarak MIR (4000-400 cm⁻¹) spektrum aralığında belirlenmiştir. Katı NMR ¹³C (Katı Nükleer Manyetik Rezonans Spektrometresi, Bruker BioSpin AG) moleküler yapı incelenmiştir. XPS (X Işını Fotoelektron Spektrometresi, PHI 5000 Versaprobe) cihazı ile biyokömür yüzeyinin kimyasal bileşimi belirlenmiştir. SEM (Taramalı Elektron Mikroskop, Quanta 400F Field Emission) biyokömürün makroporozitesini ve fiziksel morfolojisi görüntülenmiştir (Angin, 2013). Biyokömürdeki mineral yapılar ve kristallenme dereceleri XRD (X Işını Difraksiyonu, Rigaku Ultima-IV X-Işını Kırınım Cihazı) ile belirlenmiştir. XRF (X ışını Floresans Spektrometresi, Rigaku ZSX Primus II) cihazı ile organik maddenin ana bileşenleri dışındaki elementel bileşimi belirlenmiştir. Parçacık boyutu Malvern Mastersizer 2000 cihazı ile belirlenmiştir. Biyokömürün yüzey alanı Quantachrome Corporation, Autosorb-6 cihazı ile (iç ve dış yüzey ya da toplam aktif yüzey) N₂ adsorpsiyon tekniği kullanılarak belirlenmiştir (Brunauer-Emmett-Teller, 1938).

Bulgular ve Tartışma

Biyokömüre ait temel analiz sonuçları

Analizlerde kullanılan biyokömür materyali 0.25 mm'lik elekten elenmiştir. Bu materyale ait bazı özellikler Çizelge 1' de verilmiştir.

Temel analizlerden; uçucu madde (UM), sabit karbon (SK) ve mineral kül içeriği (MKİ) biyokömür hakkında bazı karakteristik bilgiler sağlar. Mineral kül içeriği, stabilite ve biyokömürün inorganik element içeriği ile ilişkilidir (Fidel, 2015). Uçucu madde ve sabit karbon ise kararsız (labil) ve rekalsitran (ayrışmaya karşı dirençli) biyokömür özelliklerini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Archontoulis ve ark., 2016).

Çizelge 1. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyaline ait temel analizler

Biyokömür verimi (%)	Uçucu madde (UM) (%)	Mineral kül içeriği (MKİ) (%)	Sabit karbon (SK) (%)
42.1	25.7	30.3	44.0

Biyokömür verimi

Biyokömür materyalinin verimi % 42.1 olarak bulunmuştur. Yapılan diğer çalışmalara bakıldığında; Sun ve ark. (2014) yaptıkları bir çalışmada, çeltik sapından elde edilen biyokömür verimini % 34.3; Jindo ve ark. (2014) ise % 39.3 olarak bulmuşlardır. Bu temel farklılığın nedeni materyallerdeki farklılıklar ve piroliz koşullarındaki (sıcaklık ve inert ortam) değişimlerdir (Demirbas ve Arin, 2002; Uzun ve ark., 2006; Tsai ve ark., 2007).

Mineral kül miktarı

Biyokömürün mineral kül miktarı % 30.3 olarak bulunmuştur. Çeltik sapından 400 °C'de elde edilen biyokömürler ile yapılan çalışmalara bakıldığında; Naeem ve ark. (2017) % 36, Deka ve ark. (2018) % 24.97 ve Manna ve ark. (2020) % 26.1 mineral kül bulmuşlardır. Yapılan çalışmalara bakıldığında bulunan değer arada bir değer olduğu ve diğer çalışmalar ile uyumlu olduğu görülmektedir. Mineral kül miktarı, biyokömürün organik maddesinin ve bünyesinde bulunan suyun yanma işleminden sonra uzaklaştırılmasıyla kalan inorganik makro ve mikro elementlerinin bir ölçüsü olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, kül içeriği, orijinal hammadde kaynağının inorganik içeriğinin bir fonksiyonudur. Piroliz işlemi sırasında, karbon ve oksijen kaybı en çok olan iki elementtir. Artan piroliz sıcaklığıyla birlikte biyokömür veriminin düşmesine bağlı olarak kül içeriği de artmaktadır. Biyokömürün kül içeriği, üretim yöntemine ve hammadde kaynağına bağlı olarak oldukça değişkendir (Enders ve ark., 2012; Mukome ve ark., 2013). Mineral kül içeriğinin; pH, elektriksel iletkenlik ve kimyasal bileşimi ile yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Lehmann ve ark., 2011). Bu ilişkiler kül miktarının, hammadde kaynağındaki Ca, K ve Mg tuzlarının hidroliz ürünlerinden oluşan karbonatlar ve oksitler olarak belirtilmektedir.

Uçucu madde miktarı

Biyokömürün uçucu madde miktarı % 25.7 olarak bulunmuştur. Kararsız karbon (labil) ile yakından ilişkili olan uçucu madde, biyokömürün stabilitesini göstermektedir. Çeltik sapından 400 °C'de elde edilen biyokömürler ile yapılan çalışmalara bakıldığında; Liu ve ark. (2018) % 32.21, Chandra ve ark. (2020) % 48.63

uçucu madde bulmuşlardır. Yapılan çalışmalara bakıldığında elde edilmiş olan bu değer düşük olduğu görülmektedir.

Sabit karbon değeri

Biyokömürün sabit karbon değeri % 44.0 olarak bulunmuştur. Sabit karbon, kararlı karbon içeriği ile yakından ilişkilidir. Sabit karbon terimi, çevresel açıdan değerlendirildiğinde “karbon negatif materyal” potansiyelini göstermektedir; daha yüksek verim, iklim değişikliğini azaltma aracı olarak daha yüksek potansiyel anlamına gelmektedir (Brassard ve ark., 2016). Sabit karbon, artan piroliz sıcaklığı ile artmakta ve biyokömür stabilite göstergesi olarak kullanılabilir.

Çeltik sapından 400 °C’de elde edilen biyokömürler ile yapılan çalışmalara bakıldığında; Li ve ark. (2018) % 21.88, Liu vd. (2018) % 26.71 sabit karbon bulmuşlardır. Yapılan bu çalışma ile bulunan mineral sabit karbon değeri % 44.0 olarak, yapılan diğer çalışmalara göre yüksek görülmektedir. Bu da çalışmamızda üretilen biyokömürün daha stabil olduğunun bir göstergesidir.

Biyokömüre ait elementel analiz sonuçları

Biyokömür materyalinin C, H, N ve S değerleri, elementel analiz cihazı (LECO 932) kullanılarak analiz edilmiş; ayrıca materyaldeki oksijen içeriği, O/C, H/C ve C/N oranları aşağıdaki eşitlikler yardımıyla ile bulunmuştur. Bu parametrelere ait değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

$$\%O = 100 - (\%C + \%N + \%S + \%H - \text{mineral kül}) \quad (4)$$

$$O/C = (\%O / (O'nin \text{ atom ağırlığı})) \div (\%C / (C'un \text{ atom ağırlığı})) \quad (5)$$

$$H/C = (\%H / (H'nin \text{ atom ağırlığı})) \div (\%C / (C'un \text{ atom ağırlığı})) \quad (6)$$

$$C/N = (\%C / (C'nin \text{ atom ağırlığı})) \div (\%N / (N'un \text{ atom ağırlığı})) \quad (7)$$

Biyokömürlerde mineralizasyon oranı için; O/C oranı <0.2 ise 1000 yıldan fazla, 0.2-0.6 arasında ise 100-1000 yıl arası, >0.6 ise 100 yıldan daha az sürede mineralize olduğu belirtilmiştir (Spokas, 2010). Elde edilen O/C oranı (0.23) Spokas (2010)’a göre materyalin biyokömür olduğunu göstermektedir. Materyalin H/C oranı % 0.98 olarak bulunmuştur (Çizelge 2). Bu da elde ettiğimiz çeltik biyokömürünün, toprakta mineralizasyonu için O/C’nin doğrusal etkiye sahip olduğu varsayımı ile 900 yıl civarında bir zaman gerektirdiğini göstermektedir. Toprağa ilave edilen biyokömürlerin ortalama ayrışma süresi (mineralize olma durumu) henüz tam bir netliğe kavuşmamıştır. Yarı ömürlerin <50 ila 1400 yıl arasında değişebileceğini gösteren çalışmalar vardır (Kuzuyakov ve ark., 2009). Çalışmalar O/C oranının stabilite ile ilgili olduğunu, daha stabil olan biyokömürlerin daha az “O” içeren fonksiyonel gruba ve daha düşük O/C oranına sahip olduğunu göstermektedir.

Biyokömür içeriğindeki karbon miktarı ile temel oranlar arasındaki ilişkiler; aromatiklik (H/C), stabilite (O/C) ve potansiyel N immobilizasyonu (C/N) olarak belirtilmektedir. Yapılan çalışmalar, toplam karbon ve organik karbonun, biyokömür üretimi için gereken hammadde ve piroliz sıcaklığı ile ilişkili olduğunu ortaya koymuştur. Biyokömürlerin içerdiği karbon miktarı hammaddeye bağlı olarak % 36-94 oranında değişebildiği, artan piroliz sıcaklığı ile de karbon içeriğinin arttığı bildirilmiştir (Novak ve ark., 2009; Keiluweit ve ark., 2010). UC Davis Biyokömür veritabanından elde edilen veriler incelendiğinde, düşük sıcaklıkta üretilen biyokömürlerin toplam karbon içeriğinin % 60-95, odunsu hammaddelerden üretilenlerin ise (findık kabuğu vb.) % 50-70 arasında değiştiği ortaya koyulmuştur (Mukome ve Parikh, 2013). Biyokömürün organik karbon içeriği hammadde türü, üretim sıcaklığı ve tipi ile doğrudan ilişkilidir (Mukome ve ark., 2013). Hammadde ve piroliz koşullarına bağlı olarak, organik karbonun % 50’sine kadar olan kısmı biyokömür içinde depolanabilmektedir (Sohi ve ark., 2010). Biyokömürün içindeki elementlerin toplam katkısı arasında karşılaştırma yapmak yeterli olmamakta; iki veya daha fazla elementin nispi katkıları arasındaki karşılaştırmalar daha bilgilendirici olmaktadır. Örneğin, H/C ve O/C elementel oranları, biyokömürlerin kimyasal yapılarını yorumlamak için kullanılmaktadır. H/C oranı genellikle aromatiklik için ve mineralize olma yeteneğinin bir göstergesi olarak kullanılmakta (Hammes ve ark., 2008; Krull ve ark., 2009), O/C oranı ise biyokömür stabilitesini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Spokas, 2010). Piroliz sıcaklığının artması ile birlikte hem H/C hem de O/C oranları azalmakta, böylelikle O-bazlı fonksiyonel grupları az olan materyallerden daha stabil biyokömür üretilmektedir (Mukome ve ark., 2013).

Çizelge 2. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin organik kısımlarına ait elementel analizler

Sıcaklık	C	H	N	S	O	O/C	H/C	C/N
°C	%	%	%	%	%	Atomik oran	Atomik oran	Atomik oran
400	48.8	3.99	1.43	0.31	15.2	0.23	0.98	39.30

Spektroskopik analiz sonuçları

Biyokömür fonksiyonel gruplarıyla ilgili spesifik bilgiler, uygulanan biyokömürlerin toprakta nasıl tepki vereceğini tahmin etmek ve anlamak için oldukça önemlidir. Bununla birlikte, hangi biyokömürün en uygun olduğunu tahmin etmek için materyalin tam bir karakterizasyonu gereklidir.

FT-IR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi Spektrometresi) sonuçları

FT-IR spektrumları, biyokömür yüzeylerindeki fonksiyonel grupları karakterize etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. FT-IR analiz sonucu biyokömüre ait absorpsiyon değerine karşı dalga sayısını gösteren spektrum Şekil 1’de verilmiştir.

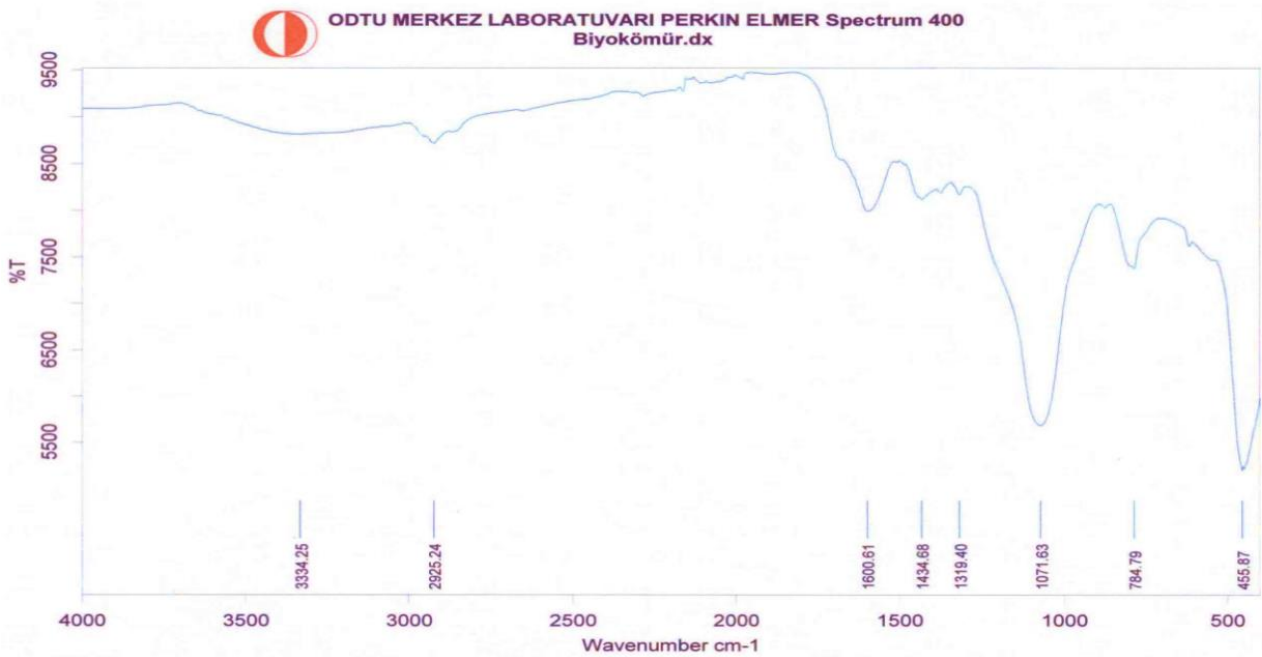
Biyokömür materyaline ait spektrumda bulunan fonksiyonel gruplar aşağıda özetlenmiştir:

- 3600-3200 cm^{-1} aralığında -OH bağı bulunmaktadır. Elde edilen spektrumda bu bölgede gözlenen pikin büyüklüğü -OH grupları içeren bileşiklerin az miktarda olduğunu göstermektedir. Bu bölgede dehidrojenizasyon yüksek ancak, -OH parçalanmış olup aromatikliğe geçiş olduğu görülmektedir.
- 2950-2850 cm^{-1} aralığı aromatik C-H gerilmesini göstermektedir.
- 1740-1700 cm^{-1} aralığı az miktarda karboksil yapıdaki C=O bağı göstermektedir.
- Spektrumda 1600 cm^{-1} ve ~1400 cm^{-1} civarında gözlenen pikler yapıdaki C=C bağı göstermektedir.
- 1071 cm^{-1} 'de gözlenen pik C-O-C fonksiyonel grubunu içeren hemiselüloz selüloz yapıyı ortaya koymaktadır (Keiluweit ve ark., 2010).

FT-IR spektrumundan elde edilen verilerin sıcaklıkla olan değerlendirilmesi şu şekilde yapılabilir;

- yüksek piroliz sıcaklığının, alifatik yapıya karşılık gelen değerleri azalttığı ve aromatik yapıdan elde edilen pik değerlerini arttırdığı görülmektedir. Piroliz sıcaklığının bu etkisi başlangıçtaki dehidrasyonun O-H piklerinde azalmaya neden olmasıyla açıklanabilir, yüksek sıcaklıklar lignin ve selüloza karşılık gelen piklerin artmasına neden olmaktadır.

Çeltik sapından elde edilen biyokömürün FT-IR spektrumları selüloza oldukça yakınlık göstermektedir (Pastorova ve ark., 1994; Cao ve Tan, 2002). Biyokömür içindeki selülozik ve lignitik bileşenler 300 °C’de dehidrasyona uğramaya başlamakta (3500-3200 cm^{-1} , dalga boyu), lignitik/selülozik kaynaklı ürünlerin oluşumu 400 °C’de (çoklu pik, 1600-700 cm^{-1}) ortaya çıkmaktadır. Hemiselüloz ve selüloz çeltiğin temel bileşenlerindedir. Bu sebeple çeltik sapının piroliz işlemi sırasında ayrışması lignininkinden çok daha kolay olduğundan dolayı (Yang ve ark., 2007), ağırlık kaybı ve H/C, O/C molar oranlarının odun veya çim kaynaklı biyokömürlere nazaran daha etkili olduğunu ortaya koymaktadır (Keiluweit ve ark., 2010).

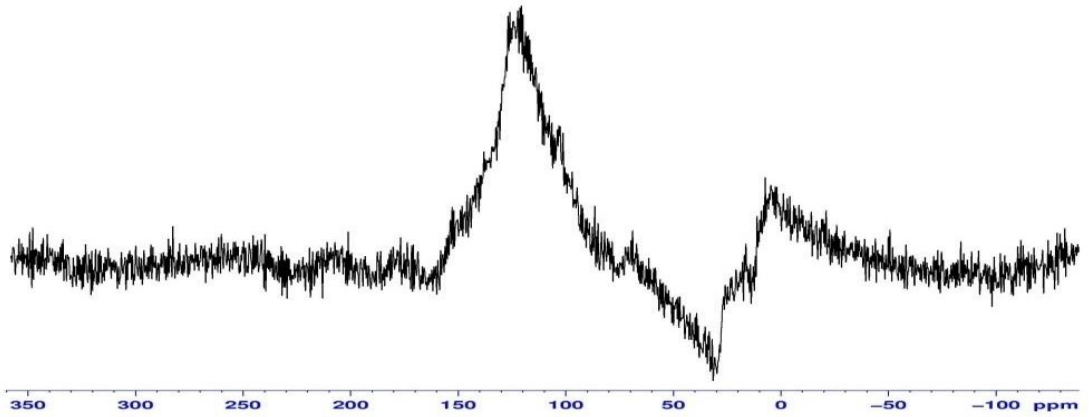


Şekil 1. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin FT-IR spektrumları

Katı NMR ^{13}C (Katı Nükleer Manyetik Rezonans Spektrometresi) sonuçları

Katı hal ^{13}C Nükleer Manyetik Rezonans (NMR) spektroskopisi, biyokömürün fonksiyonel gruplarını karakterize etmek için sıklıkla kullanılmıştır (Cao ve ark., 2011; Kinney ve ark., 2012). Biyokömür materyaline ait ^{13}C -NMR analizi sonucu elde edilen spektrum Şekil 2'de verilmiştir. Yapıdaki karbonun soğurma farkını gösteren kimyasal kayma değerleri spektrumda "ppm (parts per million)" olarak verilmiştir. ~130 ppm civarında elde edilen pik biyokömür materyali içindeki aromatik karbonları göstermektedir.

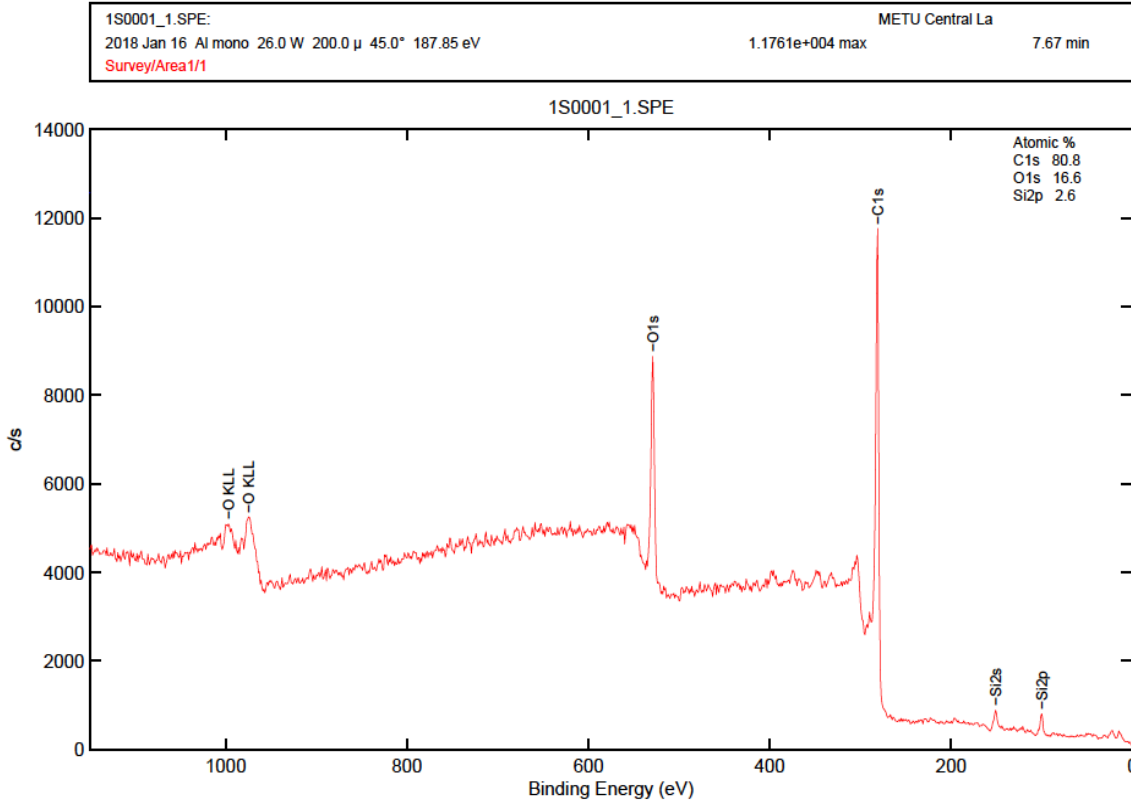
Li ve ark. (2013), iki boyutlu ^{13}C -NMR korelasyon spektroskopisi kullanarak 100-800 °C'de piroliz edilen çeltik sapı ve kavuz biyokömürlerinde fonksiyonel grupların varlığını araştırmıştır. Çeltik sapı ve kepeğinden elde edilen biyokömürler dehidroksilasyon/dehidrojenasyon ve aromatisasyon işleminden geçirilmiştir. Genel olarak, artan piroliz sıcaklığıyla birlikte, aromatik yapıların üretilmesinden önce O-alkillenmiş grupların ve anomerik O-C-O karbonlarının oluşumu meydana geldiğini bildirmiştir.



Şekil 2. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin ^{13}C -NMR analizi spektrumu

XPS (x-ray fotoelektron spektroskopisi) sonuçları

X-Ray fotoelektron spektroskopisi katı materyallerin yüzeyleri hakkında kimyasal bilgi elde etmek için kullanılan gelişmiş bir yüzey analiz tekniğidir. Bu yöntemle elde edilen bulgulara göre biyokömür materyaline ait oranlar ve bağlanma enerjileri ile bağların durumları Şekil 3 ve Çizelge 3 ve 4'de verilmiştir.



Şekil 3. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin XPS spektrumu

Çizelge 3 incelendiğinde; biyokömür materyalinin oksijen içeriği % 16.6, karbon içeriği % 80.8 ve O/C oranı % 0.20 olarak bulunmuştur. Çizelge 4 incelendiğinde; bağlanma enerjilerine göre oluşan CIS ve OIS bağları görülmektedir. 280 eV'de C=O, 281 eV'de C-C, C=C, C-H, 282 eV'de C-O, 283 eV'de COO, 523 eV'de OOC ve 530 eV'de C-O-C bağları görülmektedir. Çeltik saplarından elde edilen biyokömürlerde; [Wu ve ark., \(2015\)](#), [Tan ve ark., \(2019\)](#) çalışmalarında benzer sonuçlar bulmuşlardır.

Çizelge 3. XPS cihazı tarafından elde edilen elementlerin atomik oranları

O (%)	C (%)	O/C (%)
16.6	80.8	0.20

Çizelge 4. XPS cihazı tarafından elde edilen elementlerin bağlanma enerjileri ve bağ durumları arası ilişkiler

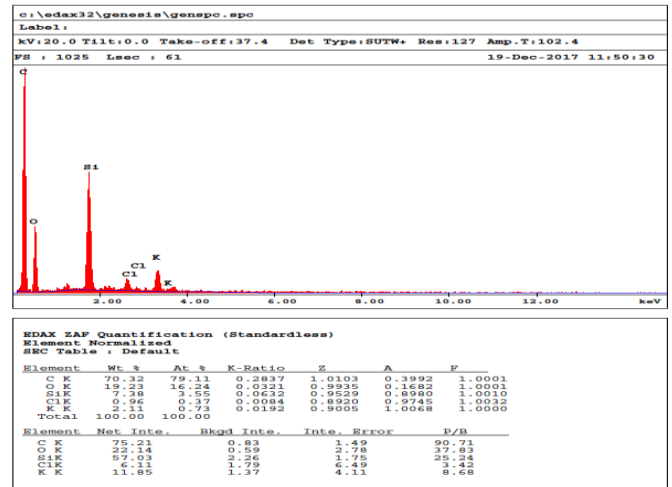
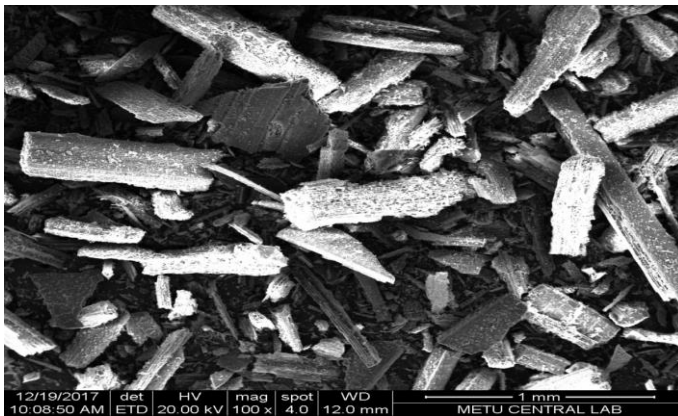
Bağlanma Enerjisi (eV)	C1S
280	C=O
281	C-C, C=C, C-H
282	C-O
283	COO
Bağlanma Enerjisi (eV)	O1S
529	O=C
530	C-O-C

Biyokömürü tanımlayıcı görüntüleme analiz sonuçları

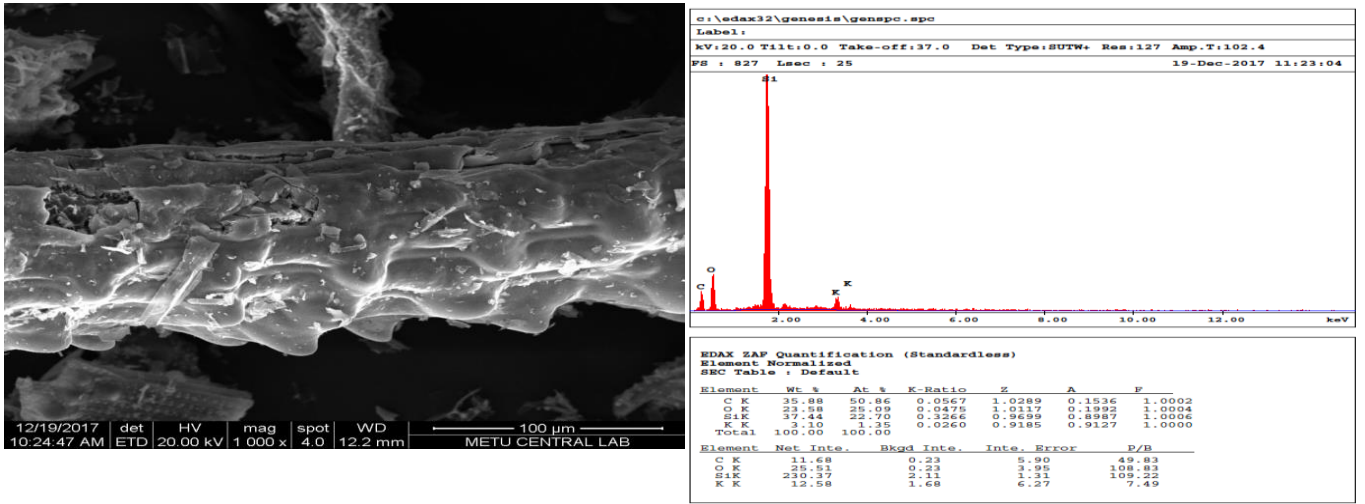
Biyokömür materyalinin makroporozitesini ve fiziksel morfolojisini belirlemek için, SEM cihazı kullanılarak görüntüleme yapılmıştır. Biyokömür materyali iletken olmadığı için (Au-Pd ile) kaplama yapılmıştır. SEM-EDX (Taramalı Elektron Mikroskobu (SEM) - Enerji yayımlı X-ışını analizi (EDX)), biyokömürün yapısal ve kimyasal özelliklerini nicel olarak incelemek için etkili bir yöntem olarak bilinmektedir.

SEM-EDX cihazı ile farklı büyüklüklerde (1mm-100µm-50µm) görüntüler alınmıştır. Cihazın çalışma özellikleri alınan görüntülerin üzerinde belirtilmiştir (Şekil 4, 5 ve 6)

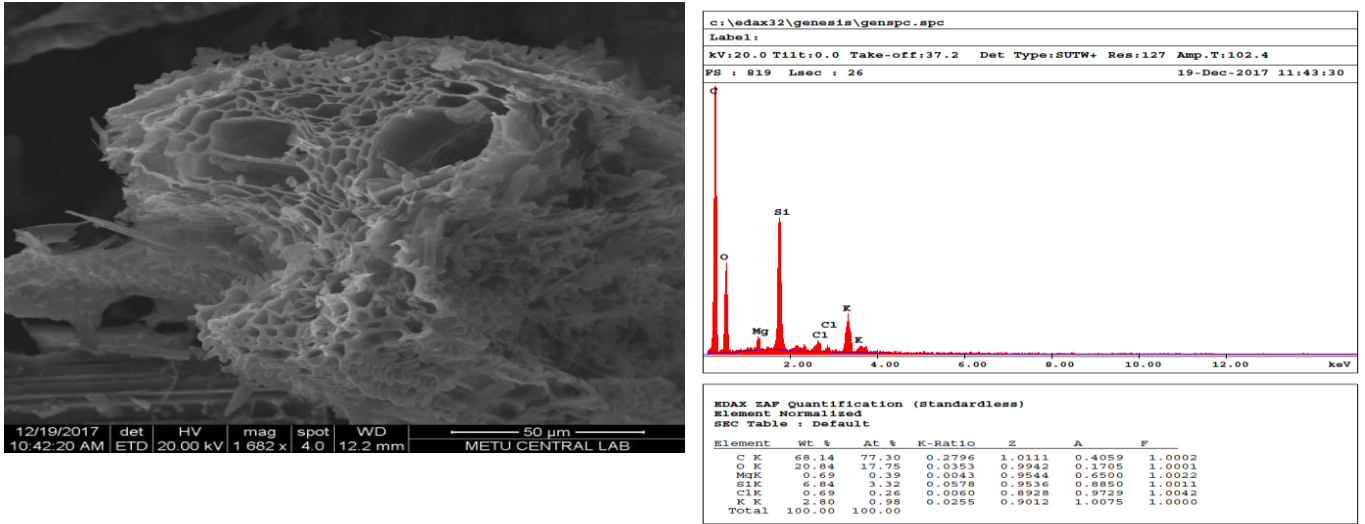
Morfoloji; biyokömürün büyüklüğü, şekli ve yapısının toplu bir ölçüsüdür. Bu özellik genellikle biyokömür yüzeyinin bir görüntüsü olarak elde edilir. Elde edilen görüntüler piroliz sıcaklığının ve hammadde türünün bir fonksiyonu olarak farklılık gösterir. Odun türevli biyokömürler genellikle hammaddenin lignoselüloz bitki dokusundan üretilmiş, büyük gözenekli yapıya sahip olmaktadırlar ([Lee ve ark., 2010](#); [Ozcimen ve Ersoy-Mericboyu 2010](#); [Mukome ve ark., 2013](#)). Bu bilgilere dayanarak, görüntülere bakıldığı zaman 400 °C'de piroliz edilen çeltik sapı biyokömürünün yüzeylerinde sıcaklığa bağlı olarak büyük gözenekli yapıların varlığı dikkati çekmektedir (Şekil 6).



Şekil 4. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin mercek altındaki ilk görüntüsü ve kimyasal bileşimi (100 x)



Şekil 5. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin SEM görüntüsü (1000 x, farklı perspektif) ve SEM-EDX ile belirlenen kimyasal bileşimi



Şekil 6. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin SEM görüntüsü (1682 x) ve SEM-EDX ile belirlenen kimyasal bileşimi

XRD (x-ışını difraksiyon) sonuçları

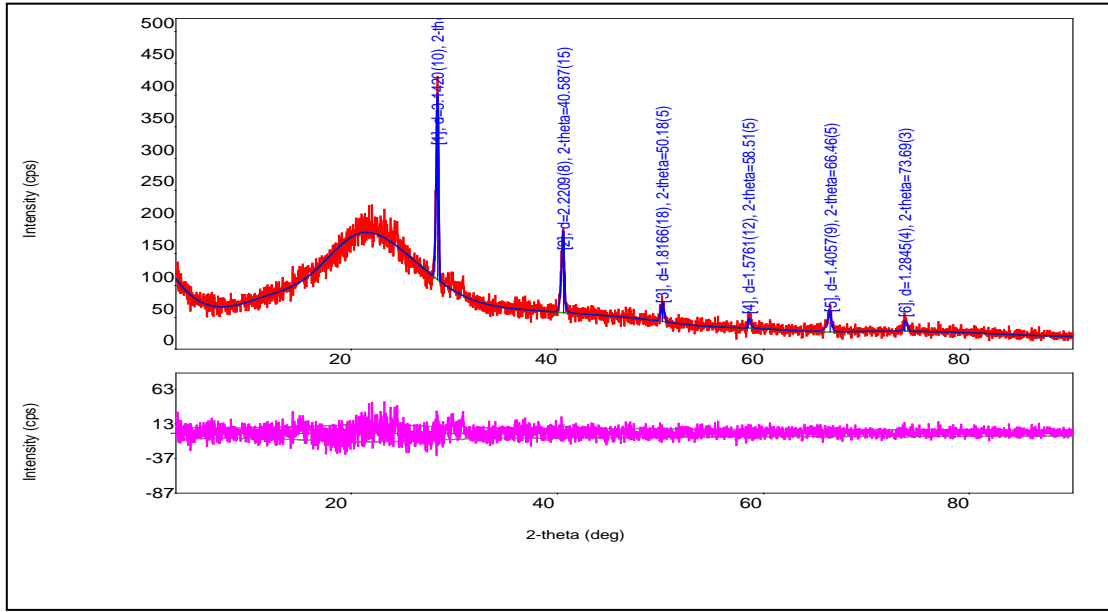
Biyokömür gibi karbon içeriği yüksek materyallerde kristallik boyutu, aromatiklik, tabakalar arası mesafe gibi üç boyutlu bilgiler XRD analizi ile elde edilebilmektedir (Lehmann ve Joseph 2015).

Çeltik sapından elde edilen biyokömür içerisinde silisyum (Si) ve potasyumun (K) miktarı oldukça fazladır (Liao ve ark., 2004; Soest 2006). Bu bilgilere göre KCl (3.14 ve 2.22 Å) içeriği piklerden görülmektedir (Çizelge 5). Bu durum, çeltik bitkisinin sapında yer alan organik maddenin yapısına dahil olmayan çözünebilir Cl'nin çözünebilir K ile biyokömür eldesi sürecinde silvit mineralini oluşturduğuna atfedilebilir.

Çizelge 5. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyaline ait pik listesi

2-teta (deg)	d (Å)	Boy (cps)	Int. I (cps deg)	FWHM (deg)	Boyut	Faz ismi
28.383(9)	3.1420(10)	204(13)	55.9(14)	0.257(7)	333(9)	Silvit, syn, (2,0,0)
40.587(15)	2.2209(8)	91(9)	31.9(13)	0.287(18)	308(20)	Silvit, syn, (2,2,0)
50.18(5)	1.8166(18)	22(4)	8.1(6)	0.35(4)	261(27)	Silvit, syn, (2,2,2)
58.51(5)	1.5761(12)	14(3)	3.7(8)	0.25(6)	375(89)	Silvit, syn, (4,0,0)
66.46(5)	1.4057(9)	24(5)	13.4(10)	0.40(6)	248(37)	Silvit, syn, (4,2,0)
73.69(3)	1.2845(4)	15(4)	4.9(8)	0.23(6)	445(108)	Silvit, syn, (4,2,2)

Çeltik sapından 400 °C'de elde edilen biyokömürün XRD piklerine bakıldığında (Şekil 7) zayıf kristalin yapı ve karbon bakımından zengin bir faza sahip amorf bir materyal olduğunu göstermektedir.



Şekil 7. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyaline ait XRD diyagramı

XRF (X-ışını Floresans Spektrometresi) analiz sonuçları

Işımanın dalga boyunun saptanmasıyla elementin cinsi (nitel), saptanan bu ışının yoğunluğunun ölçülmesiyle element konsantrasyonu (nicel) belirlenmektedir. Bor-Uranyum aralığında oksit formunda çalışılan örneklerin sonuçları, hem oksit hem de metal formunda belirlenmiştir. Sonuçlar aşağıda Çizelge 6-7'de verilmiştir.

Çizelge 6. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin XRF analizine göre içerdiği bileşikler (Oksit Formunda)

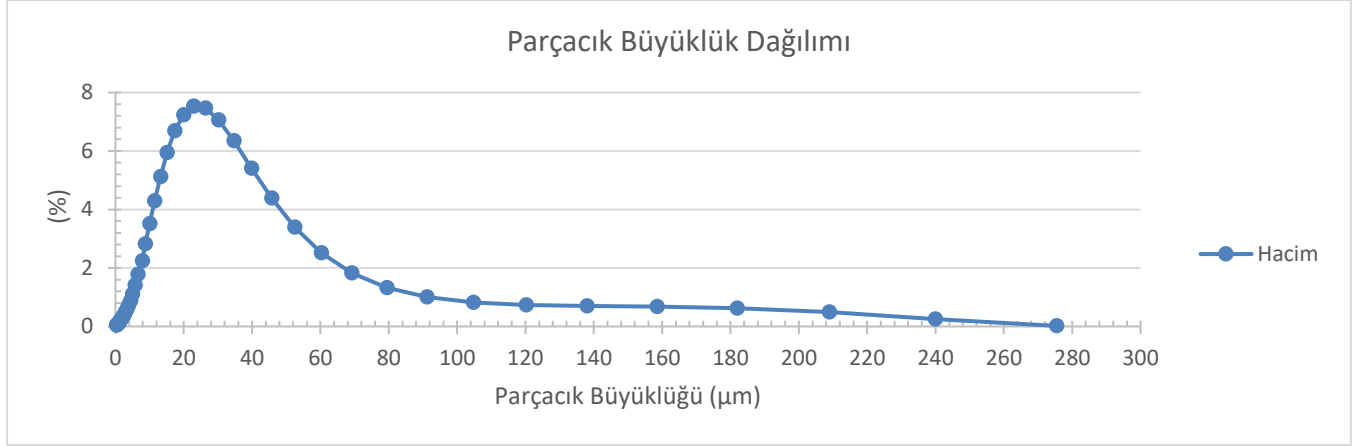
Bileşik No	Bileşik	Sonuç (%)
1	CO ₂	81.0
2	SiO ₂	9.35
3	B ₂ O ₃	5.97
4	K ₂ O	1.62
5	MgO	0.524
6	SO ₃	0.332
7	CaO	0.265
8	Na ₂ O	0.148
9	P ₂ O ₅	0.321
10	Al ₂ O ₃	0.0629
11	MnO	0.0336
12	Fe ₂ O ₃	0.0228
13	SrO	0.0016

Çizelge 7. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin XRF analizi ile belirlenen element içeriği

Element Sayısı	Element	Sonuç (%)
1	C	51.6
2	O	29.8
3	Si	8.37
4	B	3.53
5	K	3.41
6	Cl	1.33
7	Mg	0.580
8	Ca	0.541
9	S	0.305
10	Na	0.200
11	P	0.130
12	Mn	0.079
13	Al	0.062
14	Fe	0.049
15	Sr	0.0044

Parçacık boyutu sonuçları

Parçacık boyutu analiz sonucuna göre; çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin parçacık boyutu dağılımı 0.316 μm (% 0.04) ile 275.4 μm (% 0.25) arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Parçacık boyutunun dağılımı ağırlıklı olarak 11.5 μm ile 79.4 μm arasında olduğu görülmektedir (Şekil 8). Biyokömürün parçacık boyutu son ürünün özelliklerini etkileyen en önemli fiziksel özelliklerdendir (Joseph ve ark. 2009). Biyokömürlerin fizikokimyasal özellikleri, onu üretmek için kullanılan hammaddenin özellikleri ve üretim koşullarına (örneğin, parçacık boyutu, sıcaklık, ısıtma hızı ve süresi) bağlıdır (He ve ark., 2000; Lehmann, 2007; Zhang et al., 2009; Cantrell ve ark., 2012).



Şekil 8. Çeltik sapından elde edilen biyokömür materyalinin parçacık büyüklük dağılımı

Spesifik yüzey alanı sonuçları

Çeltik sapından 400 °C'de elde edilen biyokömür materyalinin yüzey alanı 13.17 $\text{m}^2 \text{g}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Yüzey alanı ve gözeneklilik, biyokömürün ağır metal tutma kapasitesini etkileyen temel fiziksel özelliklerdendir. Biyokütle piroliz işlemine tabi tutulduğunda, dehidrasyon işlemi ile su kaybına bağlı olarak biyokömür içinde mikroporlar oluşmaktadır (Bagreev ve ark., 2001). Genel olarak lignin içeriği yüksek olan biyoküteller (ör; bambu, hindistan cevizi kabuğu) makro gözenek bakımından zengin iken, selüloz içeriği yüksek olan biyokütellerde (ör; kavuz) ise mikro gözenekli yapılar zenginleşmektedir (Joseph ve ark., 2007).

Sonuç

Bu çalışma, çeltik sapından elde edilen biyokömürün ileri analitik yöntemler kullanılarak karakterizasyonunu belirlemek için yürütülmüştür. Sonuç olarak karakterizasyon işlemleri neticesinde, 400 °C'de üretilen biyokömürün büyük gözenekli yapılar oluşturduğu, biyokömürün selülozik bir materyal olduğu ve ayrıca bünyesinde silvit (KCl) mineralini içerdiği, biyokömürün zayıf kristalin yapılı ve karbon bakımından zengin bir faza sahip amorf bir materyal olduğu ve biyokömürün spesifik yüzey alanının çok yüksek olmadığı ortaya konulmuştur.

Farklı karakterizasyon teknikleri ile elde edilen bilgiler, toprağa ilave edilen biyokömürlerin toprak pH'sını nasıl etkileyeceğini ve topraktaki inorganik ve organik bileşiklerle nasıl etkileşime gireceğini anlamak için oldukça önemlidir. Örneğin, karboksil ve hidroksil fonksiyonel gruplarına sahip biyokömürler, daha yüksek kation değişim kapasitesine ve yüksek adsorbsiyon kapasitesine sahip olmaktadır. Bu yöntemlerin kullanılması ile mevcut fonksiyonel grupların belirlenmesi ve böylelikle agronomik veya çevresel etkiler için hangi biyokömürün daha uygun olduğu ortaya konulabilecektir. Bu çalışmanın spesifik amaçlarla biyokömür üretmek isteyen araştırmacılar için yol göstereceği düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu araştırma, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar ve Proje Destek Birimi'nin, "17L0447008" kodlu "Çeltik Sapından Elde Edilen Biyokömür Uygulamalarının Çeltik Yetiştiriciliğinde Kadmiyum Biyoyararlılığına Etkisi" konulu doktora projesi kapsamında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada kullanılan cihazlar için, ODTÜ Merkez Laboratuvarları'ndan yararlanılmıştır.

Kaynaklar

- Ahmad M, Rajapaksha AU, Lim JE, Zhang M, Bolan N, Mohan D, Vithanage M, Lee SS, Ok YS, 2014. Biochar as a sorbent for contaminant management in soil and water: a review. *Chemosphere*, 99:19-33.
- Angin D, 2013. Effect of pyrolysis temperature and heating rate on biochar obtained from pyrolysis of safflower seed press cake. *Bioresource Technology*, 128:593-597.

- Archontoulis VS, Huber I, Miguez F, Thorburn P, Rogovska N, Laird D, 2016. A model for mechanistic and system assessments of biochar effects on soils and crops and trade-offs. *GCB Bioenergy*, 8:1028-1045.
- ASTM D1762-84, 2007. Standard test method for chemical analysis of wood charcoal. Conshohocken, PA: American Society for Testing and Materials.
- Bagreev A, Bandosz T, Locke D, 2001. Pore structure and surface chemistry of adsorbents obtained by pyrolysis of sewage sludge-derived fertilizer. *Carbon*, 39:1971-1979.
- Boyabath O, Nasiry J, Zhou YH, 2019. Crop planning in sustainable agriculture: dynamic farmland allocation in the presence of crop rotation benefits. *Manage. Sci.*, 65(5):1949-2443.
- Brassard P, Godbout S, Raghavan V, 2016. Soil biochar amendment as a climate change mitigation tool: key parameters and mechanisms involved. *J. Environ. Manag.*, 181:484-497.
- Brunauer S, Emmett PH, Teller E, 1938. Adsorption of gases in multimolecular layers. *J. Am. Chem. Soc.*, 60:309-319.
- Cantrell KB, Hunt PG, Uchimiya M, Novak JM, Ro KS, 2012. Impact of pyrolysis temperature and manure source on physicochemical characteristics of biochar. *Bioresour. Technol.*, 107:419-428.
- Cao X, Ma L, Liang Y, Gao B, Harris W, 2011. Simultaneous immobilization of lead and atrazine in contaminated soils using dairy manure biochar. *Environ Sci. Technol.*, 45:4884-4889.
- Cao Y, Tan HM, 2002. Effects of cellulase on the modification of cellulose. *Carbohydr Res.*, 337:1291-1296.
- Chandra S, Medha I, Bhattacharya J, 2020. Potassium-iron rice straw biochar composite for sorption of nitrate, phosphate, and ammonium in soil for timely and controlled release. *Science of the Total Environment*, 712:1-15.
- Chen B, Chen Z, Lv S, 2011. A novel magnetic biochar efficiently sorbs organic pollutants and phosphate. *Bioresour Technol.*, 102(2):716-723.
- Deka K, Medhi BK, Kandali GG, Das R, Pathak K, Sarkar L, Nath KD, 2018. Evaluation of physico-chemical properties of rice straw and rice husk-derived biochar. *Eco. Env. & Cons.*, 24(2):768-772.
- Demirbas A, Arin G, 2002. An overview of biomass pyrolysis. *Energy Sources*, 24:471-482.
- Enders A, Hanley K, Whitman T, Joseph S, Lehmann J, 2012. Characterization of biochars to evaluate recalcitrance and agronomic performance. *Bioresour Technol.*, 114:644-653.
- Fidel RB, 2015. Biochar properties and impact on soil CO₂ and N₂O emissions. Ph.D. Dissertation, Iowa State University.
- Hammes K, Smernik RJ, Skjemstad JO, Schmidt MWI, 2008. Characterisation and evaluation of reference materials for black carbon analysis using elemental composition, colour, BET surface area and ¹³C NMR spectroscopy. *Applied Geochemistry*, 23:2113-2122.
- He BJ, Zhang Y, Yin Y, Funk TL, Riskowski GL, 2000. Operating temperature and retention time effects on thermochemical conversion process of swine manure. *Trans. ASABE*, 43:1821-1825.
- Heo HS, Park HJ, Yim JH, Sohn JM, Park J, Kim SS, Ryu C, Jeon JK, Park YK, 2010. Influence of operation variables on fast pyrolysis of *Miscanthus sinensis* var. *purpurascens*. *Bioresour Technol.*, 101(10):3672-3677.
- Jindo K, Mizumoto H, Sawada Y, Sanchez-Monedero MA, Sonoki T, 2014. Physical and chemical characterization of biochars derived from different agricultural residues. *Biogeosciences*, 11(23):6613-6621.
- Joseph SD, Downie A, Crosky A, Lehmann J, Munroe P, 2007. Biochar for carbon sequestration, reduction of greenhouse gas emissions and enhancement of soil fertility; a review of the materials science. *Rend. Circ. Mat. Palermo Suppl.*, 48:101-106.
- Joseph S, Peacocke C, Lehmann J, Munroe P, 2009. Developing a biochar classification and test methods. In: *Biochar for Environmental Management Science and Technology* (eds. Lehmann J, Joseph S). London, Earthscan, pp. 107-112.
- Keiluweit M, Nico PS, Johnson MG, Kleber M, 2010. Dynamic molecular structure of plant biomass-derived black carbon (biochar). *Environ. Sci. Technol.*, 44:1247-1253.
- Kinney TJ, Masiello CA, Dugan B, Hockaday WC, Dean MR, 2012. Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures. *Biomass and Bioenergy*, 41:34-43.
- Krull ES, Baldock JA, Skjemstad JO, Smernik RJ, 2009. Characteristics of biochar: Organo-chemical properties. In: *Stability of Biochar in Soil. Biochar for Environmental Management* (eds. Lehmann J, Joseph S), Science and Technology, Earthscan, London, UK, pp.53-66.
- Kuzyakov Y, Subbotina I, Chen H, Bogomolova I, Xu X, 2009. Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ¹⁴C labeling. *Soil Biology and Biochemistry*, 41:210-219.
- Lee JW, Kidder M, Evans BR, Paik S, Buchanan III AC, Garten CT, Brown RC, 2010. Characterization of biochars produced from cornstovers for soil amendment. *Environ. Sci. Technol.*, 44:7970-7974.
- Lehmann J, 2007. Bio-energy in the black. *Front. Ecol. Environ.*, 5:381-387.
- Lehmann J, Joseph S, 2009. Biochar for environmental management: an introduction. In: *Biochar for environmental management: science and technology* (eds. Lehmann J, Joseph S). Earthscan, London.
- Lehmann J, Rillig MC, Thies J, Masiello CA, Hockaday WC, Crowley D, 2011. Biochar effects on soil biota—A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 43:1812-1836.
- Lehmann J, Joseph S, 2015. Biochar for environmental management: science, transformations. *Soil Biol. Biochem.*, 83:19-28.
- Li J, Shen F, Yang G, Zhang Y, Deng S, Zhang J, Zeng Y, Lou T, Mei Z, 2018. Valorizing rice straw and its anaerobically digested residues for biochar to remove Pb (II) from aqueous solution. *International Journal of Polymer Science*.
- Li XM, Shen QR, Zhang DQ, Mei XL, Ran W, Xu YC, Yu GH, 2013. Functional groups determine biochar properties (pH and EC) as studied by twodimensional ¹³C NMR correlation spectroscopy. *PLoS One*, 8(6) e65949.

- Liao CP, Wu CZ, Yanyongjie Huang HT, 2004. Chemical elemental characteristics of biomass fuels in China. *Biomass Bioenerg.*, 27:119-130.
- Liu Z, Niu W, Chu H, Zhou T, Niu Z, 2018. Effect of the carbonization temperature on the properties of biochar produced from the pyrolysis of crop residues. *BioResources*, 13(2):3429-3446.
- Manna S, Singh N, Purakayastha TJ, Berns AE, 2020. Effect of deashing on physico-chemical properties of wheat and rice straw biochars and potential sorption of pyrazosulfuron-ethyl. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(1):1247-1258.
- Mukome FND, Parikh SJ, 2013. UC Davis Biochar Database. University of California Davis, Davis, CA.
- Mukome FND, Zhang XM, Silva LCR, Six J, Parikh SJ, 2013. Use of chemical and physical characteristics to investigate trends in biochar feedstocks. *J. Agri. Food Chem.*, 61:2196-2204.
- Naeem MA, Khalid M, Aon M, Abbas G, Tahir M, Amjad M, Murtaza B, Yang A, Akhtar SS, 2017. Effect of wheat and rice straw biochar produced at different temperatures on maize growth and nutrient dynamics of a calcareous soil. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(14):2048-2061.
- Novak JM, Lima I, Xing B, Gaskin JW, Steiner C, Das KC, Ahmedna M, Rehrh D, Watts DW, Busscher WJ, Schmobert H, 2009. Characterization of designer biochars produced at different temperatures and their effects on a lomay sand. *Annals of Environmental Science*, 3:195-206.
- Ozcimen D, Ersoy-Mericboyu A, 2010. Characterization of biochar and bio-oil samples obtained from carbonization of various biomass materials. *Renewable Energy*, 35:1319-1324.
- Pastorova I, Botto RE, Arisz PW, Boon JJ, 1994. Cellulose char structure: a combined analytical Py-GC-MS, FTIR, and NMR study. *Carbohydr Res.*, 262:27-47.
- Samantarai S, Achakzai A, 2014. Application of nanotechnology in agriculture and food production: opportunity and challenges. *Middle-East J. Sci. Res.* 22(4):499-501.
- San S, 2005. Türkiye'de yetiştirilen çeltik (*Oryza sativa* L.) çeşitlerinde genetik farklılığın oryizin elektroforegramı yöntemi ile belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Sashidhar P, Kochar M, Singh B, Gupta M, Cahill D, Adholeya A, Dubey M, 2020. Biochar for delivery of agri-inputs: Current status and future perspectives. *Science of the Total Environment*, 703: 134892.
- Soest PJ Van, 2006. Rice straw, the role of silica and treatments to improve quality. *Animal Feed Sci. Tech.*, 130:137-171.
- Sohi SP, Krull E, Lopez-Capel E, Bol R, 2010. Chapter 2-A review of biochar and its use and function in soil. In: *Advances in Agronomy* (ed. Donald LS), Academic Press, San Diego, CA, pp. 47-82.
- Spokas KA, 2010. Review of the stability of biochar in soils: predictability of O:C molar ratios. *Carbon Manage.*, 1:289-303.
- Sun J, Lian F, Liu Z, Zhu L, Song Z, 2014. Biochars derived from various crop straws: characterization and Cd (II) removal potential. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 106:226-231.
- Sürek H, 2002. Çeltik Tarımı. Hasad Yayıncılık, İstanbul.
- Tan G, Liu Y, Xiao D, 2019. Influence of different pyrolysis methods on the sorption property of rice straw biochar. *Separation Science and Technology*, 54(17):2773-2782.
- Tsai WT, Lee MK, Chang YM, 2007. Fast pyrolysis of rice husk: Product yields and composition. *Bioresource Technology*, 98:22-28.
- TÜİK, 2019. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001.
- Uzun BB, Putun AE, Putun E, 2006. Fast pyrolysis of soybean cake: Product yields and compositions. *Bioresource Technology*, 97:69-576.
- Verheijen F, Jeffery S, Bastos AC, van der Velde M, Diafas F, 2010. Biochar application to soils. A critical scientific review of effects on soil properties, processes, and functions. EUR 24099 EN Office for the Official Publications of the European Communities, Luxembourg. 149.
- Wu M, Feng Q, Sun X, Wang H, Gielen G, Wu W, 2015. Rice (*Oryza sativa* L) plantation affects the stability of biochar in paddy soil. *Scientific Reports*, 5, 10001.
- Yang HP, Yan R, Chen HP, Lee DH, Zheng CG, 2007. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis. *Fuel*, 86:1781-1788.
- Zhang SY, Hong RY, Cao JP, Takarada T, 2009. Influence of manure types and pyrolysis conditions on the oxidation behavior of manure char. *Bioresour. Technol.*, 100:4278-4283.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Organik ve inorganik ve biyo gübrelerin bezelyenin bitkisel özelliklerine etkileri

Fatma Başdemir ^{1,*}, Murat Tunç ², Sibel İpekeşen ²,
 Seval Eliş ², Behiye Tuba Biçer ²

¹ Harran Üniversitesi, Ceylanpınar Tarım Meslek Yüksekokulu, Şanlıurfa

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

Özet

Bu araştırma organik (Nutri-umix 660, Fosil), inorganik (DAP) ve biyo (*Rhizobium leguminosorum*) gübrelerin bezelyenin toprak altı ve toprak üstü aksamalarına etkilerini belirlemek amacıyla Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri deneme serasında 2019 yılı bahar yetiştirme mevsiminde yürütülmüştür. Araştırmada çiçeklenme öncesi dönem, çiçeklenme dönemi ve çiçeklenme sonrası dönemlerde bitki boyu, kök uzunluğu, yaş ve kuru bitki, kök, yaprak, nodül ve sap ağırlığı, yaprakçık sayısı, nodül sayısı ve yaprak alanı özellikleri incelenmiştir. Araştırma sonucunda çiçeklenme öncesi dönemde bezelyede bitkisel özellikler üzerine uygulamalar arasında en fazla etki Fosil gübresinden elde edilmiştir. Çiçeklenme döneminde yapılan uygulamaların incelenen tüm özellikler üzerine önemli etkilerinin olduğu saptanmıştır. Çiçeklenme sonrası dönemde ise incelenen özellikler üzerine en fazla etkiyi organik gübrelerin gösterdiği belirlenmiştir. Üç dönemin birleşik analiz sonuçlarına bakıldığında, incelenen 8 özellik üzerine en çok Nutri-umix, 6 özellik üzerine ise Fosil ve Bakteri uygulamasının olumlu katkılarının olduğu bulunmuştur. Sonuçlar bezelye bitkisi yetiştiriciliğinde konvansiyonel tarım uygulamaları yerine organik tarım uygulamalarının tercih edilebileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Bezelye, *Pisum sativum*, Organik gübre, İnorganik gübre.

Effects of organic and inorganic and bio fertilizers on the plant traits of pea

Abstract

This research was conducted to determine on the effects of organic (Nutri-umix 660, Fosil), inorganic (DAP) bio (*Rhizobium leguminosorum*) fertilizers on subsoil and aboveground parts of pea in Dicle University Agriculture Faculty Department of Field Crops Greenhouse. The research was carried out in the randomized blocks design with three replications. In the research, plant height, fresh and dry plant, stem + leaf, root, nodule and leaflet weight, number of nodules and leaf area traits were examined in pre-blooming, full-blooming and post blooming periods. As a result of the research, Fosil application has the most effect on pea plant characteristics in pre-blooming period. It has been determined that the applications made during the full-blooming period have a significant effect on all the investigated properties. In the post blooming period, it was determined that organic fertilizers had the most effect on the investigated properties. Take into considering the combined analysis results of the three periods, it was found that Nutri-umix mostly contributed to the 8 traits, and Fossil and Bacteria on 6 traits. The results have shown that organic farming practices can be preferred instead of conventional farming practices in the pea cultivation.

Keywords: Pea, *Pisum sativum*, Organic fertilizer, Inorganic fertilizer.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Ülkemiz tarım alanlarının önemli bir kısmını kapsayan yemeklik tane baklagil bitkileri, zengin protein içeriklerinden dolayı insan beslenmesinde oldukça önemli bir yere sahiptirler. Baklagil bitkileri insan beslenmesinde kullanılmalarının yanı sıra yetiştikleri toprakları iyileştirme özelliğine de sahiptir. Havanın serbest azotunu toprağa bağlama özellikleri ile çevrecilik ve sürdürülebilir tarımın popüleritesinin arttığı günümüzde bu bitkilerin önemi her geçen gün artmaktadır. Baklagil bitkileri ile birlikte yaşayan *Rhizobium* cinsine ait bakteriler, havada serbest halde bulunan, ancak canlılar tarafından doğrudan kullanılmayan

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0414 318 3727

E-posta : fatmabasdemir@harran.edu.tr

Geliş Tarihi : 01 Eylül 2020

Kabul Tarihi : 27 Kasım 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.789233

azotu yaşadıkları ortama bağlayarak köklerinin yayıldığı toprak katlarını organik azotça zenginleştirirler. Yemelik baklagillerin toprağa bağladıkları azot miktarının çeşide ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmekle birlikte yılda 5-20 kg/da olduğu bilinmektedir (Şehirli, 1988).

Bezelye soğuk iklim koşullarına dayanabilmesi, toprak havasının serbest azotunu fikse etmesi, toprak yapısını iyileştirmesi, yeşil gübre olarak kullanımı, üretim süresinin kısıtlılığı nedeniyle günümüzde dünyanın birçok yerinde yetiştirilmektedir (Göre, 2003).

Dünyada ekim alanı bakımından yemelik baklagiller içerisinde fasulye (29.392.817 ha) birinci sırada yer alırken, nohut (12.650.078 ha) ikinci, bezelye (7.625.705 ha) ise üçüncü sırada yer almaktadır. Üretim bakımından ise en fazla tercih edilen baklagil bitkisi fasulye (27 milyon ton) olurken, ikinci sırada bezelye (14 milyon ton), üçüncü sırada ise nohut (12 milyon ton) gelmektedir. En fazla bezelye üretimi yapan Kanada, Çin, Rusya, Hindistan, Amerika Birleşik Devletleri (ABD) ve Fransa'dır (FAO, 2018). Ülkemiz kuru bezelye üretimi 2.987 ton olup, bu üretimin büyük çoğunluğu İzmir, Konya ve Bursa illerinde gerçekleştirilmektedir. Taze bezelye üretimi ise 112.643 ton olup, Bursa taze bezelye üretiminde 38.000 ton ile ilk sırada yer alır. Afyon, Hatay, İzmir ve Balıkesir önemli taze bezelye üreticisi illerdir (TÜİK, 2017).

İnsan ve hayvan beslenmesinde bitkilerin önemli bir yere sahip olması, insanların bitki gelişimine olan ilgilerinin her zaman sürmesine neden olmuştur. Bitki gelişimi için kuşkusuz akla ilk gelen faktörlerden biri gübrelemedir. Gübre kullanımıyla tarımdaki verimlilik hızlı bir şekilde artmış olup ülkelerin talebinden fazla ürün elde etmesinde anahtar faktör olarak ortaya çıkmaktadır. Günümüzde çoğu ülkede kimyasal gübre kullanılmakla beraber bu alandaki bilinçsizlik ve buna bağlı gübreleri etkin kullanamama, tarımsal verime de olumsuz yansımaktadır. Ülkemiz kimyasal gübre kullanımı başlangıçta verimlilikte etkisini göstermesine rağmen, bazı toplumsal özelliklerinde etkisiyle gübre kullanımına bağlı verimlilikte, çoğu gelişmiş ülkenin ciddi anlamda gerisinde kalmaktadır (Karaman ve Turan, 2012).

Bitkisel üretimin artırılması için tarım topraklarının aşırı derecede sömürülmesi gelecek nesillerin topraklarımızdan faydalanmasını kısıtlamaktadır. Sadece kimyasal gübrelerle verimden maksimum kar amacı gütmek doğru değildir. Organik ve inorganik gübrelerin kullanımı toprak verimliliğini artırırken, verimlilikteki bu artışın ürün miktarına yansımaları her zaman daha yavaş olabilmektedir (Steinsham ve ark., 2004). Bitkisel üretimde gübre kullanımı ile verim artışı beklentisi bir ön yargı olup, beklenen verim artışının sadece gübre uygulamasına bağlanması her zaman mümkün olamamaktadır. Bunu etkileyen çeşitli ekonomik ve kültürel faktörler de çoğu zaman ortaya çıkmaktadır (Karaman ve Turan, 2012). Bununla beraber gerek toprağın yapısını iyileştirecek gerekse bitkisel özellikleri olumlu şekilde etkileyecek uygulamalar yapmak mümkündür. Bu anlamda bu tek yıllık çalışmada organik ve inorganik gübre uygulamalarının bezelyenin bitkisel özelliklerine etkileri incelenmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu araştırma 2019 yılı Şubat - Mayıs ayları arasında Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri serasında yürütülmüştür. Araştırmada, Osmaniye'de üretici tarlalarında taze ve kuru olarak üretilen bir yerel bezelye ekotipi, organik, inorganik ve biyo gübre materyalleri kullanılmıştır. İnorganik gübre olarak diamonyum fosfat (DAP; %18 N, %46 P₂O₅), organik gübre olarak Nutri-umix 660, Fosil (Fosil) ve biyo gübre olarak *Rhizobium leguminosorum* kullanılmıştır. Baklagil bakterisi *Rhizobium leguminosorum* Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü'nden temin edilmiştir. Nutri-umix 660 gübresi; %45 organik madde, %20 organik karbon, %6 organik azot, %3.5 serbest amino asit içermekte ve pH'sı 6-8 arasındadır. Fosil gübresi; %70 organik madde, %65 humik + fulvik asit, %0.1 suda çözünür potasyum ve %20 nem kapsamakta olup, pH'sı 3.5-5.5 düzeyindedir.

Azot DAP gübresi ile dekara 4.0 kg (aynı zamanda 8.5 kg P₂O₅/da) ve Bakteri uygulaması ise 10 g/kg tohum dozunda tohuma uygulanmıştır. Nutri-Umix 660 bir sıvı gübre olup doz tavsiyesine (25 kg/ha) göre tohuma direk bulaştırılmıştır. Fosil gübre toz formda olup %10'luk şekerli su çözeltisi ile tohuma bulaştırılarak uygulanmıştır (15 kg/ha). Deneme, Tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre üç tekrarlamalı olarak yürütülmüştür.

Denemede 30 cm çapında, 6 litrelik saksı kullanılmıştır. Toprak özellikleri; pH 7.65 (hafif alkalin), kireç %11.71 (orta), organik madde %0.7 (çok az), NO₃-N 6.23 mg/kg (az), P 13 mg/kg (orta), Ca 8.85 ppm (yüksek) ve Fe 7.71 ppm (yüksek) olup tohum ekimi 11 Şubat 2019 tarihinde yapılmıştır. Saksıya 5 tohum ekilmiş, çıkıştan 14 gün sonra 3 bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Gübreler ekimle beraber tabana uygulanmıştır. Bitkilerin hasadı ekimden 43 gün sonra çiçeklenme öncesi, 64 gün sonra tam çiçeklenme ve 86 gün sonra çiçeklenme sonrasında olmak üzere üç farklı dönemde yapılmıştır. Bitkiler hasat edildikten sonra köklerden toprağı temizlemek amacıyla yıkanıp yumuşak kurutma kağıdı ile yüzeydeki nemi alınmıştır. Kuru

ağırlık ölçümleri için bitkiler sabit ağırlığa ulaşınca kadar 70 °C'de kurutulmuştur. Yaprak alan ölçümünde Winfolia2003 yazılımı kullanılmıştır.

Spesifik yaprak alanı (cm²/g), Oransal kök ağırlığı (g/g), Oransal sap ağırlığı (g/g) ve Oransal yaprak ağırlığı (g/g) bitki kuru değerleri ile uygulamalar ve farklı gelişim dönemleri için Excel programında hesaplanarak oluşturulmuştur. Spesifik yaprak alanı (cm²/g) = Toplam yaprak alanı/Toplam yaprak kuru ağırlığı, Oransal kök ağırlığı (g/g) = Toplam kök kuru ağırlığı/Toplam bitki kuru ağırlığı, Oransal sap ağırlığı (g/g) = Toplam sap kuru ağırlığı/Toplam bitki kuru ağırlığı, Oransal yaprak ağırlığı (g/g) = Toplam yaprak kuru ağırlığı/Toplam bitki kuru ağırlığı eşitlikleriyle belirlenmiştir (Uzun, 1996).

Verilerin istatistiksel analizi MSTAT paket programında yapılmış ortalamalar arasındaki farklılıklar için LSD testi (0.05) kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sera saksı koşullarında gerçekleştirilen organik, inorganik ve biyo gübre uygulamalarının çiçeklenme öncesi, tam çiçeklenme ve çiçeklenme sonrası dönemlerde bezelyenin bitkisel özellikleri üzerine etkisinin incelendiği söz konusu araştırmanın sonuçları Çizelge 1 ve Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Organik ve inorganik gübre uygulamalarının bezelyenin bitkisel özelliklerine etkileri

	Bitki Yaş ağırlığı (g)	Sap + Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Bitki Boy (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	Sap Kuru Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
Çiçeklenme Öncesi Dönem							
Kontrol	8.6	4.6	4.3	26.6	38.7 a	0.27	0.24
Azot	9.0	5.6	3.3	32.0	32.7 b	0.37	0.22
Nutri-umix 660	8.3	5.3	3.3	34.0	32.0 b	0.39	0.23
Fosil	10.6	6.3	3.6	32.0	29.7 b	0.41	0.24
Bakteri	8.6	5.0	3.3	31.0	40.7 a	0.40	0.21
Ortalama	9.0	5.3	3.5	31.1	34.7	0.36	0.22
LSD	Öd	Öd	Öd	öd	5.09	-	-
Çiçeklenme Dönemi							
Kontrol	20.5 a	15.6 a	4.6 a	59.3 bc	22.7 b	2.69 a	0.29 b
Azot	19.5 ab	14.5 a	3.9 ab	71.6 a	25.0 b	1.63 b	0.28 b
Nutri-umix 660	13.6 c	11.3 b	2.4 c	66.3 ab	22.0 b	1.21 c	0.36 ab
Fosil	16.3 abc	13.1ab	3.4 b	59.6 bc	32.0 a	1.30 bc	0.21 b
Bakteri	15.4 bc	11.7 b	3.2 b	56.6 c	24.7 b	0.93 c	0.60 a
Ortalama	17.0	13.2	3.5	62.6	25.3	1.55	0.34
LSD	4.50	2.58	0.81	8.69	6.65	0.4	0.26
Çiçeklenme Sonrası Dönem							
Kontrol	26.4 c	19.3 bc	10.1 cd	56.6 b	27.7 cd	1.64 bc	0.75 bc
Azot	26.4 c	28.7 a	17.5 b	68.6 a	25.3 d	2.58 ab	1.14 abc
Nutri-umix 660	44.3 a	27.2 a	21.0 a	70.3 a	31.0 ab	3.45 a	1.37 ab
Fosil	42.9 a	22.3 b	12.3 c	63.3 ab	33.7 a	1.39 c	0.67 c
Bakteri	34.7 b	17.4 c	9.6 d	69.7 a	28.7 bc	1.80 bc	1.42 a
Ortalama	34.9	22.9	14.1	65.7	29.3	2.17	1.06
LSD	4.26	3.90	2.20	8.27	3.01	1.15	0.12
Üç dönemin ortalamaları	Bitki Yaş ağırlığı (g)	Sap + Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Bitki Boy (cm)	Kök Uzunluğu (cm)	Sap Kuru Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
Kontrol	18.5	13.2	6.3	47.5	29.7	1.53	0.43
Azot	18.3	16.3	8.2	57.4	27.7	1.53	0.55
Nutri-umix 660	22.1	14.6	8.9	56.9	28.3	1.68	0.65
Fosil	23.3	13.9	6.4	51.6	31.8	1.03	0.37
Bakteri	19.6	11.4	5.4	52.4	31.4	1.04	0.74

* Öd: Uygulamaların etkisi özellikler üzerine önemli değildir.

Bitki başına yaş ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Bitki başına yaş ağırlık değerleri, çiçeklenme döneminde en yüksek 20.5 g ile Kontrol, en düşük 13.6 g ile Nutri-umix 660, çiçeklenme sonrası dönemde en yüksek 44.3 g ile Nutri-umix 660, en düşük 26.4 g ile Kontrol ve Azot uygulamalarından elde edilmiştir. Yaptığımız araştırmadan farklı olarak Kağan (2012), bitki yaş ağırlığını 62.92 g ile Bakteri uygulamasından elde ettiğini belirtmiştir.

Çizelge 2. Organik ve inorganik gübre uygulamalarının bezelyenin bitkisel özelliklerine etkileri

	Nodül Sayısı (adet)	Nodül Yaş Ağırlığı (g)	Nodül Kuru Ağırlığı (g)	Yaprakçık Sayısı (adet)	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)	Yaprak alanı (cm ²)
Çiçeklenme Öncesi Dönem							
Kontrol	102.0 c	0.17 b	0.03	14.3 b	2.0	0.27	164.7 b
Azot	157.0 a	0.15 b	0.03	20.7 a	2.3	0.37	179.0 b
Nutri-umix 660	107.0 c	0.15 b	0.02	22.3 a	2.0	0.34	160.3 b
Fosil	137.7ab	0.24 a	0.03	22.7 a	2.6	0.37	207.6 a
Bakteri	132.0 b	0.14 b	0.03	20.3 a	2.0	0.32	160.4 b
Ortalama	127.1	0.16	0.02	20.1	2.1	0.33	174.4
LSD	20.3	0.06	Öd	3.6	Öd	Öd	24.3
Çiçeklenme Dönemi							
Kontrol	191.3 a	0.35 a	0.05 a	41.0 b	6.6 a	0.95 ab	445.6 a
Azot	112.3 c	0.24 b	0.03 a	49.3 a	6.7 a	0.65 c	381.3 b
Nutri-umix 660	109.3 c	0.14 c	0.02 b	40.0 bc	4.5 b	0.70 c	321.5 c
Fosil	124.7bc	0.23 b	0.03 a	37.7 c	4.8 b	0.99 a	338.4 c
Bakteri	141.3 b	0.23 bc	0.03 a	38.7 bc	4.6 b	0.80 bc	308.4 c
Ortalama	135.7	0.23	0.03	41.3	5.4	0.81	359.0
LSD	21.2	0.08	0.18	3.33	1.64	0.18	32.5
Çiçeklenme Sonrası Dönem							
Kontrol	80.6 c	0.35 b	0.05	32.0 c	5.4 c	1.04	376.8 c
Azot	107.3 b	0.35 b	0.05	40.7 b	7.7 b	1.51	570.7 b
Nutri-umix 660	180.0 a	0.54 a	0.08	52.3 a	10.1 a	1.40	657.1 a
Fosil	107.0 b	0.36 b	1.60	36.7 b	5.3 c	1.46	386.8 c
Bakteri	76.7 c	0.14 c	0.05	39.0 b	3.4 d	0.98	261.1 d
Ortalama	110.3	0.34	0.36	40.1	6.4	1.27	450.5
LSD	16.2	0.13	Öd	4.01	1.35	Öd	55.37
Üç dönemin ortalamaları	Nodül Sayısı (adet)	Nodül Yaş Ağırlığı (g)	Nodül Kuru Ağırlığı (g)	Yaprakçık Sayısı (adet)	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)	Yaprak alanı (cm²)
Kontrol	124,6	0,29	0,043	29,1	4,7	0,75	329,0
Azot	125,5	0,25	0,037	36,9	5,6	0,84	377,0
Nutri-umix 660	132,1	0,28	0,040	38,2	5,5	0,81	379,6
Fosil	123,1	0,28	0,553	32,4	4,2	0,94	310,9
Bakteri	116,7	0,17	0,037	32,7	3,3	0,70	243,3

* Öd: Uygulamaların etkisi özellikler üzerine önemli değildir.

Uygulamaların bitkide sap + yaprak yaş ağırlığı üzerine etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Sap + yaprak yaş ağırlığı değerleri; çiçeklenme döneminde en yüksek 15.6 g ile Kontrol'den, en düşük 11.3 g ile Nutri-umix 660 uygulamasından, çiçeklenme sonrası dönemde en yüksek 28.7 g ile Azot uygulamasından en düşük ise 17.4 g ile Bakteri uygulamasından elde edilmiştir.

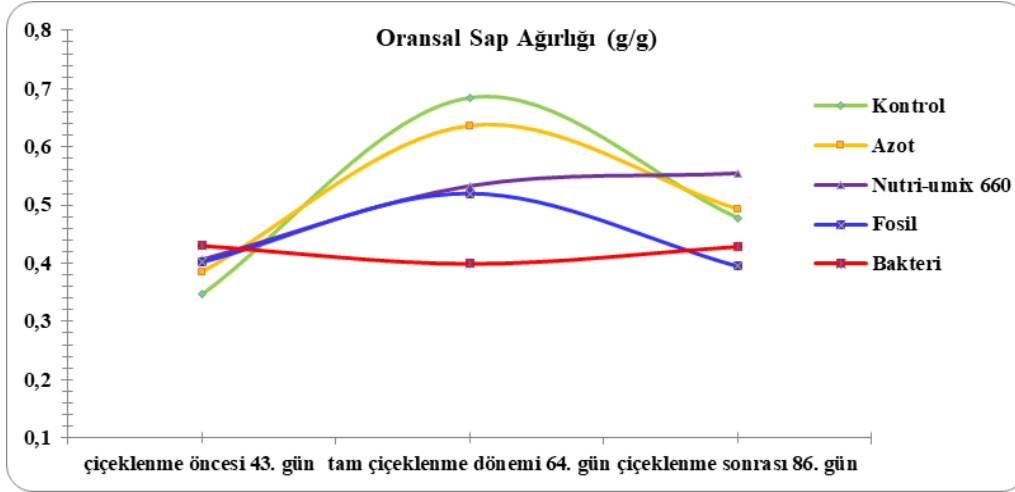
Bitki başına kök yaş ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Kök yaş ağırlığı değerleri; çiçeklenme döneminde en yüksek değer 4.6 g ile Kontrol'den, en düşük değer ise 2.4 g ile Nutri-umix 660 uygulamasından, çiçeklenme sonrası dönemde en yüksek değer 21.0 g ile Nutri-umix 660, en düşük değer ise 9.6 g ile Bakteri uygulamasından elde edilmiştir.

Bitki boyu üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Bitki boyu değerleri; çiçeklenme döneminde en yüksek 71.6 cm ile Azot, en düşük 56.6 cm Bakteri, çiçeklenme sonrası dönemde 70.3 cm ile Nutri-umix 660, en düşük 56.6 cm ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Yapılan

çalışmalarda Bakteri ve Potasyum Humat uygulamaları (Şen 2018) ile Bakteri ve Bakteri+Azot uygulamalarının Şahin (2018) bitki boyunu arttırdığı tespit edilmiştir.

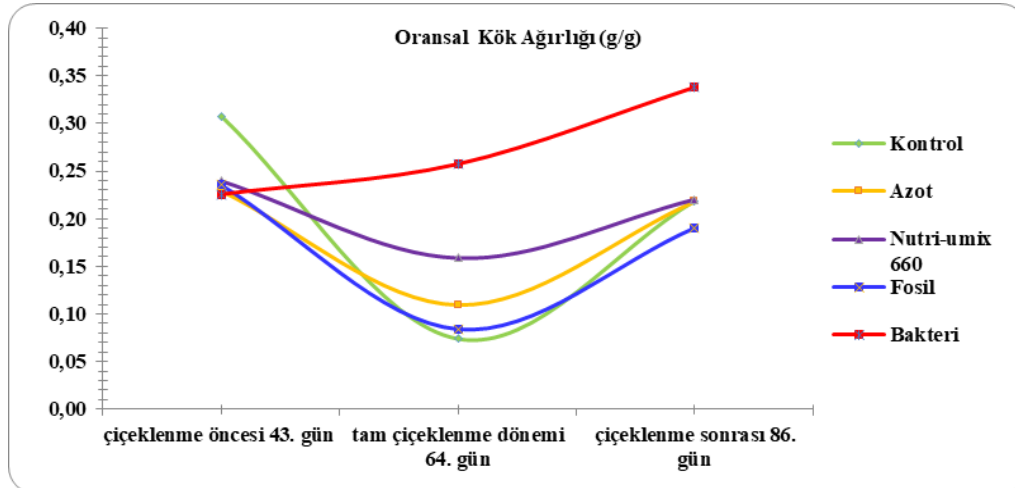
Kök uzunluğu üzerine uygulamaların etkisi üç dönemde de önemli bulunmuştur. Kök uzunluğu değerleri; çiçeklenme öncesi dönemde en yüksek 40.7 cm ile Bakteri, en düşük 29.7 cm ile Fosil, çiçeklenme döneminde en yüksek 32.0 cm ile Fosil uygulamasından en düşük 22.0 cm ile Nutri-umix 660 uygulamasından elde edilmiştir. Çiçeklenme sonrası dönemde en yüksek değer 33.7 cm ile Fosil uygulamasından en düşük değer ise 25.3 cm ile Azot uygulamasından elde edilmiştir.

Bitki başına sap kuru ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Değerler; çiçeklenme döneminde 0.93 g (Bakteri) ile 2.69 g (Kontrol), çiçeklenme sonrası dönemde 1.39 g (Fosil) ile 3.45 g (Nutri-umix 660) arasında değişmiştir. Bakteri uygulaması hariç diğer tüm uygulamalar tam çiçeklenme dönemine kadar Oransal sap ağırlığını artırmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Uygulamaların farklı gelişim dönemlerinde oransal sap ağırlığına etkileri

Bitki başına kök kuru ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Kuru kök ağırlığı değerleri; çiçeklenme döneminde 0.21 g (Fosil) ile 0.60 g (Bakteri), çiçeklenme sonrası 0.67 g (Fosil) ile 1.42 g (Bakteri) arasında değişmiştir. Oransal kök ağırlığı incelendiğinde çiçeklenme öncesi dönem ile çiçeklenme dönemi arasında geçen 21 günlük periyotta sadece Bakteri uygulamasının Oransal kök ağırlığını arttırdığı bulunmuştur (Şekil 2).



Şekil 2. Uygulamaların farklı gelişim dönemlerinde oransal kök ağırlığına etkileri

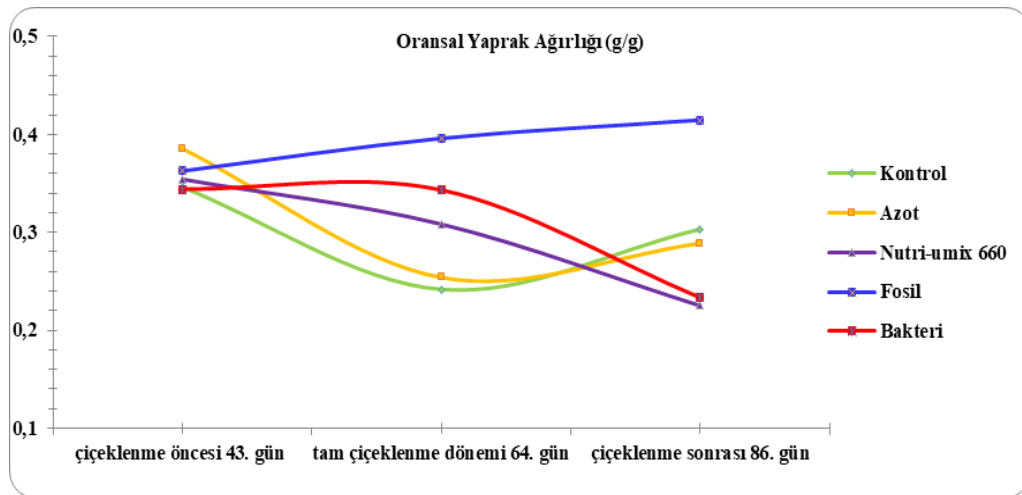
Nodül sayısı üzerine uygulamaların etkisi her üç dönemde de önemli bulunmuştur. Çiçeklenme öncesi dönemde 102.0 adet (Kontrol) ile 157.0 adet (Azot), çiçeklenme döneminde 109.3 adet (Nutri-umix 660) ile 191.3 adet (Kontrol), çiçeklenme sonrası dönemde 76.7 adet (Bakteri) ile 180.0 adet (Nutri-umix 660) arasında değişmiştir. Yaptığımız çalışmada Bakteri uygulamasının nodül oluşturma üzerinde negatif etkisi görülürken Özturan Akman (2017), Bakteri aşılmasının nodül sayısını artırdığını rapor etmiştir. Aynı

baklagil türü içerisinde yer alan farklı genotip ve çeşitlerin aşılama tepkisi farklı olabilmektedir (Graham, 1981). Nitekim, azot fiksasyon kapasitesi açısından fasulye çeşitleri arasında genetik varyasyonun bulunduğu bildirilmiştir (Redden ve ark., 1990). Benzer şekilde baklada yapılan bir çalışmada, Bakteri aşılamanın tek başına nodulasyonu arttırmadığı ancak ekimle birlikte Bakteri + 20 kg /ha Azot uygulamasının nodul sayısını arttırdığı araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Mohamed ve Babiker, 2012).

Bitki başına nodül yaş ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi her üç dönemde de önemli bulunmuştur. Çiçeklenme öncesi dönemde değerler; 0.14 g (Bakteri) ile 0.24 g (Fosil), çiçeklenme döneminde 0.14 g (Nutri-umix 660) ile 0.35 g (Kontrol), çiçeklenme sonrası dönemde 0.14 g (Bakteri) ile 0.54 g (Nutri-umix 660) arasında değişmiştir. Yaptığımız çalışmadan farklı olarak Akkurt (2010), Bakteri uygulamasının nodül ağırlığını arttırdığını savunmuştur. Ayrıca, bazı araştırmacılar üreme büyümesi sırasında azot fiksasyonunda önemli bir düşüş olduğunu bildirmiş olsalar da (Zinkiewicz ve ark., 1992) bizim yaptığımız çalışmada en yüksek nodül taze ağırlığı çiçeklenme sonrası bakla bağlama dönemindeydi.

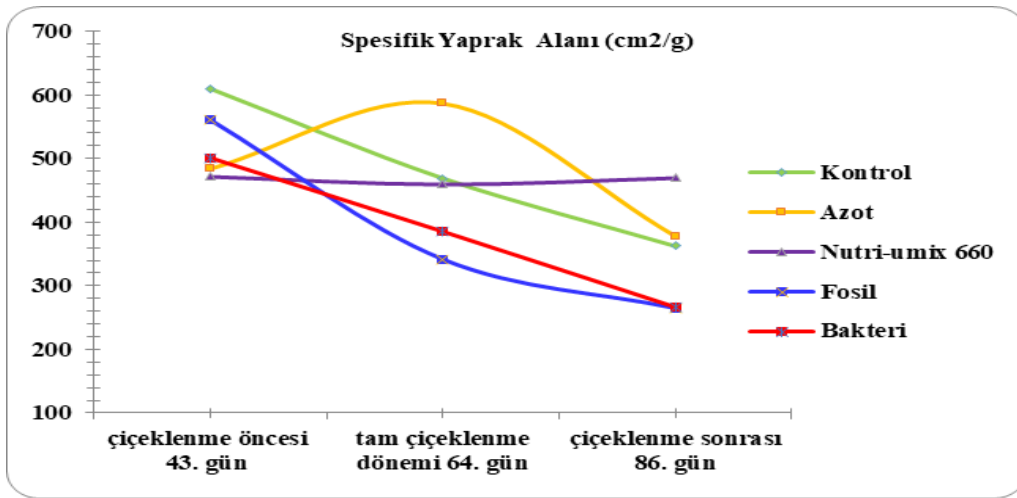
Nodül kuru ağırlığı bakımından çiçeklenme döneminde uygulamalar arasındaki fark önemli olup en yüksek değer 0.05 g ile Kontrol uygulamasından, en düşük değer 0.02 g ile Nutri-umix 660 uygulamasından elde edilmiştir. Özturan Akman (2017) Bakteri, Azot ve Fosfor uygulamalarının bir başka baklagil bitkisi olan fasulyede kuru madde oranı üzerine herhangi bir etkiye sahip olmadığını bildirmiştir.

Yaprakçık sayısı üzerine uygulamaların etkisi üç dönemde de önemli bulunmuştur. Yaprakçık sayısı değerleri; çiçeklenme öncesi dönemde en yüksek 22.7 adet ile Fosil uygulamasından, en düşük 14.3 adet ile Kontrol'den, çiçeklenme döneminde en yüksek 49.3 adet ile Azot, en düşük 37.7 adet ile Fosil uygulamasından elde edilmiştir. Çiçeklenme sonrası dönemde yaprakçık sayısı en yüksek 52.3 adet Nutri-umix 660 uygulamasından, en düşük ise 32.0 adet ile Kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Fekadu ve ark. (2018), yaptığımız çalışmaya benzer olarak organik ve inorganik gübre uygulamalarının, asidik topraklarda yaprak sayısını, bakla ağırlığını ve bitki boyunu önemli ölçüde arttırdığını bildirmişlerdir. Benzer şekilde Akkurt (2010), Bakteri uygulamasının yaprakçık sayısını arttırdığını bildirmiştir. Uygulamaların Kontrol grubuna göre yaprak değerlerini arttırdığı belirlenmiştir. Nitekim son zamanlarda tarımsal üretimde yaprak canlılığını arttırmak amacıyla organik azot içeren gübreler uygulandığı bildirilmektedir. Yaprak canlılığı ve yaprakta stres azaltıcı olarak çiçeklenme döneminde uygulamaların yapılmasının daha etkin olduğu araştırmacılar tarafından bildirilmektedir (Kamman ve ark., 2011). Yaprak yaş ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi iki dönemde de önemli bulunmuştur. Yaprak yaş ağırlığı değerleri; çiçeklenme döneminde en yüksek 6.7 g ile Azot, en düşük 4.5 g ile Nutri-umix 660 uygulamasından, çiçeklenme sonrası dönemde en yüksek 10.1 g ile Nutri-umix 660, en düşük 3.4 g ile Bakteri uygulamasından elde edilmiştir. Yaprak kuru ağırlığı bakımından çiçeklenme döneminde uygulamalar arasındaki fark önemli olup en yüksek değer 0.99 g ile Fosil uygulamasından, en düşük değer ise 0.65 g ile Azot uygulamasından elde edilmiştir. Uygulamaların Oransal yaprak ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde; Fosil gübresinin tüm dönemlerde sürekli artış, Bakteri ve Nutri-umix 660 gübrelerinin tam çiçeklenme döneminden sonra azalış, Azot ve Kontrol uygulamalarının ise tam çiçeklenme dönemine kadar azalış, sonraki dönemde ise tekrar artış gösterdiği belirlenmiştir (Şekil 3). Öner ve Sezer (2007) Oransal yaprak ağırlığının bitkinin normal gelişme özelliklerini koruma yeteneğinin bir yansıması olarak ifade edilebileceğini bildirmişlerdir.



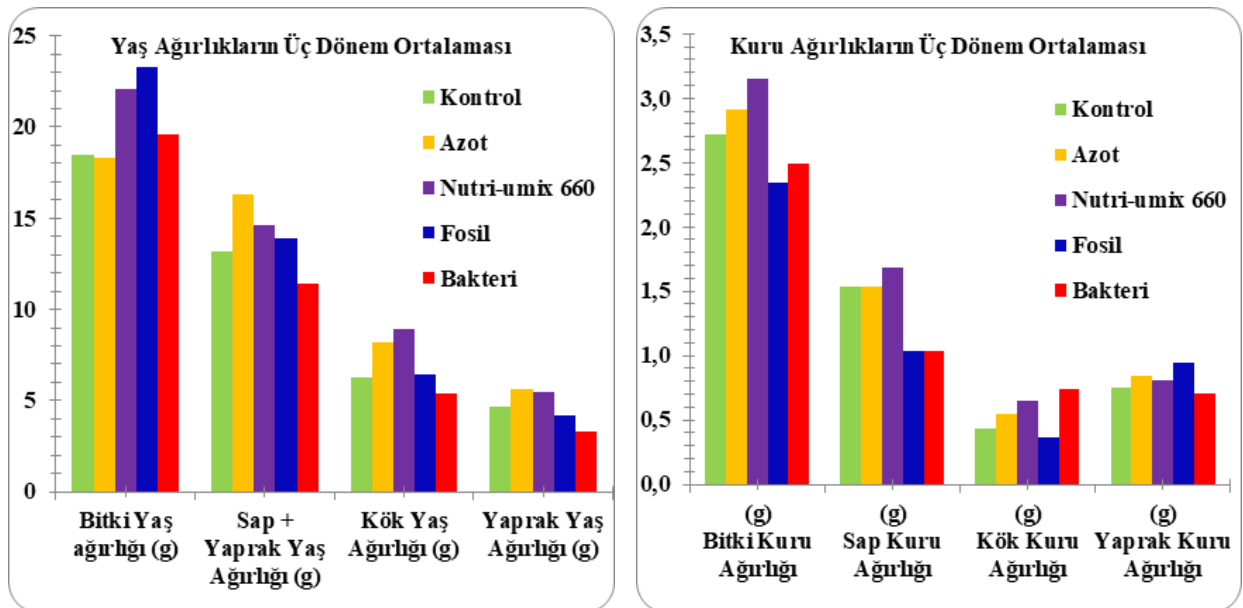
Şekil 3. Uygulamaların farklı gelişim dönemlerinde oransal yaprak ağırlığına etkileri

Yaprak alanı üzerine uygulamaların etkisi üç dönemde önemli bulunmuştur. Değerler; çiçeklenme öncesi dönemde 160.3 cm²/g (Nutri-umix 660) ile 207.6 cm²/g (Fosil), çiçeklenme döneminde 308.4 cm²/g (Bakteri) ile 445.6 cm²/g (Kontrol) ve çiçeklenme sonrası dönemde 261.1 cm²/g (Bakteri) ile 657.1 cm²/g (Nutri-umix 660) arasında değişmiştir. Yaprak alanı bitki büyümesi ve gelişmesi için terleme ve fotosentezi etkileyen önemli bir faktördür. Bitki üzerine yapılan uygulamalardan sürekli olarak etkilenmektedir. Uygulamaların yaprak alanında yaptığı değişiklikler bitkinin tüm gelişimi ve son verime de yansımaktadır (Rao ve ark., 2002). Spesifik yaprak alanı üzerine uygulamaların etkisi incelendiğinde Azot uygulaması hariç diğer tüm uygulamaların başlangıç döneminden itibaren belli oranlarda azalış gösterdiği, Azot uygulamasında ise tam çiçeklenme dönemine kadar artış daha sonra azalış gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4). Koç ve Barutçular (2000), buğdayda yaptıkları çalışmada, aşırı yaprak büyümesinden dolayı yeterince tane oluşmadığını, belirli bir seviyeden sonraki artan yaprak alanından etkin yararlanılmadığını bildirmişlerdir. Buna bağlı olarak bitkinin bakla oluşturma döneminde Spesifik yaprak alanındaki azalışın ürün verimi açısından önemli olduğu değerlendirilmiştir.

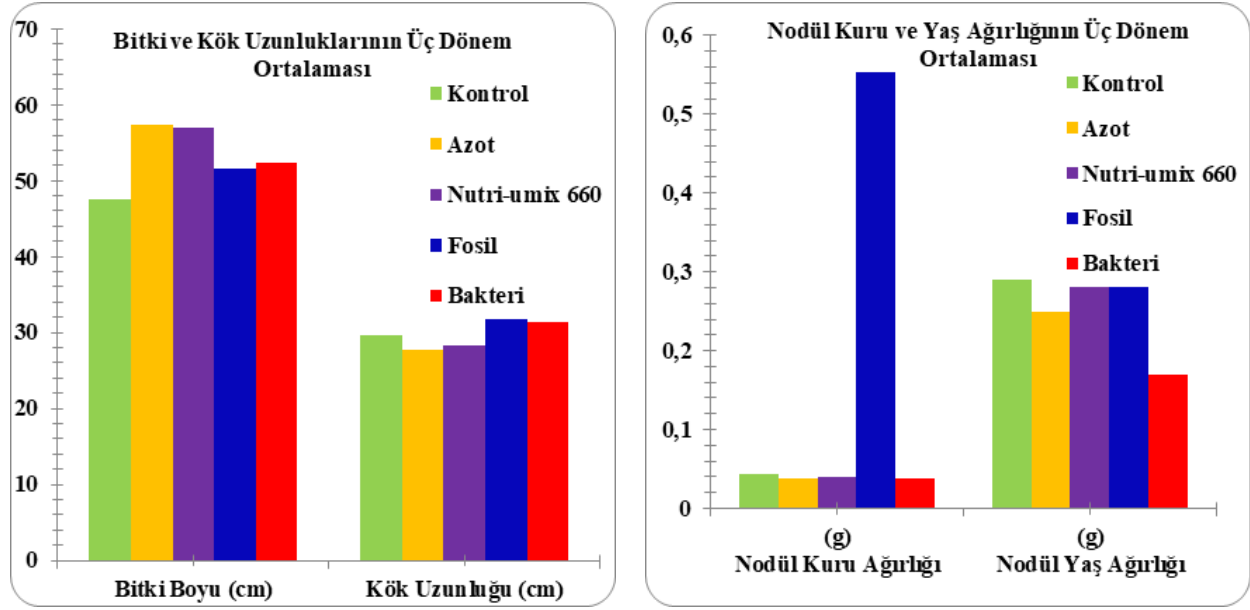


Şekil 4. Uygulamaların farklı gelişim dönemlerinde spesifik yaprak alanına etkileri

Üç dönemin ortalamalarına bakıldığında, incelenen bitkisel özelliklerden sap+yaprak yaş ve kuru, kök ve yaprak yaş ağırlığı, bitki boyu, nodül ve yaprakçık sayısı ve yaprak alanı üzerine Nutri-umix 660; bitki yaş ağırlığı, kök uzunluğu, nodül kuru ve yaş ağırlığı ile yaprak kuru ağırlığı üzerine Fosil; kök kuru ağırlığı üzerine Bakteri uygulamasının pozitif yönde katkısının olduğu bulunmuştur (Şekil 5 ve 6).



Şekil 5. Uygulamaların yaş ve kuru ağırlık üzerine üç dönem birleşik analiz etkileri



Şekil 6. Uygulamaların bitki boyu, kök uzunluğu, nodül kuru ve yaş ağırlığı özelliklerine üç dönem birleşik etkileri

Sonuç

Bezelyeye uygulanan organik ve inorganik gübrelerin, çiçeklenme öncesi dönemde bezelyenin bitkisel özelliklerine en fazla Fosil uygulamasının etkili olduğu sonucuna varılmıştır. Çiçeklenme döneminde tüm bitki ağırlığı, sap + yaprak ağırlığı, kök ağırlığı, yaprak ağırlığı, nodül sayısı, nodül ağırlığı, kuru sap ağırlığı, kuru nodül ağırlığı ve yaprak alanına uygulamalar önemli etkide bulunurken; bitki boyu ve yaprakçık sayısına Azot, kök boyu ve kuru yaprak ağırlığına Fosil ve kuru kök ağırlığına ise Bakteri uygulamasının en fazla etkide bulunduğu görülmüştür. Çiçeklenme sonrası dönemde sap + yaprak ve kuru yaprak ağırlığına Azot, kök boyu ve kuru nodül ağırlığına Fosil, kuru kök ağırlığına Bakteri ve tüm ağırlık, kök ağırlığı, bitki boyu, yaprakçık sayısı, yaprak ağırlığı, nodül sayısı, nodül ağırlığı, kuru sap ağırlığı ve yaprak alanına Nutri- umix 660 uygulaması en fazla etkide bulunmuştur. Baklagillerin çiçeklenme öncesi dönemde yeşil aksam geliştirmesi çiçeklenme başlangıcından itibaren çiçek oluşturup bunu besin elementi olarak depolaması arzu edilmektedir. Bu bakımdan çalışmamızda kullandığımız organik gübrelerin erken gelişim döneminde yeşil aksam oluşturup sonraki dönemlerde ise yeşil aksam oluşturmayı kısıtlayarak depo maddesi oluşturması yönünden önemli olduğu görülmüştür. Sonuç olarak sera koşullarında organik ve biyo gübrelerden nispeten olumlu sonuçlar alınmıştır. Bu uygulamaların tarla koşullarında farklı kombinasyonlarının araştırılarak toprak ve bitki yapısı ile tane verimine etkisinin incelenmesi önerilmektedir.

Kaynaklar

- Akkurt M, 2010. Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinde bakteri aşılmasının azot fiksasyonuna ve bitkinin kök ve toprak üstü organlarına etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- FAO, 2018. <http://www.fao.org/faostat/en/data/QC>. (Alıntı tarihi: 30. 09. 2019).
- Fekadu E, Kibret K, Melese A, Bedadi B, 2018. Yield of faba bean (*Vicia faba* L.) as affected by lime, mineral P, farmyard manure, compost and Rhizobium in acid soil of Lay Gayint District, North Western high lands of Ethiopia. *Agriculture & Food Security*, 7(1), 16.
- Göre E, 2003. Bezelyede *Ascochyta* hastalıklarıyla biyolojik mücadelede fluorescent *Pseudomonas*'ların etkisinin saptanması üzerinde araştırmalar. Doktora Tezi, Ege Üniv., Fen Bil. Enst., İzmir.
- Graham P.H, 1981. Some problems of nodulation and symbiotic nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. A review. *Field Crops Res.* 4: 93-112.
- Kağan S, 2012. Bakteri aşılama ve azot uygulamasının nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkisi. Yüksek lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniv., Fen Bil. Enst., Eskişehir.
- Kamman C.I, Linsel S, Gossling J.W, Koyro H.W, 2011. Influence of biochar on drought tolerance of chenopodium quinoa wild and on soil-plant relations. *Plant and Soil*, 195-210.
- Karaman, M.R., Turan, M., 2012. Bitki beslemede sürdürülebilir yönetim stratejisi ve gübre etkinlik parametreleri. *Toprak Su Dergisi* 1(1): 15-21, Ankara.
- Koç M, Barutçular C, 2000. Buğdayda çiçeklenme dönemindeki yaprak alan indeksi ile verim arasındaki ilişkinin Çukurova koşullarındaki durumu. *Turk J. Agric. For.* 24: 585-593.

- Mohamed S. S. E, Babiker H. M, 2012. Effects of Rhizobium inoculation and urea fertilization on faba bean (*Vicia faba* L.) production in a semi-desert zone. *Advances in Environmental Biology*, 824-831.
- Öner F, Sezer İ, 2007. Işık ve Sıcaklığın Mısırdaki (*Zea mays* L.) Büyüme Parametreleri Üzerine Kantitatif Etkileri. *Journal of Tekirdag Univ., Agricultural Faculty*, 4(1): 55-64.
- Özturan Akman Y, 2017. Rhizobium ve Mikoriza uygulamalarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.)'nin tane verimi ve bazı tarımsal karakterleri üzerine etkileri. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bil. Enst. Samsun.
- Rao M. S. S, Bhagsari A. S, Mohammed A. I, 2002. Fresh green seed yield and seed nutritional traits of vegetable soybean genotypes. *Crop Science*. 42: 1950-1958.
- Redden R. J, Diatloff A, Usher T, 1990. Field screening accessions of *Phaseolus vulgaris* for capacity to nodulate over a range of environments. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 30(2), 265-270.
- Steinshamn H, Thuen E, Bleken M.A, Brenoe U.T, Ekerholt G, Yri C, 2004. Utilization of nitrogen and phosphorus in an organic dairy farming system in Norway. *Agric Ecosys Environ*. 104:509-522.
- Şahin A, 2018. Bazı kuru fasulye çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) bakteri aşılama ve azot dozlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Dicle Üniv. Fen Bil. Enst. Diyarbakır.
- Şehirli S, 1988. Yemelik Dane Baklagiller. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yay. No: 108, Ders Kitabı: 314, Ankara. 435 s.
- Şen M. F, 2018. Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) potasyum humat uygulaması ve bakteri aşılmasının verim ve verim öğeleri üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniv. Fen Bil. Enst., Van.
- TUİK, 2017. <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/kn=92&locale=tr>. (Alıntı tarihi: 30.09.2019).
- Uzun S, 1996. The quantitative effects of temperature and light environment on the growth, Development and yield of tomato and aubergine (Unpublished Phd Thesis). The Univ. of Reading, England.
- Zinkiewicz E, Ruszkowska M, Wojcieszka U, Wolska E, Giza A, 1992. Growth and symbiotic nitrogen fixation in two biotypes of lucerne (*Medicago media* Pers.). *Pap. Pul*, 100, 121-133.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



İnönü Üniversitesi (Malatya-Türkiye) yerleşkesinde bulunan bitkilerin kurakçıl peyzaj ilkeleri açısından irdelenmesi

Sima Pouya ^{1,*}, Eyüp Burak Selçuk ¹, Elif Bayramoğlu ²

¹ İnönü Üniversitesi, Güzel Sanatlar ve Tasarım Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Malatya

² Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Trabzon

Özet

Küresel ısınmanın yarattığı olumsuz durum her geçen gün kendini hissettirmekte, çevreyi ve tüm canlı varlıklarını etkilemektedir. Yaşanan iklim değişiklikleri ile birlikte kurak dönemlerin ve sert geçen kış ayların uzaması, kent ekolojisi ile ilgili disiplinlerin bu konuda önlem almaya dönük çalışmalarını yoğunlaştırmış olmalarının önemli gerekçelerini oluşturmaktadır. Son yıllarda insan yapısı çevreler olan kentlerin insan doğasına aykırı yapılaşma ve gelişim süreçlerine karşı öne çıkan yeni çözüm arayışlarından biri de kentlerin ekolojik olarak yenilenmesini sağlayacak yeniden doğallaştırma süreçlerini ortaya koymaya yönelik adımları atmak ve kentlerin ekolojik yönden yaşanabilir-sağlıklı şehirlere evrilmesini sağlayacak ekolojik kent kriterlerinin uygulamasını hayata geçirecek yaklaşımları benimsemek olarak öne çıkmaktadır. İklim eylem planlarında da vurgulanan ilkelerden biri de kentlerde doğal yaşamı yeniden kurgulayacak uyum sürecini hızlandırmaya dönük adaptasyon çalışmalarını yapmaktır. Son yıllarda bu kapsamda kentleri yeniden doğallaştırma sürecinde ülkemizin farklı ekolojik bölgelerinde bulunan doğal bitki varlığının biyolojik restorasyon amaçlı çalışmalarda kullanımına dönük biye mühendislik çalışmalarının proaktif yaklaşımlar olarak kent planlamasının önemli bir boyutunu oluşturduğu görülmektedir. Yukarıda söylenenler ışığında bu çalışma, İnönü Üniversitesi kampüsünde bulunan açık/yeşil alanlardaki bitkilerin su tasarrufuna yönelik kurakçıl peyzaj açısından önemini ortaya koyarak iklim verilerinin analizler sonucunda kurakçıl peyzaj ilkeleri doğrultusunda su etkin/duyarlı peyzaj tasarımı için uygun bitki tür ve kullanımlarına dönük önerileri içermektedir. Çalışma, İnönü Üniversitesi yerleşkesinde bulunan kurakçıl bitkilerin, yerleşke içerisinde yapılması planlanan çevre düzenlemesi (planlama ve tasarım) çalışmalarında kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi hedefine dönük bir yaklaşım geliştirilmiştir. Bu hedef doğrultusunda yerleşke açık/yeşil alanlardaki mevcut kurakçıl bitki tür ve popülasyonlarına dönük envanter çalışmaları sonrasında elde edilecek veriler ışığında yapılacak analizler sonucunda saptanan bitki türlerinin “yeşil kampus” uygulamaları kapsamında su duyarlı tasarım ilkeleri kapsamında değerlendirilmesinin önemi ortaya konarak yerel ölçekte küresel ısınmanın olumsuz etkilerini bertaraf etmeye yönelik çözüm önerileri sunulacaktır.

Anahtar Kelimeler: Kurakçıl Peyzaj, Su etkin peyzaj tasarımı, Üniversite yerleşkeleri, Kserofit Bitkiler, İnönü Üniversitesi.

Investigation of available plants in İnönü university campus by xeriscape landscape principles and meteorological data

Abstract

The negative situation created by global warming by passing time reveals itself and affects the environment and the cities. The prolonged dry periods, the sudden climatic changes and the prolonged winter months made city planners take measures. In this context, the evaluation of the plants in the open green areas of İnönü University campus in terms of xeriscape landscaping and as a result of the analysis of climate data according to the xeriscape landscaping principles water contains plant recommendations for effective landscape design. In this study, an approach other than aesthetic concerns and evaluation of landscape plants in İnönü University campus in terms of xeriscape landscaping has been developed. Besides this anxiety in the planning and design approach to be made within the campus, the adoption of the xeriscape landscape approach is conveyed. The result involves the determination of plant species to be used in landscape designs as a result of data and analysis by adopting xeriscape landscape principles. It is aimed to reduce the negative effects of the identified and proposed species on the global agenda today.

Keywords: Xeriscape landscape, Water-efficient landscape design, Landscape planning.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 422 377 31 85

E-posta : sima.pouya@inonu.edu.tr

Geliş Tarihi : 21 Haziran 2020

Kabul Tarihi : 30 Kasım 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.755835

Giriş

Son yıllarda küresel ısınma ile ortaya çıkan kuraklık beraberinde küresel anlamda iklim değişiklerine sebep olmuştur. Hızlı kentleşmeye bağlı olarak ortaya çıkan aşırı tüketim, bilinçsiz düzeylere ulaşmış, bu durum da kuraklığı tetikleyen en önemli faktörlerden birisi olarak yer almaktadır (Bradley ve ark 2012). Olumsuz etkilerden zarar gören en önemli kaynak değeri ise su olarak belirtilmektedir. Su yetersizliği küresel bir sorun olarak karşımıza çıkmakta ve alternatif çözümler üretmek için küresel ölçekte çeşitli seçenekler sunulmaktadır. Peyzaj mimarlığı mesleği de son yıllarda yağmur suyu yönetim sistemleri/su tasarrufu ile etkin su kullanımı konusunda çalışmalara ağırlık vererek geri dönüşümü sağlanan suların kullanımı ile arazi şartlarına/iklime uygun bitki türleri seçimi üstüne yoğunlaşmış bulunmaktadır. Suyun etkin kullanımı konusunda benimsenen kurakçıl peyzaj (Xeriscape) yaklaşımı ile suya dayanıklı türlerin ve doğal bitki formasyonlarının kentlerin olumsuz çevresel koşullarını iyileştirmeye dönük olarak kullanımları ve yaygınlaştırılması günümüzde temel hedef olmuştur. Kurakçıl peyzaj kavramı küresel iklim değişikliği ile birlikte gündeme gelerek önleyici ve restoratif bir yaklaşımla kullanılmaya başlanmış ve yeni yaklaşımlar geliştirilmiştir (Çorbacı ve ark., 2011; Bayramoğlu, 2018). Bu anlamda kurakçıl peyzaj ilkeleri ve uygulaması suyun etkin kullanımına dayanan, aşırı su kullanımını önleyen, bitkisel çalışmalarda doğal bitki türlerinin tercih edildiği, çim yüzeylerinin olabildiğine azaltıldığı açık yeşil alan planlama ilkelerine dayanmaktadır (English ve Raja 1996; Atik ve Karagüzel 2007; Bayramoğlu 2013).

Kurakçıl Peyzaj (Xeriscape)

Xeriscape Yunanca kökenli kuru anlamına gelen 'xeros' ve 'landscape' anlamına gelen peyzaj sözcüklerin birleşiminden oluşmaktadır (Sovocool ve Morgan 2005). Kurakçıl peyzaj yaklaşımı alternatif bir bitki tasarımını ifade etmektedir. Bu yaklaşım ilk olarak 1981 yılında Denver Su Departmanı tarafından geliştirilmiştir. Planlama yaklaşımı 1980'li yıllarda kurak Güney eyaletlerinde, Kolorado ve Florida'da yaygın olarak kullanılmıştır (Barış 2007; Wade ve ark. 2009). Tasarım yaklaşımı ortaya çıktığında ilk olarak estetik kaygılar ve beğeni ön planda iken insanların değişen ihtiyaçları doğrultusunda bütün meslek disiplinleri gibi peyzaj mimarlığında da sürdürülebilir yaklaşımlar benimsenerek kavramlar süreç içerisinde değişmiştir. Doğal kaynakları en efektif kullanım alanı olarak kurakçıl peyzaj "Xeriscape" yaklaşımı, su kullanımının mutlak olduğu peyzaj tasarım alanlarında suyun etkin kullanımını sağlamaya dönük yöntem ve teknikleri barındırmaktadır. Bu doğrultuda "Su-Etkin Peyzaj Düzenlemesi" (Water Efficient Landscaping) genel başlığı altında "Suyun Akılcı Kullanımı" (Water-Wise, Water-Smart), "Az Su Kullanımı" (Low-Water) ve "Doğal Peyzaj Düzenleme" (Natural Landscaping) gibi farklı isimler ile aynı anlamları taşıyan yaklaşımlar geliştirilmiştir (Çorbacı ve ark. 2011; Çakıroğlu 2011). Kurakçıl peyzaj yaklaşımları su kullanımını %50 oranında azaltmanın yanında çevre ile uyumlu kimyasal kullanımına az ihtiyaç duyan, az bakım ve az maliyet ihtiyacı sunan bir yaklaşım göstermektedir. Mevcut tasarımı tamamen değiştirmek yerine suyun etkin kullanımı için mevcut durumun nasıl değerlendirileceği üzerinde kurgulanmıştır. Kurakçıl peyzaj planlaması ekonomik ve ekolojik olarak bir çok fayda sağlamaktadır. Su kullanımını azaltarak kuraklığa dayanıklı bitkisel çözümler sunması beklenmektedir (Becca Rodomsky-Bish, 2015). Uygun bir kurakçıl peyzaj düzenlemesinin 7 temel ilkesi bulunmaktadır (Tülek ve Barış 2011; Barış 2007; Yazgan ve Özyavuz 2008; Wade ve ark. 2009; Bayramoğlu ve Demirel 2015). 7 temel ilke şöyle ifade edilmektedir;

- **Planlama ve projelendirme:** Kurakçıl peyzaj tasarımı ve planlaması yapılacak alanda iklim koşulları, vejetasyon, topoğrafya ve alan kullanımı dikkate alınmalıdır. Bitkilerin su ihtiyaçlarına göre zonlama yapılmalıdır. Drenaj sistemi incelenerek yağmur sularını toplayacak drenaj ağları geliştirilmelidir (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).
- **Toprak hazırlığı:** Kurakçıl peyzaj tasarımında toprak yapısının analizinin yapılması gerekmektedir. Toprak, sahip olduğu kendine özgü tekstürüne, drenaj yapısına, PH'a, besin değerine ve gübre ihtiyacına göre yapılması gereken analizler sonucunda toprağın su tutma kapasitesi saptanmalı ve devamında da toprağın organik madde miktarında iyileştirme yapılarak bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin maddeleri toprağa aktarılmalıdır (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).
- **Uygun bitki türü seçimi:** Kurakçıl peyzaj uygulaması yapılacak olan alanda bitkiler, iklim durumu, toprak tipi, çevre şartları göz önüne alınarak minimum suya ihtiyaç duyulan türlerden seçim yapılmalıdır. Kuraklığa dayanıklı ve bölgede bulunan türler öncelikle tercih edilerek bitkinin çevre ile uyumu hedeflenmelidir (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015ve 2016).

- **Bakımı kolay ve pratik çim alanların tasarlanması:** Çim yüzeyleri ve yer örtücü bitkilerin kullanımı, peyzaj mimarlığı meslek disiplini açısından mekan oluşturmada aktif olarak tasarlanan ve yararlanan alanlardır. Ancak çim alanların su tüketimi oldukça fazladır. Bu olumsuzluğu önlemeye yönelik olarak yapılması gereken ise, çim alanlarla bağlantılı olacak ortak bir sulama programı geliştirilmesi ile sulamada buharlaşma oranı ve yüzeysel kayıpları azaltarak etkin bir sulama sağlamak olmalıdır (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).
- **Malç kullanımı:** Kurakçıl peyzaj planlamada organik maddeler, toprak yüzeyini nemli tutarak suyun bitkiyle temasını sağlamaktadır. Toprakta bulunan yararlı organizmaların ortamını korumakta ve yıl boyunca kalacak biçimde planlanmalıdır (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).
- **Uygun bakım:** Kurakçıl peyzaj planlama sürecinin sürdürülebilirliğinin sağlanması için uygun bakım kriterleri geliştirilmelidir. Yabancı ot müdahalesi, budama, gübreleme, zararlı canlıların kontrolü, sulama çalışmalarının zamanında yapılması gibi faaliyetler kurakçıl peyzaj planlamasının kalitesinin artması için gereklidir. Doğal bitki kullanımı ve doğru sulama sistemi bakım çalışmaları konusunda minimum seviyeye düşürecektir. Kurakçıl peyzaj planlama süreci yapılacak bu uygulama adımları ile az maliyetli ve doğru tasarım sağlanmış olacaktır (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).
- **Etkili sulama:** Temel ilkesi en az miktarda su kullanımına dayandığından doğru sulama ve tasarım sistemi kurgusu ile su kaybını engellenmek amacı ile damla sulama sistemi kullanılmalıdır. Bitkilerin su ihtiyacı doğrultusunda saatlere göre yağmurlama ve damlama sulama yapılabilir. Öncelikli olarak bitkilerin su tüketimi miktarının belirlenmesi gerekmekte ve bunun sonunda planlama ve tasarım ilişkisi kurulmalıdır (Ertop 2009; Pulatkan ve ark. 2010; Baykan ve Birişçi 2013, Yazıcı ve ark. 2014; Akbulut ve ark. 2015; Bayramoğlu ve Demirel 2015).

Çalışma İnönü üniversitesi yerleşkesinde bulunan peyzaj bitkilerinin kurakçıl peyzaj açısından değerlendirilmesi ve ekolojik açıdan önemini ortaya koymaya yönelik bir yaklaşım geliştirilmiştir. Sonuç bölümünde ise kurakçıl peyzaj ilkeleri benimsenerek veriler ve analizler sonucunda peyzaj tasarımlarında kullanılacak olan bitki türlerinin saptanmıştır. Tespit edilen ve önerilen türlerin günümüzde gündemde olan küresel ısınmanın olumsuz etkilerini azaltması hedeflenmektedir.

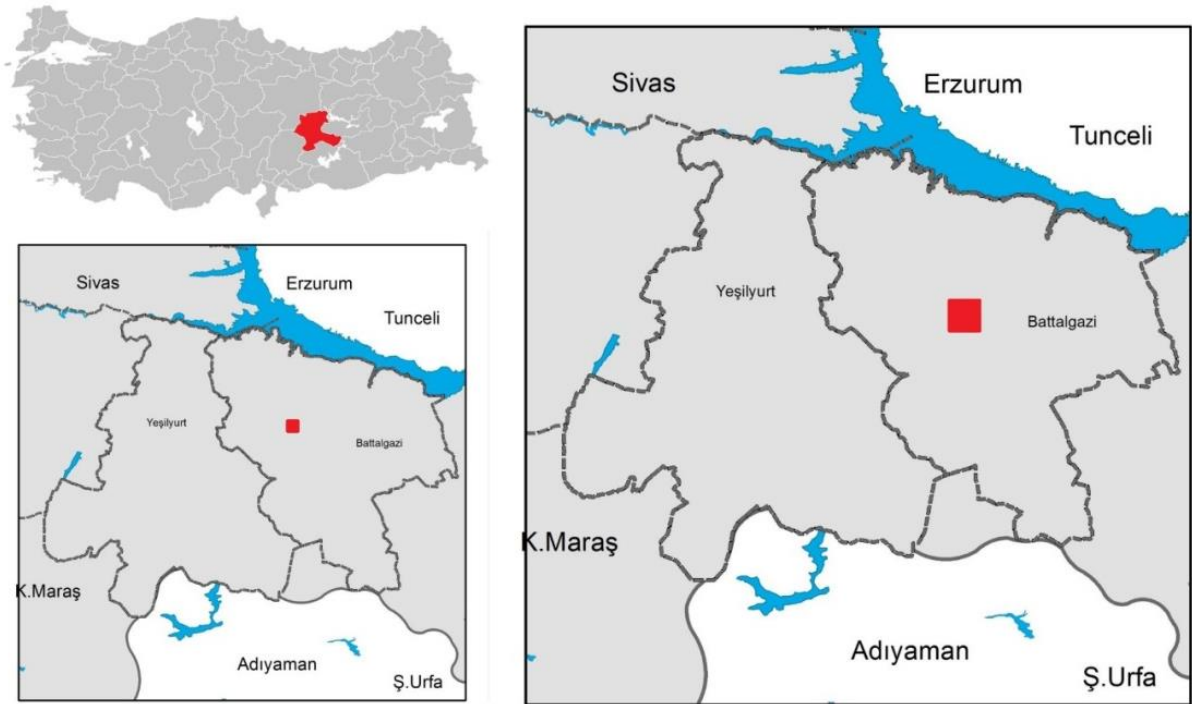
Materyal ve Yöntem

Materyal

Çalışma, sürdürülebilir ve etkin su kullanımı yaklaşımını benimseyerek İnönü Üniversitesi kampüsünü kurakçıl peyzaj açısından incelemiştir. Çalışma alanı, İnönü Üniversitesi yerleşkesinin tümünü içermekte olup toplamda 467 ha alanı kaplamaktadır. İnönü Üniversitesi 38° 19' 50.19" kuzey enlemi ve 38° 26' 28.60" doğu boylamı koordinatlarında bulunmaktadır (Şekil 1). İnönü Üniversitesi, 28 Ocak 1975 tarihinde Türkiye Büyük Millet Meclisinde, 25 Mart 1975 tarihinde ise Cumhuriyet Senatosunda kabul edilerek 1872 sayılı 'İnönü Üniversitesi Kanunu' ile kurulmuştur. 1976-1977 yıllarından itibaren kampüsünde eğitim-öğretim, bilimsel araştırma ve uygulama faaliyetlerini sürdüren bir eğitim kurumudur (URL, 1). Görev yapmakta olan binlerce akademik ve idari personel, lojmanlarda yaşayan insanlar ile toplam yaklaşık 3.300 öğrenciye barınma imkânı sağlamaktadır. Kapladığı 700 hektarlık alanın 194 hektarlık kısmını yeşil alanlar oluştururken 273 hektarlık alan, ormanlık alanlardan oluşmaktadır (URL, 1).

İnönü Üniversitesi kampüsünde 85 familya, 390 cins ve 534 türe ait 552 takson tanımlanmıştır. Bu sonuçlar Türkiye'deki diğer kampüs floraları ile kıyaslandığında İnönü Üniversitesi merkez kampüs florasının zengin biyoçeşitliliğe sahip olduğu görülmektedir (Mutlu ve ark., 2015). Çalışma alanında 46 endemik tür olup endemizm oranı %8.33'dür. En büyük üç familya Fabaceae (57 tür), Asteraceae (46 tür) ve Poaceae (47 tür)'dir. En büyük cinsler *Medicago* (10 tür), *Euphorbia* (9 tür), *Alyssum*, *Astragalus* ve *Salvia* (7 tür)'dir. Çalışma alanında belirlenen bazı bitki türleri; *Cupressus sempervirens*, *C. arizonica* Green, *Juniperus excelsa*, *J. rigida*, *J. sabina*, *Thuja orientalis*, *Ginkgo biloba*, *Cedrus libani*, *Picea orientalis*, *P. pungens* Engel, *Pinus brutia*, *P. nigra pyramidata*, *P. Sylvestris*, *Taxus baccata*, *Liquidambar styracifolia*, *Amaranthus albus*, *Chenopodium album*, *Rhus coriaria*, *Ilex aquifolia*, *Santolina chamaecyparis*, *Achillea arabica*, *A. magnifica* Heilmerl, *A. pseudoaleppica* Hausskn., *A. santolinoides* Lag., *Calendula officinalis*, *Berberis thunbergii*, *Betula pendula* Roth., *Catalpa bignonioides*, *Alyssum aureum*, *Simphoricarpus albus*, *Valerianella coronata*, *Dianthus floribundus*, *Holesteum umbellatum*, *Euonymus fortunei*, *E. europaeus*, *Eleagnus angustifolia*, *Chrozophora tinctoria*, *Euphorbia cheiradenia*, *Astragalus decurrens*, *Caragana arborescen*, *Cercis siliquastrum*, *Laburnum*

anagyroides, Lotus gebelia Vent, Melilotus officinalis, Robinia pseudoacacia, R. pseudoacacia L cv. Umbraculifera, Sophora alopecuroides, S. japonica, Trigonella kotschy, Vicia cassia, Wisteria sinensis, Ajuga chamaepitys, Quercus infectoria, Q. robur, Philadelphus coronarius, Geranium lucidum, Hydrangea macrophylla, Hypericum amblysepalum, Lamium amplexicaule, Mentha spicata, Phlomis sieheana, Salvia absconditiflora, S. euphratica, S. multicaulis Vahl, S. palaestina, S. prathensis, S. suffruticosa, Satureja hortensis, Scutellaria orientalis, Sideritis montana, Stachys annua (L.), S. cretica, S. ramosissima, Teucrium chamaedrys, T. Orientale, T. polium L., Thymus sipyleus, Ziziphora capitata, Linum nodiflorum, Punica granatum, Alcea hohenackevi, Hibiscus syriacus, Tilia plathyphyllos, Ficus carica, Maclura pomifera, Morus alba, M. Rubra, Peganum harmala, Fraxinus excelsior, Forsythia x intermedia Zab., Syringa vulgaris, Hypecoum imberbe, H. Pendulum, Papaver argemone, Roemeria hybrida, Andrachne telephioides, Pittosporum tobira, Anarrhinum orientale, Linaria chalepensis, L. iconia, L. simplex, Plantago euphratica, Platanus orientalis, Acantholimon armenum, Polygonum aviculare, Portulaca oleracea, Salix alba, Cerasus avium, Chaenomeles speciosus, Cotoneaster franchetii, Aquilegia vulgaris, Malus floribunda, Cydonia oblonga, Persica vulgaris, Anagallis arvensis, Armeniaca vulgaris, Crucjata articulata, Pyracantha coccinea, Spirea x vanhouttei, Rosa canina, Prunus cerasifera, P. Laurocerasus, P. Subhirtella, Asperula arvensis, Haplophyllum cappadocicum, Populus nigra, P. Alba, Chrysanthesium stellaroides, Thesium macranthu, Acer negundo, Aesculus hippocastanum, Koelreuteria paniculata, Buddleia davidii, Hyoscyamus niger, Tamarix gallica, Ulmus glabra, Verbena officinalis, Allium atroviolaceum, Iris germanica



Şekil 1. İnönü Üniversitesi konumu

Fitocoğrafik bölgelere göre türlerin dağılımı; İran-Turan elementi 134 (24.27%), Akdeniz elementi 29 (5.25%) ve Avrupa-Sibirya elementi 9'dur (1.63%) (Mutlu, 2015).

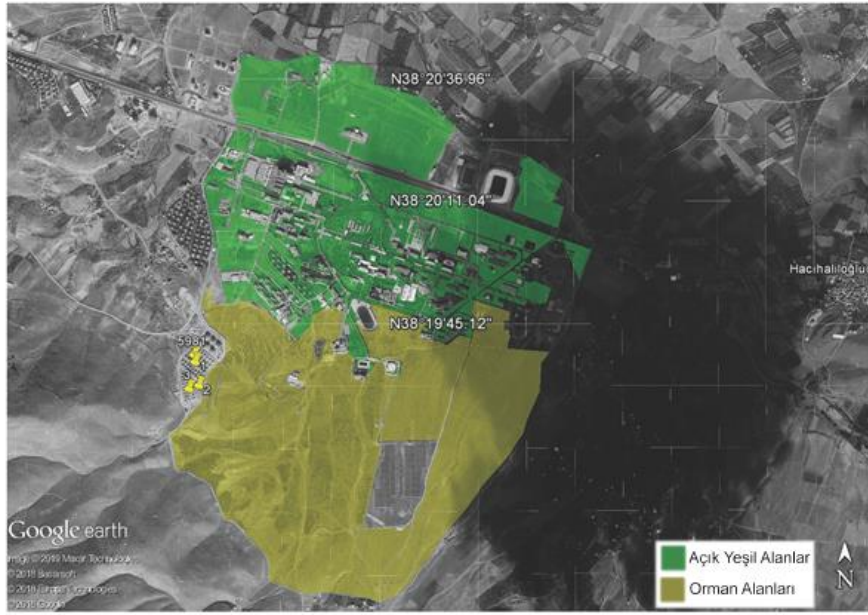
Yöntem

Çalışma İnönü Üniversitesi kampüs alan sınırları içerisinde süs bitkileri, çim yüzeyler, ormanlık alanların yüzeylerinin belirlenmesi ve kurakçıl peyzaj ilkeleri doğrultusunda uygunluk durumunun tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Bu kapsamda alanın jeoloji, morfoloji, toprak, hidroloji gibi doğal yapı özellikleri belirlenmiştir. İklim istasyonlarından alınan verilerin Cropwat 8.00 uygulamasına girilmesi ile yıllık ortalama sıcaklık °C olarak ve ortalama yağış miktarı mm olarak nem oranları, güneşli günler, yağmurlu günler değerleri kullanılmış ve yıl içerisinde kurak geçen dönemler dolayısıyla bitkinin suya en çok ihtiyaç duyduğu dönemler tespit edilmiştir. Üniversitenin Rektörlük İdari İşler biriminden alınan açık yeşil alan varlığı ve orman varlığı haritası kullanılmıştır. Değerlendirme sonucunda belirlenen sorunlar temelinde bölgenin iklim koşulları düşünülerek çalışmalarda kullanılacak kuraklığa dayanıklı bitkiler ve bu özellikleri içeren liste hazırlanmıştır. Küresel sorun haline gelen susuzluk problemini önlemek "yeşil kampüs" olma yolunda ilerleyen İnönü Üniversitesi için kurakçıl peyzaj önerileri geliştirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

İklim Durumu

Son yıllarda yapılan araştırmalar küresel iklim değişikliğinin etkilerinin daha ağır bir şekilde hissedildiğini ortaya koymaktadır. Sıcaklık artışları, buharlaşma ve bitkilerde evapotranspirasyonu arttıracığından bitkiler strese girecek ve yetiştirme koşulları değişime uğrayacaktır (Çetin ve ark 2018). Yapılan iklim analizi sonucunda Malatya'da yaşanan kurak dönemlerin varlığı bitki seçimlerinde kuraklığa dayanıklı türlere daha fazla ağırlık vermenin ve bitkilendirme yaklaşımlarında özellikle kurakçıl ve doğal bitki türlerinin tercih edilmesi gerekliliğini dayatmaktadır. Şekil 2'de çalışma alanı içerisinde açık yeşil alanlar ile ormanlık alanların dağılımı gösterilmiştir.



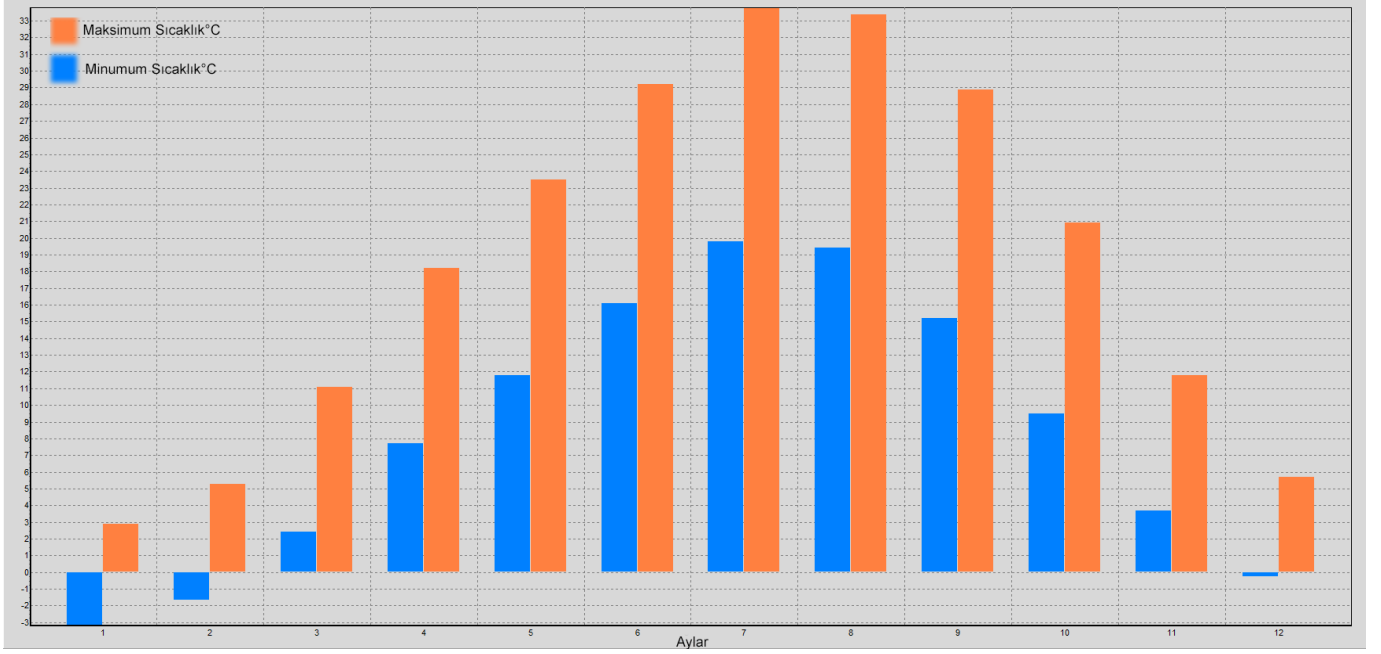
Şekil 2. İnönü üniversitesi yerleşkesi incelendiğinde açık yeşil alanlar ve ormanlık alanları dağılımı (İnönü Üniversitesi, 2019).

Malatya ili yıllık ortalama sıcaklık değeri minimum 8.4 °C iken maximum sıcaklık değeri 18.7 °C olup min. ve max. sıcaklığın yıllık ortalamaları arasında 10 °C fark bulunmaktadır. Çizelge 1'de verildiği üzere veriler Malatya Erhaç hava üssünde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler doğrultusunda hazırlanarak oluşturulmuştur. Malatya şehri için yıllık ortalama sıcaklık değerleri 8.4 °C ile 18.7 °C arasında değişmektedir. En soğuk ay -3,2 °C derece ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 33.8°C derece ile Temmuz olarak belirlenmiştir. Sıcaklığın yıllık ortalamasının altına düştüğü aylarda güneşlenme saatleri kısalarak nem oranları ortalamasının üzerinde seyretmektedir. Yağış miktarları mm bazında en düşük Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. En çok yağış alınan ay ise Nisan ayı olarak belirlenmiştir (Çizelge 1).

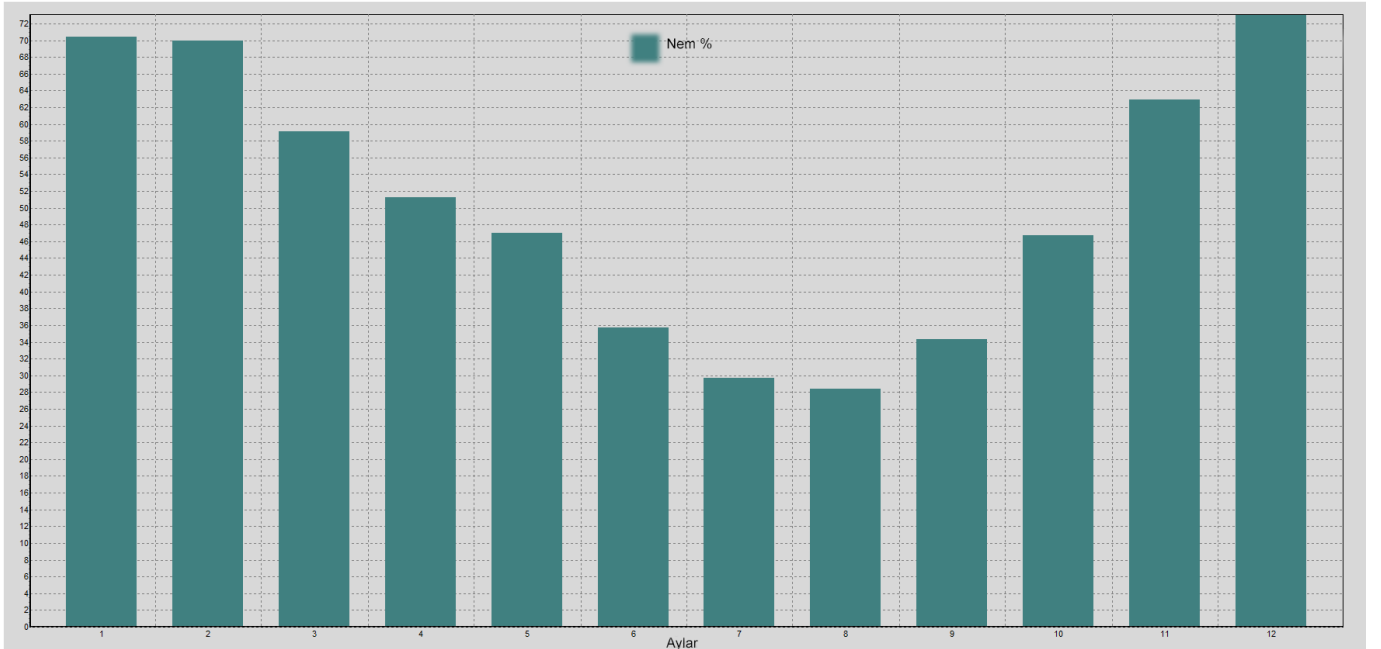
Çizelge 1. Aylık Sıcaklık, Nem, Güneşlenme ve Yağış Verileri (İstasyon MALATYA-ERHAC, Yükseklik: 849 m., Enlem: 38.43 °K, Boylam: 38.08 °D). (URL 1& 2)

Ay	Minimum (°C)	Maximum (°C)	Nem (%)	Güneş (saat)	Yağış (mm)
Ocak	-3.2	2.9	70	2.4	41.9
Şubat	-1.7	5.3	70	3.2	35.6
Mart	2.4	11.1	59	4.1	59.5
Nisan	7.7	18.2	51	6.5	61.3
Mayıs	11.8	23.5	47	8.7	50.0
Haziran	16.1	29.2	36	10.9	21.9
Temmuz	19.8	33.8	30	12.3	2.8
Ağustos	19.4	33.4	28	11.9	2.4
Eylül	15.2	28.9	24	9.6	5.8
Ekim	9.5	20.9	47	7.0	40.4
Kasım	3.7	11.8	63	4.5	47.0
Aralık	-0.3	5.7	73	1.8	42.3
Ortalama	8.4	18.7	51	6.9	41.9

Kent genelinde maksimum sıcaklık değerleri hiyerarşik olarak Şubat ayından itibaren yükselmeye başlar, Ağustos ayında ise yükselişine devam etmektedir. Eylül ayı itibariyle düşüşe geçen sıcaklık değerleri Ocak ayına kadar devam eder (Şekil 3). Şekil 4'e bakıldığında Aralık ayında en yüksek nem oranına sahip olurken Ocak ve Şubat aylarında ise belirtilen nem ortalamasının üzerine çıktığı görülmektedir. Mart ayı itibariyle düşmeye başlayan nem oranı Ağustos ayına kadar devam etmekte, Eylül ayından itibaren ise tekrardan yükselişe geçmektedir (Şekil 4).

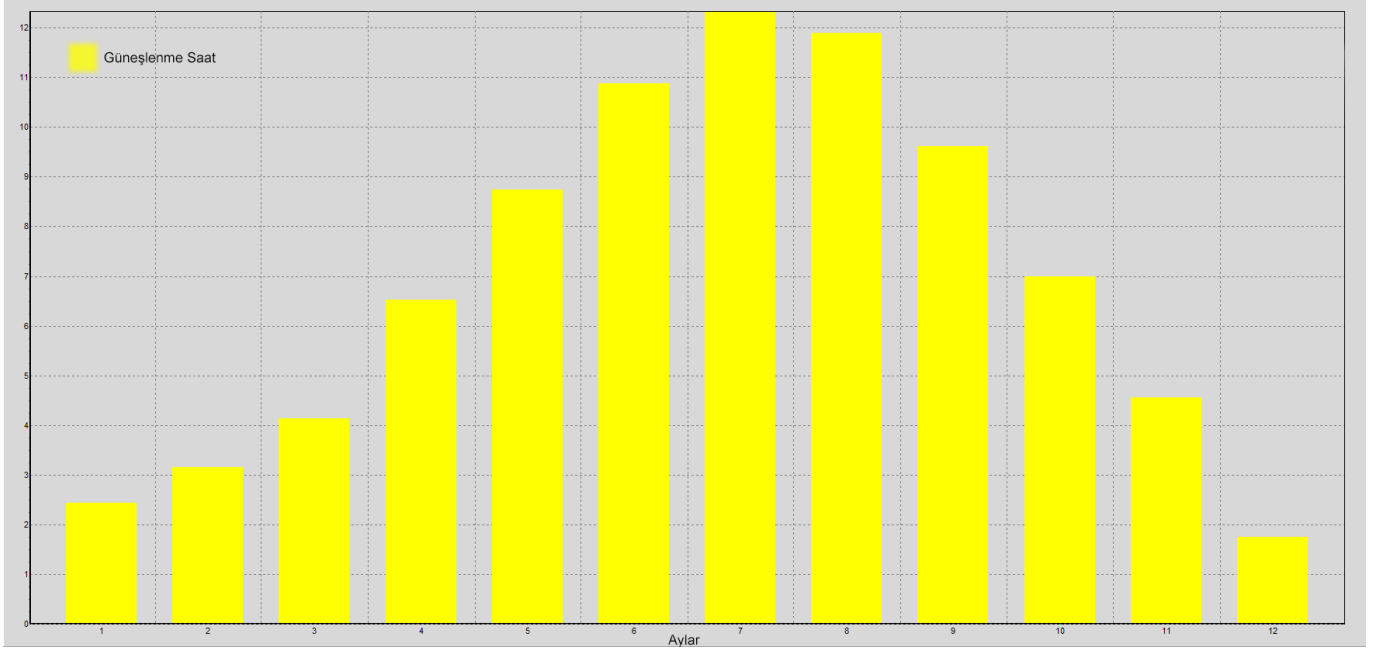


Şekil 3. Ay bazında yıllık ortalama sıcaklık (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç Hava Üssü'nde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan verileri ile hazırlanmıştır).



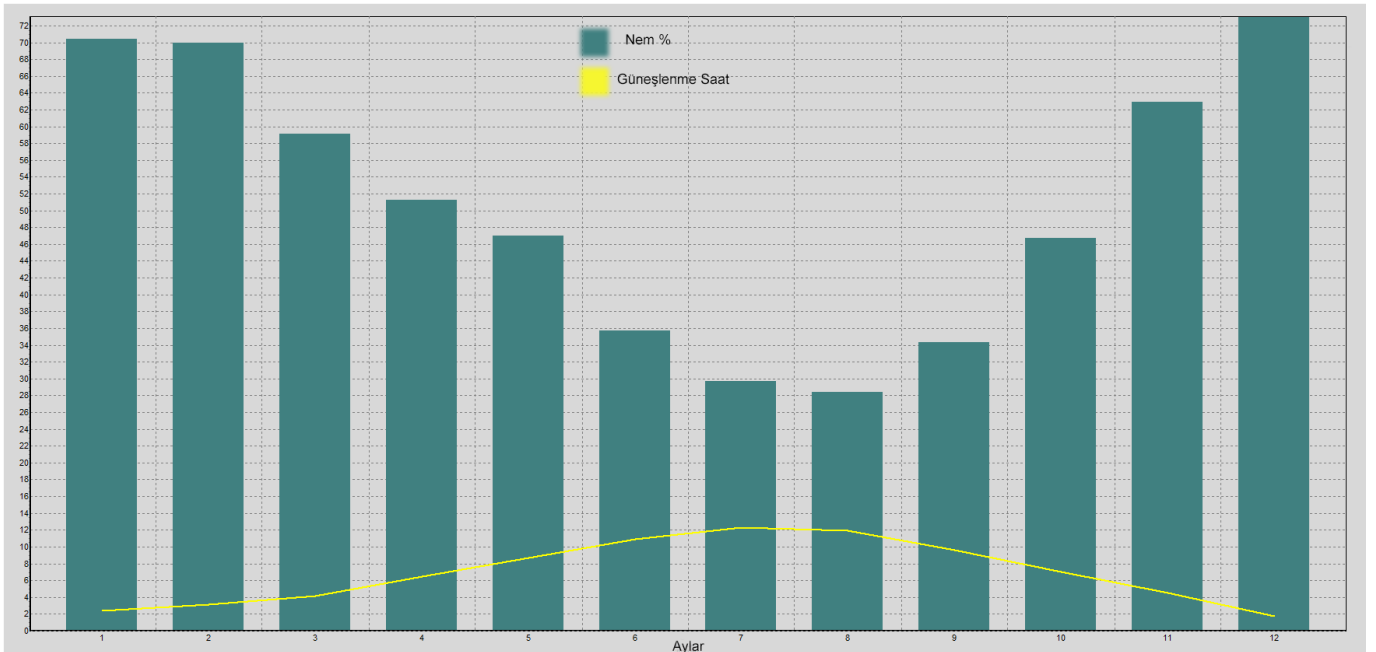
Şekil 4. Ay bazında yıllık % Nem Grafiği (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç Hava Üssü'nde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan verileri ile hazırlanmıştır).

Kent genelinde Aralık ayı mevsim normallerinin 2 saatin altındaki güneşlenme süresi ile en düşük güneşlenme saatine sahip olduğu ay olarak gözlemlenmektedir. Temmuz ayına kadar düzenli olarak artan günlük güneşlenme saati süresi Temmuz ayında 12 saatin üzerine ulaşmakta, sonrasında düşerek yılsonuna kadar düşmeye devam etmektedir (Şekil 5).

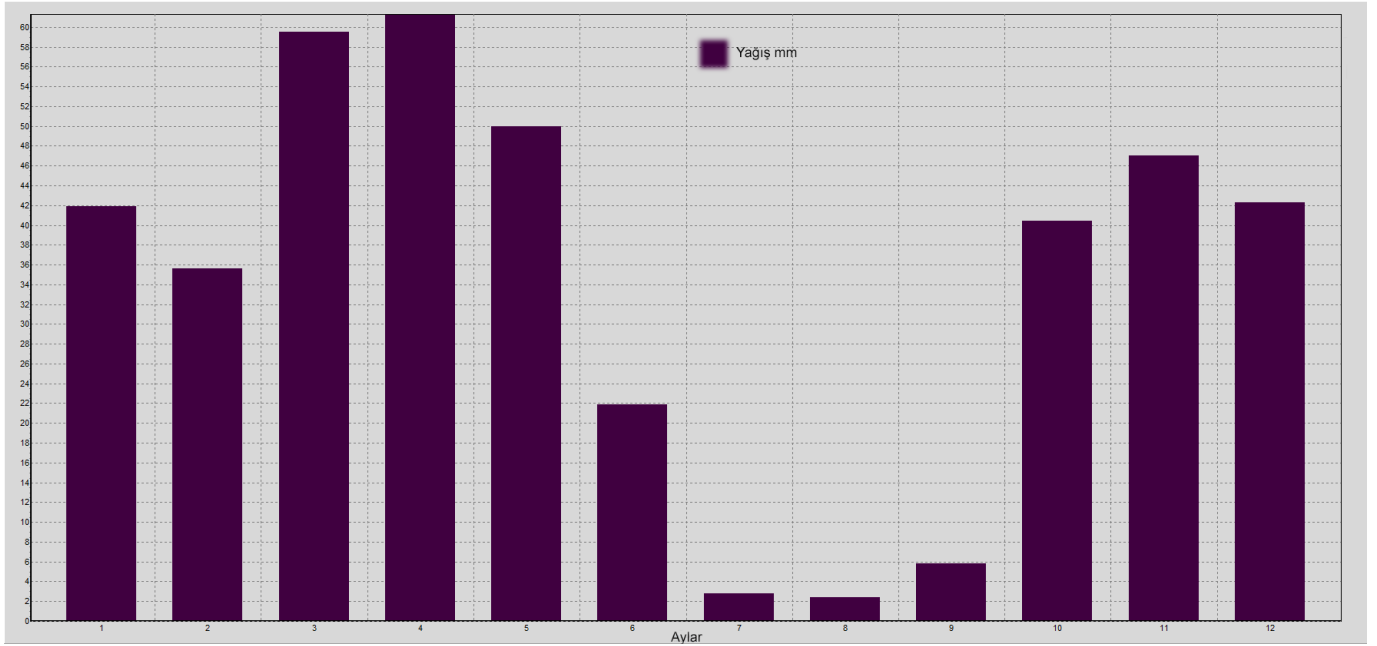


Şekil 5. Ay bazında yıllık güneşlenme süresi (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç hava üssünde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile hazırlanmıştır).

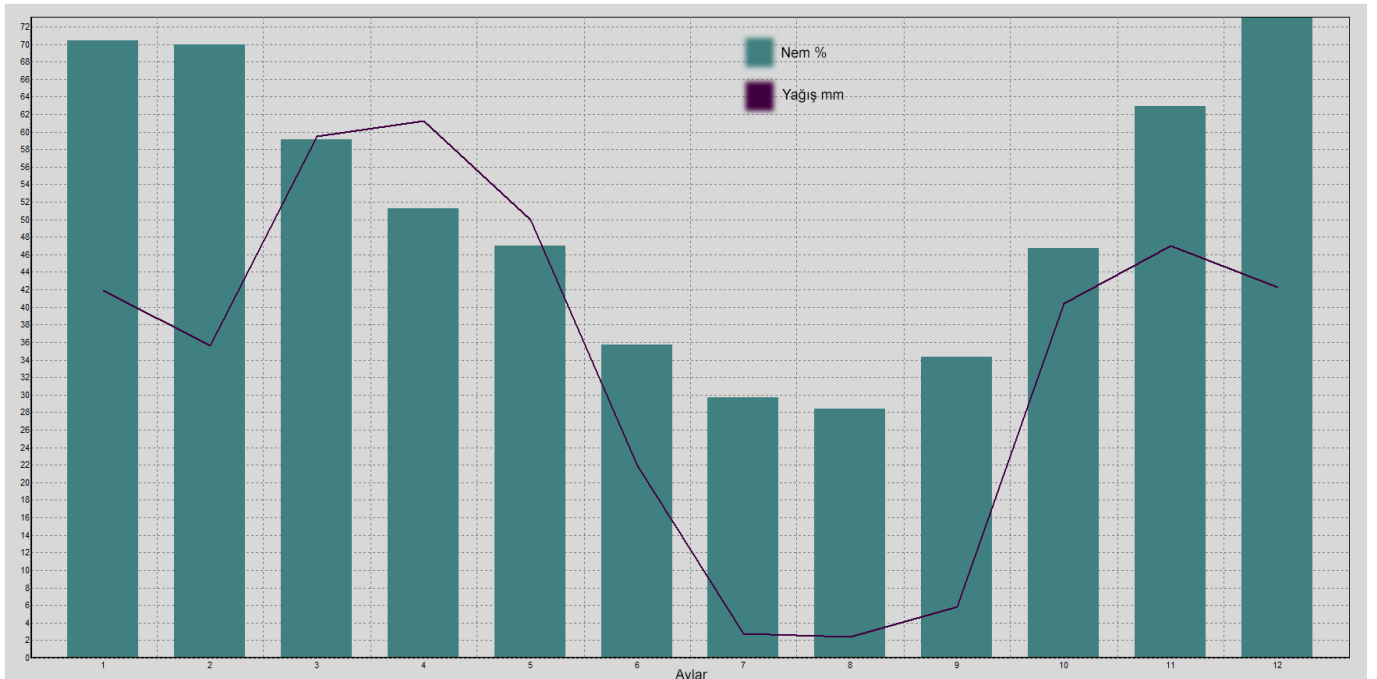
Artan güneşlenme saatleri kentin nem oranında negatif etki yarattığı için güneşlenme saatleri yüksek olan aylarda nem oranları düşüş gösteriyor, Güneşlenme saatlerinin minimum olduğu aylarda nem oranları en yüksek seviyesine ulaşıyor (Şekil 6). Nisan ayı mm bazında mevsim normallerinin üzerinde yağış oranına sahip, Mayıs ayı itibariyle düşüş trendine giren yağış miktarı Ağustos ayı itibari ile tekrar yükseliş trendine geçiyor. Sonbahar mevsimlerinde yükseliş trendini sürdüren yağış oranı Kış mevsiminde birbirine yakın oranlarda yağış miktarına sahiptir (Şekil 7). Yağış miktarının en düşük olduğu Temmuz ve Ağustos ayları güneşlenme süreleri ile birlikte değerlendirildiğinde en düşük Nem oranına sahip aylar olarak gözleniyor. Yağış miktarının yükselişe geçtiği ve Güneşlenme sürelerinin düştüğü aylarda Nem oranları yükseliş eğilimine giriyor (Şekil 8).



Şekil 6. Ay bazında yıllık güneşlenme süresinin nem oranına olan etkisi (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç Hava Üssü'nde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile hazırlanmıştır).



Şekil 7. Ay bazında yıllık yağış miktarı mm olarak dağılımı (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç Hava Üssü'nde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile hazırlanmıştır).



Şekil 8. Ay bazında yıllık yağış miktarı mm olarak dağılımının nem oranına etkisi (Cropwat programı aracılığı ile Malatya Erhaç Hava Üssü'nde bulunan meteoroloji istasyonundan alınan veriler ile hazırlanmıştır).

Kurakçıl Bitkiler

Amerika Birleşik Devletleri'nde yapılan bir araştırmaya göre; temelde, kurakçıl peyzaj ilkeleri ile tasarlanan bahçeler, yıllık su tüketiminde, diğer peyzaj tasarım ilkelerine göre yaklaşık %20-%40 oranında tasarruf sağlamaktadır. Kaliforniya Eyaleti'nde yapılan diğer bir araştırmada, kurakçıl peyzaj ilkeleri uygulanan bahçelerde, yıllık su tüketiminin %54'e varan oranlarda daha az olduğu, bakım harcamalarının ise yaklaşık olarak yarıya indiği belirlenmiştir. (Baykan ve Birişçi, 2013). Baykan ve Birişçi (2013) de benzer şekilde Wade ve Midcap (2007) gibi kuraklığa dayanıklı bitkiler tespit etmişlerdir. Sovocool ve Morgan (2005) kurakçıl peyzaj düzenlemesi ile tasarlanan bölgelerdeki bitkilendirilmiş mekanlarda 1m²'lik alanda ortalama 2271 lt

su tasarrufu yapıldığını belirtmişlerdir. Kaliforniya Eyaletinde yapılan başka bir çalışmada yıllık su tüketiminin %54 oranda azaldığı ve bakım masraflarının da % 50'ye indiği belirlenmiştir (Taner 2010).

Tasarruf edilen bu su tüketimi, ortalama su kullanan bir konutun tükettiği su miktarına eşdeğerdir. Bölge ve ülke düzeyinde bu tasarruf yapıldığında, genel su tüketimi büyük ölçüde azalacaktır. Bu oranın her geçen yıl artan bir ivmeye sahip olacağı düşünülürse, ilk yıl için %50 ve üzeri, 2. yıl için yaklaşık % 75, 3. yıl içinse %80'lere varan oranlarda kullanılabilir suyun tasarrufu ve korunması anlamına gelmektedir. Benzer olarak nüfusun ve tarım alanlarının artışı ile yeşil alanlardaki azalma göz önüne alındığında, su tasarrufunun keyfi bir seçenek olmayıp, bir zorunluluk olduğu açıkça ortaya çıkmaktadır (Hersek, 2019). Yapılan araştırmalar gösteriyor ki, kurakçıl peyzaj ilkeleriyle tasarlanmış bir bahçe, diğer geleneksel bahçelere göre yıllık %50 oranına yakın su tasarrufu sağlamaktadır. Eğer bu yöntemler bölgesel ve hatta ülkesel boyuta taşınırsa, su tüketimi oldukça azalacak, su tasarrufu tatmin eder bir değer olacaktır ve böylece su tasarrufu artık tercihen değil ihtiyaç doğrultusunda değerlendirilecektir (Şahin, 2013).

Peyzaj tasarım çalışmaları incelendiğinde kurakçıl peyzaj ilkelerini dikkate almadan yapılan bitkisel tasarım uygulamalarında genel olarak alan kullanım kararları doğrultusunda kullanılan mekanlar, geniş çim alanlardan oluşmakta olup yeteri kadar sürdürülebilir olmasına yönelik yaklaşımlardan yoksundur. Kurakçıl peyzaj çalışmalarında temel amaç bölgeye uygun az su ihtiyacı olan kuraklığa dayanıklı türler seçmektir. Kurakçıl peyzaj çalışmaları yeni olmamakla birlikte küresel iklim değişikliği beraberinde gündem de daha fazla yer edinmiştir. Kurakçıl peyzaj çalışmalarında doğru planlama, erozyonu azaltmak, su kaybını engellemek, doğru gübreleme, toprak hazırlığının doğru yapılması, bitki bakımı ile birlikte hastalıkların azalması ve doğru bitki kökü oluşumu gibi sebepler su kullanım miktarını azaltarak bahçe bakımını da azaltmış olacaktır (Çorbacı ve ark. 2011).

Genel olarak bakıldığında bireyler ve toplumlar su sorununun farkındadır. Teknolojinin ve sosyal medyanın gelişmesi, yayın kuruluşları, doğrudan yaşanan ve görülen olaylar insanlarda çevre bilincini oluşturmaya başlamıştır. Ama henüz yeterli değildir. Değişim şarttır ve bu değişim bireyden başlayıp bütüne ulaşmalıdır. Herkes suyun önemini ve su kaynaklarının değerini iyi idrak etmelidir. Su kullanımları, geleceğimizi ve gelecekteki nesillerimizi de düşünerek ihtiyaç boyutuna düşürülmelidir.

Bunun için, ülkeler su politikaları oluşturmakla, teknoloji su korunumuna yönelik yeni alternatifler sunmakla ve ilgili meslek alanları da suyun akılcı kullanımına ilişkin yeni anlayışlar geliştirmekle yükümlüdür. Özellikle peyzaj mimarlarının, algılanabilir fiziki çevrenin planlanması, tasarlanması, yönetimi, korunması ve onarılması gibi görevleri olduğu ve oluşturdukları yeşil alanlarla su sürecini etkilediği düşünüldüğünde, bu konu üzerinde daha da yoğunlaşması, su stratejileri geliştirmesi gerekmektedir.

Su ve susuzluk her alanda olduğu gibi peyzaj alanlarında da önemli etkilere sahiptir. Özellikle, estetik kaygı çerçevesindeki klasik peyzaj uygulamalarında su tüketimi fazladır ve suyun korunumu arka planda kalmaktadır. Bu tür bahçeler, suyun akılcı kullanımına yönelik olarak az sulandığında ise susuzluktan tahrir olmaktadır. Bunun için farklı ve yeni yaklaşımların irdelenmesi gerekmektedir. Xeriscape-Su Etkin Peyzaj Düzenleme" yaklaşımı, su kaynaklarının akılcı ve ekonomik kullanılmasını sağlarken, doğayla da uyumlu peyzajlar sunmaktadır. Xeriscape- Kurakçıl peyzaj da asıl amaç su kullanımını en aza düşürmek ve bu ortama uygun bitki kullanımlarını sağlamaktır. Bir çeşit doğal peyzaj yaklaşımı olan, Xeriscape- Kurakçıl Peyzaj'ın üzerinde önemle durulması gerekmektedir. Herkes ve özellikle peyzaj mimarları bu kavrama doğallık adı altında bir fantezi olmaktan daha çok bir zorunluluk ve çevre için güzel bir adım olarak bakmalıdır. Hatta, bu kavramın üniversitelerde peyzaj mimarlığı bölümlerinde ayrı bir ders olarak yerini alması gerekmektedir. Sonrasında, ilkeleri doğrultusunda daha da geliştirilmeli ve bir ev bahçesi ölçeğinden, kent ölçeğine kadar birçok ölçekte ve alanda uygulanabilen bir akım haline dönüşmesi gerekmektedir (Şahin 2013).

Sonuç

Türkiye'nin büyük bir bölümü yarı kurak iklim özelliklerine sahip olduğu için değişen iklim koşulları ve artan kuraklığa karşı birtakım önlemler alınması gerekmektedir. Potansiyel yaşanabilecek bir susuzluk sorunu suyun tasarruflu kullanımı, su kaynaklarının korunması gerektiğini göstermektedir. Kuraklık, meteorolojiden kaynaklı yaşanacak doğal afetler içerisinde insanlık için en riskli afet olarak kabul edilmektedir. Alternatifi olmayan doğal kaynak olan su varlığı her geçen gün azalmaktadır. Meteorolojiden elde edilen verilere bakıldığında Malatya kentinin su açığı olan iklime sahip olduğu ortaya çıkmaktadır, bu da kent için yapılacak peyzaj çalışmalarında uygun bitki seçimi yapmayı zorunlu kılmaktadır. Mevcut bitki durumunu iyileştirmek ve yeniden tasarım yapmak konusunda iki seçenek vardır. Kurakçıl peyzaj çevresel koşullar olan iklim, nem, yıllık yağış, güneşlenme, max ve min sıcaklık koşulları ile değerlendirilmiştir. Benzer ihtiyaçlara sahip bitkiler yan yana konumlanmalı ve bir grup oluşturmalıdır.

Çalışmada peyzaj tasarımında su tasarrufuna yönelik güncel uygulamalar incelenmiş, iklim değişikliğinin sebep olduğu kuraklığa karşı alınabilecek önlemler aktarılmaya çalışılmış ve etkin su kullanımı üzerinde durulmuştur. Etkin su kullanımında kullanılması gereken bitkilerin önerildiği bu çalışmada etkin su kullanımının sağlanması için çim yüzeylerden kaçınılması gerektiği, bu alanlarda kuraklığa dayanıklı çim türleri kullanılarak doğal bitki türlerinin yer örtücü özelliğinden faydalanmak suretiyle çim yerine kullanılmasının önemli olduğunun altını çizmektedir.

Çim alanlar dışında üniversite kampüsü içinde yapılacak olan bitkisel tasarımlarda kullanılması önerilen bitki türleri Çizelge 1' de aktarılmıştır. Bitkilerin kullanım olarak yerli bitkiler olarak seçilmesi önem arz etmek ile birlikte bu çalışmanın konusu olmadığı için çizelge 1'de bulgularda kullandığımız meteorolojik veriler üzerinden önerilerde bulunulmuştur. Çalışma bu kapsamda değerlendirildiğinde alan sınırları içerisinde ve iklim verileri doğrultusunda *Fagus sylvatica*, *Betula*, *Prunus serrulata*, *Acer negundo*, *Cercis canadensis*, *Myrtle Lagerstroemia*, *Prunus laurocerasus*, *Cornus mas* *Populus nigra*, *Ostrya virginiana*, *Gleditsia triacanthos*, *Ficus carica*, *Pyrus communis*, *Juglans regia*, *Carya illinoensis*, *Pinus strobus*, *Buxus microphylla*, *Leyland Cypress Cupressus*, *Armenian plum*, *Eastern hemlock*, *Juniperus communis* L. bitkileri önerilebilir.

Kaynaklar

- Akbulut S, Yücesan Z, Bayramoğlu B, 2015. Woody Taxa That Produce Important Non-Wood Forest Products for Rehabilitation in Arid-Semi Arid Region, International Scientific Forum Rehabilitation & Restoration of Degraded Forest, Astana, Kazakistan, pp 97-97.
- Atik M, Karagüzel O, 2007. Peyzaj Mimarlığı Uygulamalarında Su Tasarrufu Olanakları ve Süs Bitkisi Olarak Doğal Türlerin Kullanım Önceliği. Tarımın Sesi TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Antalya Şubesi Yayını, Sayı 15, s. 9-12.
- Barış M E, 2007. Sarıya Bezenen Kentlerimizi Kimler ve Nasıl Yeniden Yeşertebilir http://www.peyzajmimoda.org.tr/genel/bizden_detay.php?kod=1173&tipi=2&sube=0, 29.10.2015.
- Baykan N M, Birişçi T, 2013. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bah-çesi Örneğinde Sürdürülebilir Peyzaj Tasarımı Yaklaşımıyla Xeriscape, V. Süs Bitkileri Kongresi, 523-528.
- Bayramoğlu E, 2013. Damla Sulama Sistemi ile *Berberis thunbergii* 'Atropurpurea Nana' ve *Ilex aquifolium* Bitkilerinin Sulanma Olanaklılığının Araştırılması, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Bayramoğlu E, 2016. Sürdürülebilir peyzaj düzenleme yaklaşımı: KTÜ Kanuni Kampüsü'nün xeriscape açısından değerlendirilmesi. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 17(2), 119-127.
- Bayramoğlu E, Demirel Ö, 2015. Xerophytic Landscape. In: Environment and Ecology at the Beginning of 21st Century, ST. Kliment Ohridski University Press, Sofia, pp180-190
- Becca Rodomsky-Bish, 2015. The Seven Principles of Xeriscape <https://content.yardmap.org/learn/the-seven-principles-of-xeriscape/> erişim tarihi: 15.12.2019
- Bradley BA, Blumenthal DM, Early R, Grosholz ED, Lawler JJ, Miller LP, Sorte CJ, D'Antonio CM, Diez JM, Dukes JS, Ibanez I, 2012. Global change, global trade, and the next wave of plant invasions. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10.1 (2012): 20-28.
- Çakıroğlu G, 2011. Peyzaj tasarımında su tasarrufuna yönelik güncel uygulamaların irdelenmesi: İstanbul Örneği, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, İstanbul Üniversitesi, İstanbul.
- Çetin N, Mansuroğlu S, 2018. Akdeniz Koşullarında Kurakçıl Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılabilecek Bitki Türlerinin Belirlenmesi: Antalya/Konyaaltı Örneği. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 55(1), 11-18.
- Çorbacı Ö L, Özyavuz M, Yazgan M E, 2011. Peyzaj mimarlığında suyun akıllı kullanımı: Xeriscape. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (1), 25-31.
- English MJ, Raja SN, 1996. Perspective of Deficit Irrigation. *Agric. Water Management*, Vol: 32: 1-14.
- Ertop G, 2009. Küresel Isınma ve Kurakçıl Peyzaj Planlaması. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ankara Üniversitesi.
- Hersek, G., 2019. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Merkez Yerleşkesinin Kurakçıl Peyzaj Tasarım Yaklaşımına Göre İrdelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- İnönü Üniversitesi, 2019. Yılı Faaliyet Raporu, İnönü Üniversitesi 2017 <http://www.inonu.edu.tr/tr/14/m?m=15> erişim tarihi : 12.12.2019.
- Mutlu B, Karakuş Ş, 2015. Floristic List of İnönü University (Malatya) Main Campus Area. *Hacettepe Journal of Biology & Chemistry*, 43(2), 73-89.
- Pulatkan M, Var M, Yalçınalp E, 2010. Effects of mycorrhiza on the growth of *Forsythia x intermedia* Zab. plants under different climate and in various growing medium. *Scientific Research and Essays* 5(21):3261-3267.
- Sovocool KA, Morgan M, 2005. Xeriscape Conversion Study: Final Report. A Report Submitted to Southern Nevada Water Authority, Las Vegas.
- Şahin N, 2013. Kurakçıl Peyzaj Düzenlemesinde Suyun Etkin ve Akıllı Kullanımı- Xeriscape Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Çevre Bilimleri Anabilim Dalı. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, Muğla.
- Taner T, 2010. Peyzaj Düzenlemesinde Suyun Etkin Kullanımı: Kurakçıl Peyzaj. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Bölümü, Ege Üniversitesi. İzmir.

- Tülek B, Barış M E, 2011. Orta Anadolu İklim Koşullarında su etkin peyzaj düzenlemelerinin değerlendirilmesi. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 16(2): 1-13
- URL 1. <http://inonu.edu.tr/tr/>
- URL 2. Turkey Plant Hardiness Zone 1 <https://www.plantmaps.com/interactive-turkey-plant-hardiness-zone-map-celsius.php> erişim tarihi : 25.12.2019
- URL 3. Turkey Plant Hardiness Zone 2 <https://www.gardeningknowhow.com/garden-how-to/gardening-by-zone/zone-8/common-zone-8-trees.htm> erişim tarihi : 25.12.2019.
- Wade GL, Midcap JT, Coder KD, Landry G, Tyson AW, Weatherly N, 2009. A guide to developing a water-wise landscape (p. 44). 30602 Georgia: University of Georgia Environmental Landscape Design Department.
- Wade, G. L., J. T. Midcap, 2007. Xeriscape: A Guide to Developing A Water-Wise Landscape. An Equal Opportunity Employer/Affirmative Action Organization Committed to A Diverse Work Force. Bulletin 1073.
- Williams S, 2013. Creating the Prairie Xeriscape Low Maintenance, Water-efficient Gardening. Coteau Books.
- Yazgan M E, Özyavuz M, 2008. Xeriscape (Kuru Peyzaj) Peyzaj Mimarlığında Yeni Bir Sistem. Basılmamış Ders Notları.
- Yazıcı N, Dönmez Ş, Kuş Şahin C, 2014. Isparta Kenti Peyzaj Düzenlemelerinde Kullanılan Bazı Bitkilerin Kurakçıl Peyzaj Tasarımı Açısından Değerlendirilmesi. Kastamonu Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi 14 (2):199-208.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Toprak sıkışması ve sınırlayıcı su aralığı üzerine farklı organik materyallerin etkileri

Hamza Neğiş, Cevdet Şeker, Ayşe Çetin *

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

Özet

Toprak sıkışması ve buna bağlı toprağın gözenek yapısının değişimi, tarımsal sürdürülebilirliği ve bitkisel verimi olumsuz yönde etkilemektedir. Bu olumsuz etkinin azaltılması için çeşitli amenajman uygulamalarının yanında, toprakların organik madde içeriklerinin artırılması önemli bir yer tutmaktadır. Ayrıca son yıllarda, toprak sıkışmasının toprağın fiziksel kalitesine etkisini belirlemede sınırlayıcı su aralığı (SSA) kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan bu çalışmada, yüksek sıkışma potansiyeline sahip olan kil tekstürlü bir toprağa, ağırlıkça %0, 0.5, 1.0, 2.0 ve 4.0 oranlarında sığır gübresi (SG), biyokömür (BK) ve kompost (KO) uygulanmıştır. Uygulama yapılan topraklar altmış günlük inkübasyon çalışması yapılmış, sonrasında standart proktor testine tabi tutulmuştur. Proktor testi ile maksimum düzeyde sıkıştırılan örneklerin hacim ağırlığı (HA), toplam gözenekliliği (TG), tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), faydalı su kapasitesi (FS) ve SSA üzerine etkileri belirlenmiştir. Buna göre, kontrol (K) örneği ile kıyaslandığında SG, BK ve KO uygulama dozlarındaki artış ile ters orantılı olarak toprağın maksimum HA değerleri azalmış ve TG değerleri ise artış göstermiştir. %4 SG, BK ve KO uygulama dozlarında HA değerleri kontrole göre sırasıyla; %12.93, 11.56 ve 14.28 oranında düşerken, TG değerleri de sırasıyla; % 16.18, 14.38 ve 17.98 oranlarında artmıştır. Ayrıca SSA'nın alt ve üst limitleri uygulamalara bağlı olarak önemli değişkenlikler göstermiş, kullanılan organik materyallerin dozlarındaki artış ile önemli artışlar belirlenmiştir. Sınırlayıcı su aralığında en yüksek artış kompost uygulamasında %4 dozunda tespit edilmiştir. Buna göre sıkışma eğilimi yüksek ve fiziksel kalitesi düşük olan bir toprağa uygulanan her üç organik materyal de çalışma şartlarında toprağın sıkışma eğilimini azaltarak SSA'yı genişletmiş ve toprağın fiziksel kalitesini iyileştirmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak sıkışması, sınırlayıcı su aralığı, sığır gübresi, biyokömür, kompost.

Effects of different organic materials on soil compaction and least limiting water range

Abstract

Soil compaction and its associated change of the pore structure of the soil negatively affect agricultural sustainability and crop yield. In order to reduce this negative effect, it is important to increase soil organic matter content as well as applying various soil management practices. In addition, in the recent years, least limiting water range (LLWR) has been started to be used in the determination of the effect of soil compaction on the soil physical quality. In this conducted study, cattle manure (CM), biochar (BK) and compost (CO) were applied at 0, 0.5, 1.0, 2.0 and 4.0 % by weight to a clay textured soil with a high compaction potential. Soils treated with amendments were incubated for 60 days and thereafter subjected to standard proctor test. By using the proctor test, the effects of maximum level of compacted samples on bulk density (BD), total porosity (TP), field capacity (FC), wilting point (WP), available water capacity (AWC) and LLWR were determined. Accordingly, when compared with the control (C) sample, the maximum BD values of the soil inversely decreased with the increase in CM, BK and CO application doses while TP values experienced an upward trend. At 4% of CM, BK and CO application doses, BD values respectively decreased by 12.93%, 11.56 and 14.28%, while TP values respectively increased by 16.18, 14.38 and 17.98% compared with the control. In addition, the lower and upper limits of LLWR showed significant variations depending on the applications, and significant upward trend, following the increase in the applied doses of the organic materials were demonstrated. The highest increase in least limiting water range was found in the compost applied at 4%. Accordingly, all three organic materials applied to a soil with a high compaction tendency and low physical expanded SSA and improved soil physical quality through reducing soil compaction tendency in the study area.

Keywords: Soil compaction, least limiting water range, cattle manure, biochar, compost.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak bozulmasının ana nedenlerinden biri, tarım makinelerinin ve hayvan çığnemesinin neden olduğu sıkıştırmadır (Kunz ve ark., 2013). Tarla trafiğinden kaynaklanan toprak sıkışması birçok önemli toprak

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 552 2031515

E-posta : zmctinayse@gmail.com

Geliş Tarihi : 10 Ağustos 2020

Kabul Tarihi : 12 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.778834

fonksiyonunu olumsuz yönde etkilemekle birlikte toprağın fiziksel işlevselliğini bozmaktadır. Toprak sıkışması sonucunda kök büyümesine karşı mekanik direnç artarken, su tutma ve havalanma kapasitesi azalmaktadır (Da Silva ve Kay, 1997; Benjamin ve ark., 2003; Chen ve ark., 2014). Toprak fiziksel özellikleri; bitki büyümesi için su, oksijen ve besin maddelerinin mobilitesi ve alımını doğrudan ve dolaylı olarak etkilemektedir. Su içeriği, hava dolu gözeneklilik, sıcaklık ve penetrasyon direnci gibi toprağın fiziksel özellikleri doğrudan, hacim ağırlığı, tekstür, agregat stabilitesi ve gözenek boyutu dağılımı gibi diğer özellikler dolaylı olarak bitki büyümesini etkilemektedir (Letey, 1958). Toprak hacim ağırlığının bitki büyümesi üzerindeki etkisi; su içeriği, havalandırma, kök gelişimi ve büyümesi gibi faktörlerle bağlantılıdır (Da Silva ve Kay, 1997). Sınırlayıcı su aralığı kavramı (SSA); mevcut suyu, toprak havalanmasını ve mekanik direncin kök büyümesinin ciddi bir sınırlama getirdiği noktadaki su içeriği aralığını karakterize eder. Toprakların bulunduğu şartlara göre değişen özelliklerinden; hava dolu gözeneklilik ve tarla kapasitesi değerlerini üst limit olarak, bitki kök gelişiminin yavaşladığı 2MPa sınır değerindeki nem içeriği ve solma noktası değerlerinin alt limit olarak belirlenmesi ile sınırlayıcı su aralığı belirlenmektedir (Da Silva ve Kay, 1997). Hacim ağırlığı veya penetrasyon direnci gibi tek bir toprak fiziksel özelliği, bitki büyümesi için toprak fiziksel durumundaki değişiklikleri önemli ölçüde açıklanamadığından, çeşitli toprak fiziksel özelliklerinin bir kombinasyonu olan, SSA değişimi, tohumların çimlenmesine ve büyümesine etkisinden dolayı potansiyel bir yaklaşımdır. Artan hacim ağırlığı ve penetrasyon direnci ve azalmış toprak makro gözeneklilik nedeniyle toprağın fiziksel kalitesinin bozulması, bitki büyümesini olumsuz etkileyen SSA' yı azaltır. Genel olarak, SSA ne kadar geniş olursa, bitki büyümesi için toprağın fiziksel kalitesi o kadar iyi olacaktır (Da Silva ve Kay, 1997). Depolanmış kapasitedeki hacimsel su içeriği tarla kapasitesi ile solma noktası arasındaki fark olarak tanımlanırken (Veihmeyer ve Hendrickson, 1950), faydalı su içeriği (FS) de dahil olmak üzere farklı kavramlarla açıklanmaktadır. Sınırlandırılmış su aralığı tanımı Letey (1958) tarafından sadece bitki tarafından temin edilebilen sudan değil aynı zamanda havalandırma ve penetrasyon direncinden de etkilenen sınırlayıcı olmayan su aralığı (NLWR) olarak tanımlanmıştır. Bu kavrama dayanarak Da Silva ve ark. (1994) toprak hacim ağırlığını SSA' ya dahil ederek saha ölçeğinde uygulama için SSA yaklaşımını geliştirmiştir. Sonuç olarak SSA, su potansiyeli, havalandırma ve penetrasyon direnci ile ilişkili bitki büyümesi üzerindeki sınırlamaların minimum olduğu toprak su içeriği aralığı olarak tanımlanmaktadır (Da Silva ve ark., 1994; Tormena ve ark., 1999). Aynı zamanda biyolojik işlemlerin toprak suyu veya oksijen mevcudiyeti ile en az sınırlı olduğu hacimsel toprak suyu içeriğinin minimum aralığıdır (Drury ve ark., 2003). Çok faktörlü bir endeks olarak, SSA birçok fiziksel özelliği tek bir değişkene entegre eder (Da Silva ve ark., 1994) ve farklı yönetim sistemleri altında toprak fiziksel kalitesini değerlendirmek için bir gösterge olarak önerilmiştir (Benjamin ve ark., 2003; Lapen ve ark., 2004). Sınırlandırılmış su aralığı, üç ana bitki büyümesini sınırlayıcı faktörün (penetrasyon direnci, havalandırma ve toprak suyu potansiyeli) tek bir parametreye (Da Silva ve ark., 1994) entegrasyonuna izin verdiği için toprak fiziksel kalitesinin değerlendirilmesi için önemli bir endekstir (Tormena ve ark., 1998; Da Silva ve Kay, 2004).

Daha geniş SSA' ya sahip topraklarda, bitkiler tarafından su alımı daha dar SSA' ya sahip topraklara göre daha kolay olmaktadır (Da Silva ve Kay, 1997). Başarılı yönetim uygulamaları, daha geniş bir SSA' ya yol açarken, dar bir SSA, yönetim uygulamalarının o kadar başarılı olmadığını ve ürün verimliliğinin azalmasına neden olduğunu göstermektedir (Zou ve ark., 2000; Chan ve ark., 2006).

Sınırlandırılmış su aralığı ile ilgili olarak, mevcut araştırmalar yönetim uygulamalarının, toprak yapısı ve toprak sıkışması gibi toprak dinamik özellikleri üzerindeki etkilerini hedeflemektedir (Tormena ve ark., 1999; Zou ve ark., 2000; Dalvan ve ark., 2002; Wu ve ark., 2003; Bulmer ve Simpson, 2005). Toprakların organik madde içeriğinin artırılmasının genellikle toprak özellikleri üzerinde olumlu bir etkisi olduğu düşünülmektedir (Alaboz ve Öz 2020). Toprak organik maddesi, toprakların toplam gözeneklilik, hacim ağırlığı, gözenek boyutu dağılımı ve mekanik direncinin, kök gelişimi, bitkiye su ve oksijen temini üzerinde büyük etkisi olan yapısal özelliklerdir (Turgut ve Öztaş, 2012; Akpınar, 2018).

Bu nedenle, bu çalışmanın amacı, kurak ve yarı kurak alanlarda toprak organik maddesindeki değişim ile toprağın sıkıştırılma derecesini azaltmasına bağlı olarak SSA' nın aralığının nasıl değişim gösterdiğini bulmaktır. Bu değişime göre, bitkilerin SSA' nın üst ve alt sınırı arasında daha uzun süre toprak neminden faydalanacağı anlamına gelmektedir. Planlanan çalışmada farklı materyaller kullanılarak organik madde kapsamı artırılan bir toprağın maksimum sıkışma kapasitesindeki SSA değişimi incelenerek, toprağın fiziksel kalitesine etkileri belirlenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Denemenin Kurulması ve Yönetilmesi

Sınırlandırılmış su aralığının değişimini incelemek için, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Sarıcalar Araştırma ve uygulama çiftliğinden, 0-30 cm derinlikten, sıkışma eğilimi yüksek olan yüksek kil içeriğine sahip

toprak örnekleri alınmıştır. Örnekler laboratuvar şartlarında hava kuru hale getirildikten sonra 4 mm' lik elekten geçirilerek deneme kurulmasına hazır hale getirilmiştir. Denemenin kurulması ve yürütülmesi için toprağın genel fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Yapılan analizler ve uygulanan metotlar Çizelge 1'de açıklanmıştır.

Çizelge 1. Denemede kullanılan toprağın ve materyallerin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Parametreler	Toprak	SG	BK	KO	Metot
Kil (%)	52.10	-	-	-	
Silt (%)	32.50	-	-	-	Gee ve Bauder (1986)
Kum (%)	15.40	-	-	-	
OK (%)	1.33	43.48	49.80	20.36	Wright ve Bailey (2001)
CaCO ₃ (%)	23.20	-	-	-	McLean (1983)
pH (H ₂ O, 1:1)	7.64	7.54	8.96	8.80	
EC (H ₂ O, 1:1, µS cm ⁻¹)	748	1330	184	3487	Gugino ve ark. (2009)
Pk (g cm ⁻³)	2.65	-	-	-	Blake ve Hartge (1986)
TK (%)	32.56	-	-	-	
SN (%)	21.60	-	-	-	Cassel ve Nielsen (1986)
FS (%)	10.96	-	-	-	

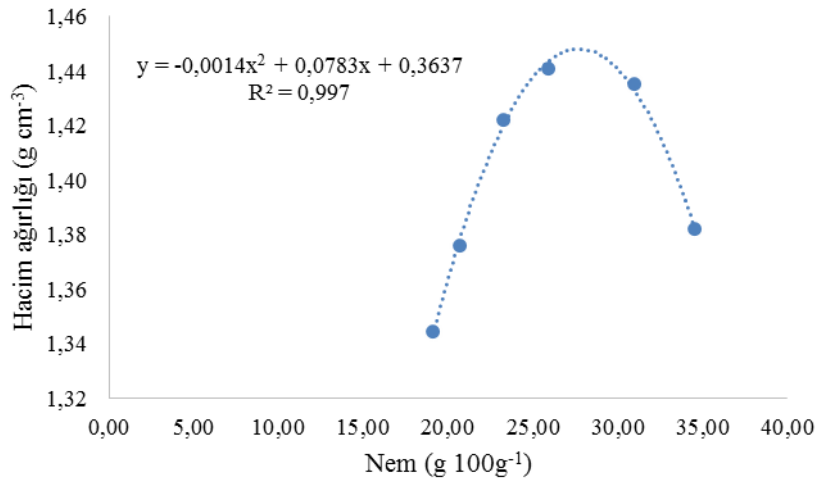
SG, sıgır gübresi; BK, biyokömür; KO, kompost; OK, organik karbon içeriği; CaCO₃, kireç içeriği; EC, elektriki iletkenlik; TK, tarla kapasitesi; SN, solma noktası; FS, faydalı su; Pk, zerre yoğunluğu.

Kullanılan materyallerden sıgır gübresi bölgedeki hayvancılık yapan işletmeden temin edilmiş, biyokömür, mısır hasat artığından, 450°C'de yavaş piroliz yöntemiyle laboratuvar şartlarında üretilmiştir. Kompost ise iğde ağacı budama artığının kompostlaştırılması ile elde edilmiştir. Her 3 materyalin de bazı kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Deneme toprakları fırın kuru ağırlık esasınca 5 kg tartılıp saksılara eklenmeden önce materyal karışımları gerçekleştirilmiştir. Her bir materyal (sıgır gübresi, biyokömür ve kompost) ağırlıkça %0, 0.5, 1, 2 ve 4 oranında toprağa ilave edilerek 60 gün süre ile inkübasyona oda koşullarında (23±3C°) bırakılmıştır. Organik materyaller topraklara karıştırılmadan önce 4 mm'lik elekten elenmiştir. Karıştırılan ve saksılara doldurulan örneklere tarla kapasitesi değerinin %80'ine gelecek şekilde saf su uygulanmıştır. İnkübasyona bırakılan saksılardan 15 günde bir nem örnekleme yapıp ihtiyaç duyulan su (tarla kapasitesinin %80'i) saksılara hesaplanarak tekrar ilave edilmiştir. Altmış gün sonunda SSA hesaplanması için örnekleme yapılmıştır.

Maksimum Hacim Ağırlığının Belirlenmesi

İnkübasyon denemesi sonucunda, toprak hacim ağırlığındaki değişimin belirlenmesi için kontrol toprağına proktor testi uygulanmıştır (Mertoğlu, 1982). Test Çizelge 1'de belirlenen tarla kapasitesi ve solma noktası nemleri arasında gerçekleştirilmiştir (%19.09, 20.69, 23.25, 25.87, 31.00, 34.50, 36.12). Test sonucunda elde edilen verilerden, kontrol toprağının maksimum hacim ağırlığı için gereken nem miktarı %27.96 ve bu nemdeki maksimum hacim ağırlığı ise 1.47 g cm⁻³ olarak hesaplanmıştır (Şekil 1). Deneme deseni, toprakların maksimum hacim ağırlığına ulaştırılacak nemin belirlenmesi ile uygulama yapılan topraklar yaklaşık ağırlık esasına göre %27 nem kapsamına getirilerek standart proktor sıkıştırma testi uygulanmıştır. Uygulanan proktor testi sonucunda deneme topraklarının maksimum hacim ağırlıkları hesaplanmıştır (Çizelge 2).



Şekil 1. Kontrol toprağının proktor testi sonucu

Çizelge 2. Topraklarının maksimum hacim ağırlığı ve porozitesinde ki değişimler

Örnek	Doz (%)	HA (g cm ⁻³)	P
K	0	1.47±0.02 ^a	0.445±0.004 ^h
	0.5	1.36±0.01 ^d	0.487±0.004 ^e
SG	1	1.35±0.02 ^d	0.491±0.004 ^e
	2	1.34±0.01 ^{de}	0.496±0.002 ^{de}
	4	1.28±0.00 ^{sh}	0.517±0.004 ^{ab}
	0.5	1.44±0.01 ^b	0.457±0.003 ^g
BK	1	1.40±0.02 ^c	0.472±0.002 ^f
	2	1.34±0.03 ^{de}	0.494±0.001 ^{de}
	4	1.30±0.01 ^{fg}	0.509±0.000 ^{bc}
	0.5	1.35±0.00 ^d	0.491±0.002 ^e
KO	1	1.34±0.03 ^{de}	0.494±0.004 ^{de}
	2	1.32±0.00 ^{ef}	0.502±0.001 ^{cd}
	4	1.26±0.01 ^h	0.525±0.003 ^a

K: Kontrol; SG: Sığır gübresi; BK: Biyokömür; KO: Kompost; HA: Hacim ağırlığı, P: Porozite

Sınırlandırılmış Su İçeriğinin Belirlenmesi

Sınırlandırılmış su aralığının karakterizasyonu için üst ve alt limitlerin belirlenmesi gerekmektedir. Üst limitler -33 kPa' daki (tarla kapasitesi) toprak suyu içeriği ve porozitenin % 10 eksiğine karşılık gelen hava dolu gözeneklilik (Grable ve Siemer, 1968), alt limitler ise -1500 kPa' daki (solma noktası) ve 2 MPa penetrasyon direncine eşdeğer toprak suyu içeriğidir (Taylor ve ark., 1966). Her bir uygulama yapılan toprakta 2 farklı su tutma ölçümüne karşılık gelen (-33 ve -1500 kPa) basınçlarda, basınç plakası aygıtı kullanılarak ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Basınç plakasına konulmadan önce örnekler 24 saat boyunca yavaşça doyurulmuşlardır. Basınç plakasındaki örneklerde su çıkışının durduğu zaman (yaklaşık 48-72 saat) örnekler çıkarılmıştır. Yaş ağırlık (YA) tartımı yapılan örnekler, 105 °C' deki etüve konularak sabit ağırlığa gelene kadar (24 saat) bekletilmiştir. Etüvden çıkarılan örneklerde tekrar tartım yapıp fırın kuru ağırlıkları (KA) belirlenmiştir. -33 ve -1500 kPa basınç altında tutulan su içerikleri belirlenmiştir. Ayrıca her bir toprak örneği için SSA'nın belirlenmesinde, toprakların alt ve üst limitlerindeki değişimler göz önüne alınmış ve denklemlerden uygun olan seçilerek hesaplanmıştır (Eşitlik 1, 2, 3 ve 4).

$$(\theta_{HDG} \geq \theta_{TK}) \text{ ve } (\theta_{PD} \leq \theta_{SN}); \quad SSA = \theta_{TK} - \theta_{SN} \quad (1)$$

$$(\theta_{HDG} \geq \theta_{TK}) \text{ ve } (\theta_{PD} \geq \theta_{SN}); \quad SSA = \theta_{TK} - \theta_{PD} \quad (2)$$

$$(\theta_{HDG} \leq \theta_{TK}) \text{ ve } (\theta_{PD} \leq \theta_{SN}); \quad SSA = \theta_{HDG} - \theta_{SN} \quad (3)$$

$$(\theta_{HDG} \leq \theta_{TK}) \text{ ve } (\theta_{PD} \geq \theta_{SN}); \quad SSA = \theta_{HDG} - \theta_{PD} \quad (4)$$

θ_{HDG} : Hava dolu gözenekliliğin %10 olduğu nem içeriği

θ_{TK} : Tarla kapasitesi

θ_{SN} : Solma noktası

θ_{PD} : Penetrasyon direnci 2 MPa olduğunda toprağın su içeriği

Penetrasyon direncinin 2 MPa' lık kritik bir değere ulaştığı su içeriği, daha önce benzer özelliklere sahip bir toprakta yapılmış olan penetrasyon direnci modeli (Eşitlik 5) kullanılarak hesaplanmıştır (Çetin, 2018):

$$\theta_{PD} = a * \theta^b * Pb^c \quad (5)$$

θ_{PD} : Penetrasyon direncinin 2 MPa olduğundaki toprak su içeriği (m³ m⁻³)

a = 0.0407

b = -1,8087

c = 7,8695

θ = hacimsel su içeriği (m³ m⁻³)

P_b : Hacim ağırlığı (g cm⁻³)

Hava dolu gözenekliliğin %10'a eşit olduğu su içeriği eşitlik 6 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$\theta_{HDG} = \theta_s - 0.1 \quad (6)$$

θ_s : toprağın doygunluk düzeyi (%)

Üst sınır için tarla kapasitesindeki su içeriği ile hava dolu gözeneklilik arasındaki en düşük değer baz alınmıştır. Alt sınır için ise solma noktasındaki su içeriği ile 2 MPa penetrasyon direncindeki su içeriğinin arasındaki en yüksek değer seçilerek belirlenmiştir.

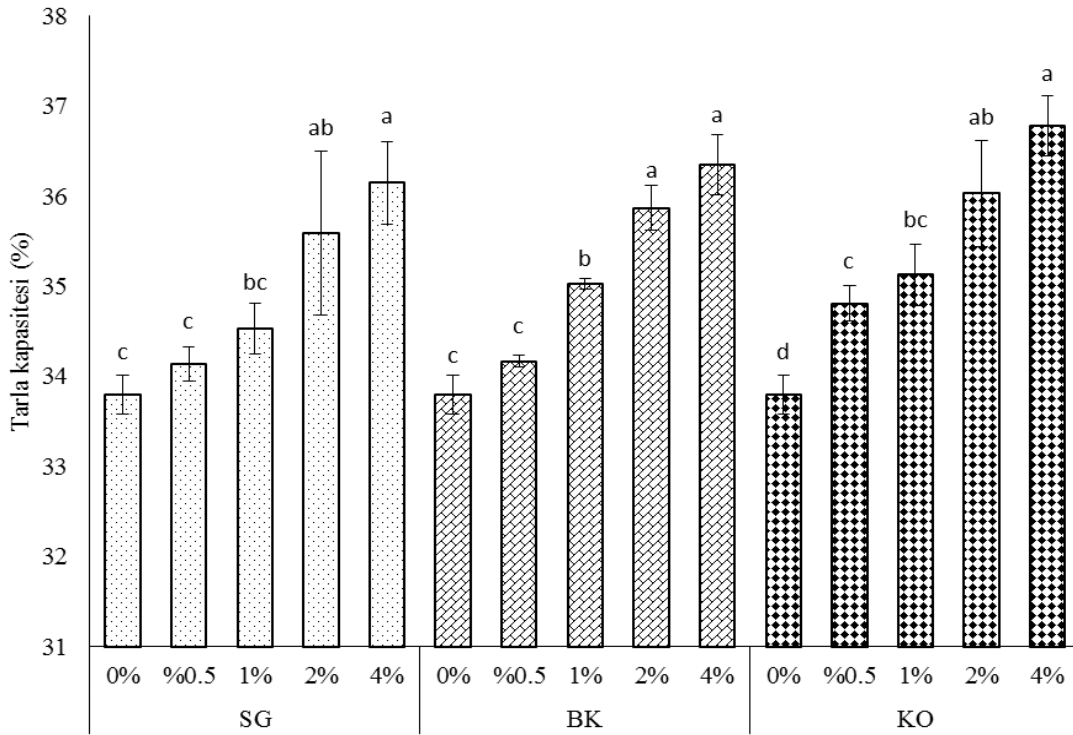
İstatistiksel analizler

Deneme tesadüf parselleri deneme planında 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Uygulamalar arasındaki önemli farklılıkları test etmek için varyans analizi kullanılmıştır. Ortalamalar 0.05 olasılık düzeyinde Tukey çoklu karşılaştırma testi kullanılarak karşılaştırılmıştır. Tüm veri analizlerinde SPSS istatistik yazılımı kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

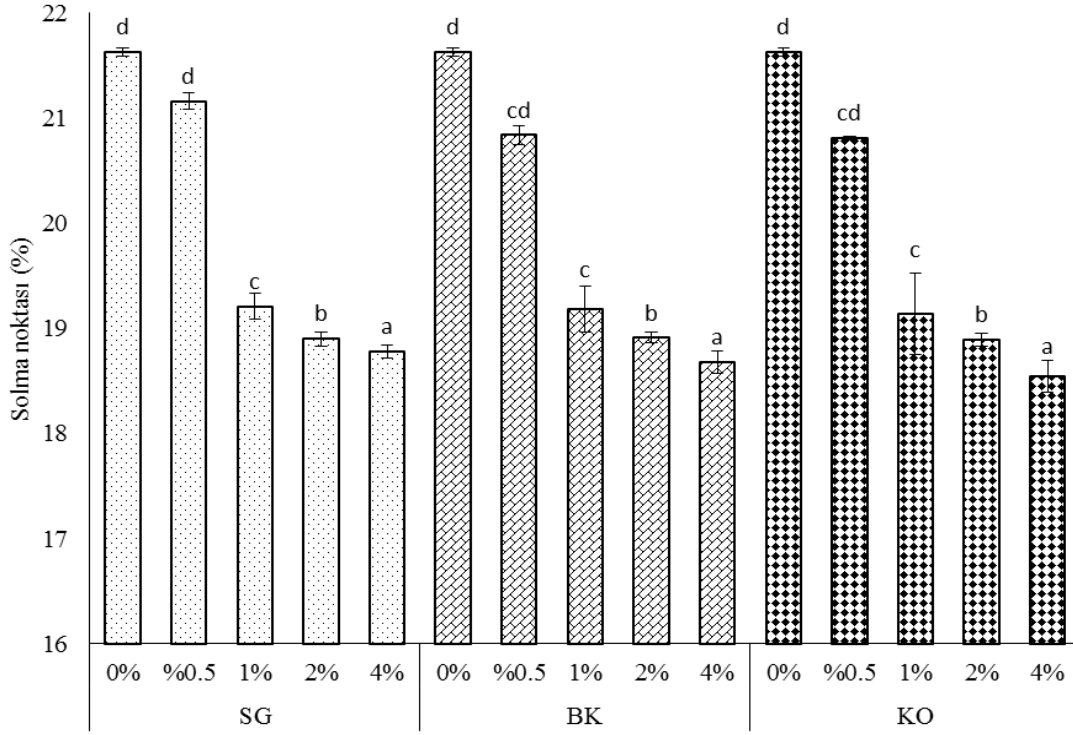
Maksimum sıkıştırma sonucunda kontrol toprağına göre uygulamaların doz oranı arttıkça hacim ağırlığı değerinde düşüş meydana gelmiştir (Çizelge 2). En yüksek hacim ağırlığı değeri 1.47 g cm^{-3} ile kontrol toprağında ölçümü yapılmışken, bu değer uygulamaların en yüksek dozlarında yaklaşık %13 oranında azalmış, ortalama 1.28 g cm^{-3} olarak hesaplanmıştır. Bu düşüş uygulamaların %0.5, 1 ve 2 dozlarında sırasıyla %6.12, 7.48 ve 9.52 olarak hesaplanmıştır. Köklerin büyümesi, su ve besin elementi alımı veya verimi kısıtlaması dikkate alındığında hacim ağırlığındaki, bu düşme var olan kısıtlamaların azaltılabileceğinin bir göstergesidir. Toprakların maksimum hacim ağırlığı değeri ile organik karbon arasındaki ilişkiyi birçok araştırmacı incelemiş, bunlara göre toprakların organik karbon içeriklerindeki artışın hacim ağırlığı değerinin azaldığını, organik karbon içeriğindeki % 1' lik artışın sıkışmanın yoğun olduğu orta tekstürlü topraklar üzerinde en büyük etkiyi oluşturduğunu göstermişlerdir (Hakansson, 1990; Da Silva ve Kay, 1997).

Deneme toprağının tarla kapasitesi değeri %33.80 bulunmuş olup, uygulamaların dozlarındaki artışa bağlı olarak tarla kapasitesi değeri de artmış ve istatistiki olarak önemli farklılık ortaya çıkmıştır ($p<0.05$). Organik materyallerin en düşük dozda uygulandığı örneklerde bu artışın düşük olduğu ve istatistiki olarak kontrol ile aynı grupta yer aldıkları görülmektedir (Şekil 2). Doz artışına bağlı olarak tarla kapasitesi değerinin arttığı en yüksek değere en yüksek doz olan %4' lük uygulamalarda ulaştığı görülmektedir. Sığır gübresi, biyokömür ve kompostun %4' lük uygulamaları kontrole göre tarla kapasitesi değerlerinde sırasıyla %6.95, 7.54 ve 8.81 oranlarında artışlar sağlamıştır. Bu artışlar incelendiğinde kompost materyalinin en yüksek oranda artış gösterdiği görülmektedir. Bu durum kompost materyalinin şişme-büzülme miktarındaki fazlalıktan kaynaklandığı düşünülmektedir.



Şekil 2. İnkübasyon sonucunda tarla kapasitesindeki değişimler.
SG: Sığır gübresi; BK: Biyokömür; KO: Kompost.

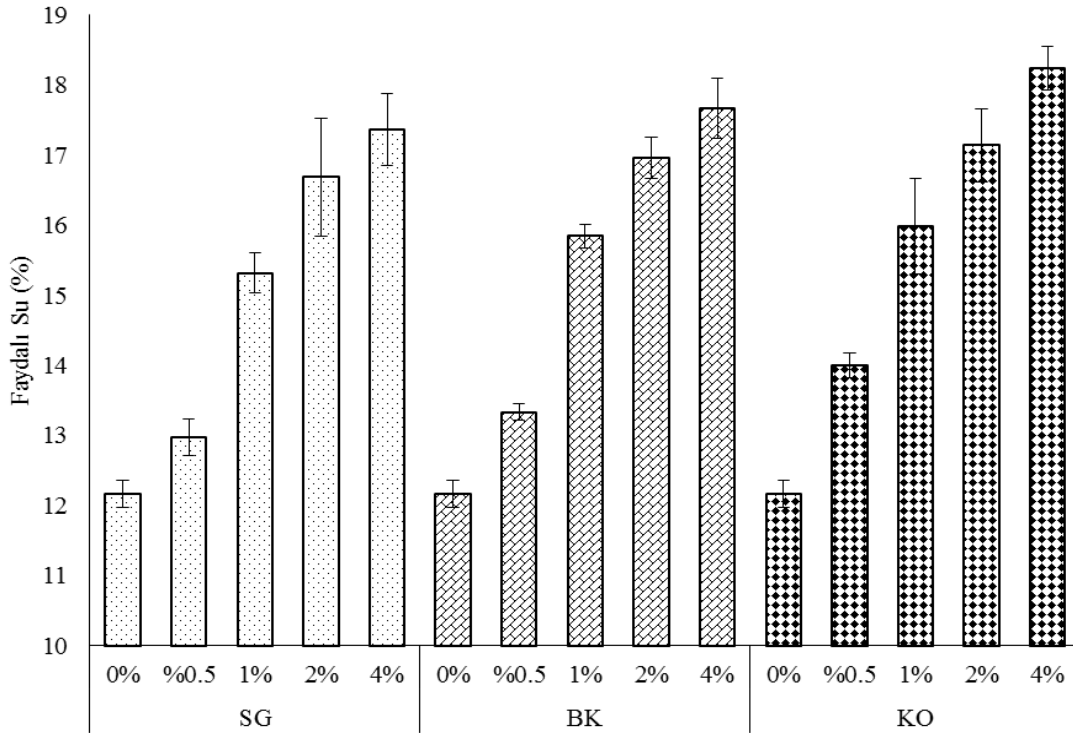
Solma noktası değerleri incelendiğinde ise kontrol toprağında %21.63 ölçülmüş iken bu değer uygulanan materyallerin doz oranı arttıkça azalış sergilemiştir. Azalma oranları kullanılan materyallerin kendi içindeki doz artışı ile yaklaşık benzer oranlarda negatif ilişkiler göstermiş, kullanılan materyallerin aynı uygulama dozları arasındaki farklılıklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (Şekil 3). En yüksek düşüş bütün uygulamaların %4' lük dozunda gerçekleşirken, kompost uygulamasından, biyokömür ve sığır gübresine göre daha düşük değer elde etmiştir.



Şekil 3. İnkübasyon sonucunda solma noktasındaki değişimler.

SG: Sığır gübresi; BK: Biyokömür; KO: Kompost.

Tarla kapasitesindeki artış ve solma noktasındaki düşüş faydalı su içeriğinin artmasına neden olmuştur. Bu artış ise bitkilerin daha fazla su kullanım potansiyeline sahip olduğunun bir göstergesidir. Faydalı su değerleri incelendiğinde kontrol toprağının faydalı su içeriği %12.17 olarak bulunurken, bu değer uygulamaların en yüksek dozunda ortalama %45.93 oranında artarak %17.76 olarak hesaplanmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. İnkübasyon sonucunda faydalı su içeriğindeki değişim

SG: Sığır gübresi; BK: Biyokömür; KO: Kompost.

Sınırlandırılmış su aralığının alt ve üst limitlerini oluşturan tarla kapasitesi ve solma noktasındaki bu değişimler bitkilerin faydalanabileceği su miktarı hakkında bize bilgi vermektedir. Ancak bitkilerin yararlanabileceği su içeriği sadece bu iki faktör tarafından etkilenmemektedir. Toprak sıkışması, penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı, bitkilerin su alım potansiyelini etkilediği bilinmektedir (Da Silva ve Kay, 1997). Bu nedenden dolayı bitkiler için gelişme bozukluğunun başlangıcı olan 2 MPa sıkışma durumundaki toprak su içeriği önemli bir noktayı oluşturmaktadır. Bitki 2 MPa ve üstü toprak sıkışması durumunda kök gelişimi bundan etkileneneğinden, bitkilerin su ve besin elementi sağladıkları toprak miktar sınırlanacaktır. Ayrıca SSA'nın üst kısmını oluşturan ve yeterli bitki büyümesi için makro gözeneklilik sınırı olan hava dolu gözeneklilik değeri de yeterli su-hava dengesinin oluşması için önemlidir (Baver, 1949; Vomocil ve Flocker, 1961; Grable ve Siemer, 1968; Reichert ve ark., 2009).

Yukarıda ifade edilen durumu daha iyi açıklama için uygulamaların SSA'nın değişimine etkilerini gösteren Şekil 5 oluşturulmuştur. Her bir uygulamanın kontrol toprağına göre karşılaştırılması yapılmış ve aralarındaki farklar ortaya konulmuştur.



Şekil 5. Sığır gübresi, biyokömür ve kompost uygulamalarının maksimum hacim ağırlığında SSA'nın değişimine etkisi

Sınırlandırılmış su aralığı için kontrol toprağı incelendiğinde 2 MPa'daki nem içeriği solma noktasının çok üzerinde olduğu görülmektedir. Hacim ağırlığına bağlı olarak artan toprak sıkışması hem tarla kapasitesinde ve hem de solma noktasında toprakta suyun tutulmasını artırabilir, bu durum makro boyutlu gözeneklerin azalmasına bağlı olarak orta ve mikro boyutlu gözeneklerin artması ile toprakta daha fazla su tutulmasını sağladığını göstermektedir (Hill, 1990; Zou ve ark., 2000; Safadoust ve ark., 2014). Ancak, toprak su içeriği solma noktasına gelmeden bitkinin mevcut sıkışmadan dolayı kök gelişiminin engelleneceği öngörülmektedir. Ayrıca hava dolu gözeneklilik ile tarla kapasitesi değerlerinin de birbirlerine yakın olduğu bulunmuştur. Günümüzde topraklar uygulanan mekaniksel kuvvetlerin artması, tohum yatağı hazırlamadaki yanlışlar, uygun olmayan nemlerde toprak işleme ve dönem içerisinde arazilerin birden çok işlem görmesi nedeniyle toprak sıkışmasındaki artış birçok araştırmaya konu olmuştur (Guedes Filho ve ark., 2013; De Lima ve ark., 2020). Özetle bitki köklerinin havalanması ve gelişimini sınırlamada, toprakların faydalı su içeriklerini artıracak uygulamaların bitkilerin gelişimi ve verim potansiyellerine yükselmesini sağlayabilecektir. Aksi durumda kurak bölgelerde bitkilerin su kullanım etkinliği, nemli bölgelerde ise havalanma yetersizliği nedeniyle bitki gelişimi olumsuz etkilenebilecektir. Çalışmada, uygulamaların %0.5'lik dozları incelendiğinde biyokömürün diğer iki materyale kıyasla daha az etkili olduğu görülmektedir. Bu durum %1 ve %2'lik uygulama dozlarında da benzer şekilde çıkmıştır (Şekil 5).

Diğer taraftan, Şekil 5 incelendiğinde kontrole göre SSA miktarı önemli ölçüde artmıştır. Her ne kadar sığır gübresi veya kompost kadar fark sağlayamamış olsa da kontrol toprağına göre biyokömür uygulaması bitki köklerinin havalanması ile kök gelişimine uygun ortam hazırlaması bakımından fark yaratmıştır. Biyokömürün diğerlerine göre daha az artış oluşturması onun daha çok fiziksel yapısı ile ilgili olduğu değerlendirilmektedir. Biyokömürün çoğu çeşitlerinde gözeneklerin büyük bir kısmının 0.002 mm çaptan daha az olduğunu yapılan çalışmalarca belirlenmiştir (Major ve ark., 2009). Her üç uygulamanın %4'lük dozları incelendiğinde ise maksimum sıkışma şartlarında bile toprak yapısındaki gevşek yapıyı kaybetmedikleri bulunmuştur. Bitkiler için SSA'nın geniş bir aralıkta yer aldığı görülmektedir, ayrıca her üç uygulamada 2 MPa'lık sıkışmanın olduğu nem içeriği değerleri neredeyse solma noktası değerine yakın çıkmıştır (Şekil 5). Buda uygulamaların sıkışma probleminin de azaltıcı rol oynadığının ve bununla birlikte bitkilerin toprakta tutulan sudan daha fazla yararlanacağına bir göstergesidir. Toprak sıkışmasının neden olduğu kök sisteminin konfigürasyonundaki değişiklikler ve sıkışmaya bağlı olarak su ve hava dengesinin bozulması, bitkiler tarafından besin alınımını azaltmasının yanında çevreye de olumsuz etkiler yapmaktadır (Reichert ve ark., 2009). Topraklarda organik maddenin de yetersiz olmasıyla birlikte toprak sıkışması, agregatlardaki gözeneklerinin tahrip edilmesine, havalanma ve su sızıntısının azalmasına, toprağın mukavemetinin artmasına, gözenek fonksiyonlarının kötüleşmesine ve kök gelişiminin azalmasına neden olmaktadır (Horn ve ark., 1995; Lipiec ve Hatano, 2003; Dexter, 2004; Lipiec ve ark., 2012). Bunların bir sonucu olarak, toprak erozyonuna neden olabilecek daha belirgin bir yatay su akışına neden olabilmektedir (Horn, 2004). Sınırlanmış su aralığının üst sınırı olan havalanma gözenekliliği ve organik karbon içeriği arasında anlamlı pozitif ilişkiler olduğundan ve artan organik karbon içeriğine bağlı olarak azalan hacim ağırlığının etkisi ile topraklardaki kullanılabilir su içeriği artmıştır (Da Silva ve ark., 1994; Zou ve ark., 2000). Toprak özelliklerindeki değişimlere göre SSA'nın üst sınırları ve alt sınırlarındaki farklılıklar bitkilerin topraktan yararlanabileceği su içeriğini etkilemektedir ve Çizelge 3'te gösterilmiştir. Kontrol toprağında SSA 0.059 olarak ölçülürken %4 KO uygulama dozunda bu fark yaklaşık %290 oranında artarak 0.23 hesaplanmıştır. En yüksek artış kompost uygulamasında görülürken bunu sığır gübresi ve biyokömür takip etmiştir. Biyokömür materyalinin mikro gözenekli yapısından dolayı su tutma potansiyelinde farklılıklar görülmektedir (Gray ve ark., 2014; Weber ve Quicker, 2018). Biyokömür karışımının %0.5 ve 1 dozları incelendiğinde sığır gübresi ve kompost kadar etkili olmadığı görülmektedir.

Çizelge 3. Deneme topraklarının SSA değişimleri

Örnek	Doz (%)	SSA
K	0	0.059±0.02 ^m
	0.5	0.153±0.01 ^j
SG	1	0.164±0.02 ⁱ
	2	0.185±0.01 ^f
	4	0.222±0.00 ^b
	0.5	0.100±0.01 ^l
	1	0.137±0.02 ^k
BK	2	0.189±0.03 ^e
	4	0.216±0.01 ^c
	0.5	0.168±0.00 ^h
	1	0.180±0.03 ^g
KO	2	0.202±0.00 ^d
	4	0.230±0.01 ^a

K: Kontrol; SG: Sığır gübresi; BK: Biyokömür; KO: Kompost; SSA: Sınırlayıcı su aralığı

Toprakların SSA değerleri toprak işleme, tarla trafiği, ıslanma-kuruma, donma-çözünme olaylarına ve organik karbon miktarının değişimine bağlı olarak farklılık göstermektedir (Kay ve ark., 1997). Kay ve ark. (2006) tarafından yapılan çalışmada SSA'nın değişim oranı, toprakların kararlılık ve esneklik özelliklerinin bir fonksiyonu olduğu ve bu özelliklerin de organik karbon içeriklerinden etkilenmesi ile meydana geldiği bildirilmiştir. Bununla birlikte, bugüne kadar yapılan çalışmalarda SSA'nın değişim oranlarının kararlılık veya esneklikteki değişikliklere cevaben nicel tahminlerine izin veren hiçbir fonksiyonel ilişki kurulmamıştır. Sonuç olarak, organik karbon içeriklerindeki değişikliklerin zaman içinde SSA'daki değişiklik üzerindeki etkisi değerlendirilmemiştir (Kay ve ark., 1997). Bu çalışma verileri göstermektedir ki organik karbon miktarındaki artışa bağlı olarak topraklardaki sıkışmanın azalması, bitkilerin gelişebileceği SSA limitlerini arttırmıştır. Topraklardaki organik karbon miktarındaki değişim ile plastik özellikleri artacağından toprak hacim ağırlığında azalma ve ilave edilen materyallerin boşluk oranlarındaki farklılıklar ve yüzey alanındaki değişimler ile toprakların su tutma potansiyeli etkilenmektedir (Yang ve Lu 2020).

Sonuç

Bitkisel üretimde, tohum ekiminden sonra çimlenme ve filiz çıkışından hasada kadar olan dönemde kök gelişimine uygun bir ortam hazırlanması verim ve kaliteyi önemli ölçüde etkilemektedir. Ayrıca toprakların suyu depolayabileceği gözenek yapısının geliştirilmesi özellikle kurak ve yarı kurak alanlarda üretimin sürdürülebilirliğine önemli katkılar oluşturmaktadır. Yapılan çalışmada kullanılan her üç organik materyal de bitkilerin kullanımına uygun faydalı su içeriğini artırmada, doz artışı ile artan şekilde, benzer olumlu etki gösterilmiştir. Bu nedenle her üç materyalin de ekonomikliği dikkate alınarak faydalı su içeriğini artırmada kullanılabilirliği görülmüştür. Toprak sıkışmasının azaltılması ve havalanma gözenekliliğini artırılması ile SSA'nın genişletilmesi bakımından her üç organik materyal de etkili olmakla birlikte, en etkin materyalinin kompost olduğu, bunu sığır gübresi ve biyokömür uygulamalarının takip ettiği görülmektedir. Uygulamalar arasındaki bu farklılıkların yüzey alanlarındaki farklılıklardan meydana geldiği öngörülmektedir. Bu artışların daha fazla SSA'nın alt limitinde, 2 MPa su içeriğinde, meydana geldiği tespit edilmiştir. Yönetim uygulamalarıyla birlikte artan sıkışmanın su kullanımını etkilediği ve SSA'yı daralttığı topraklarda, kompost, sığır gübresi ve biyokömür gibi materyallerin kullanımı gerek bitki gelişimi ve gerekse tarımsal sürdürülebilirliğin sağlanması üzerinde büyük etkiye sahip olacaktır. Genel anlamda su sıkıntısı yaşayan bölgemiz topraklarında kompost, sığır gübresi ve biyokömür gibi organik karbon miktarını artırıcı uygulamaların teşvik edilmesinin gerekliliği bir kez daha farklı boyutta ortaya konmuştur.

Kaynaklar

- Akpınar Ç, 2018, Farklı Organik Gübre Uygulamalarının Mısır Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementleri Alımına Etkileri. Alatarım, 33.
- Alaboz P, Öz H, 2020. Biyokömür ve Solarizasyon Uygulamalarının Bazı Toprak Fiziksel Özellikler Üzerine Etkileri., Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 35 (2), 208-214.
- Baver L, 1949. Practical values from physical analyses of soils. Soil science. 68 (1): 1-14.
- Benjamin J, Nielsen D, Vigil M, 2003. Quantifying effects of soil conditions on plant growth and crop production. Geoderma. 116 (1-2): 137-148.
- Blake G R, Hartge K, 1986. Bulk density. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods. vol. 5. pp.363-375.
- Bulmer C, Simpson D, 2005. Soil compaction and water content as factors affecting the growth of lodgepole pine seedlings on sandy clay loam soil. Canadian Journal of Soil Science, 85 (5): 667-679.
- Cassel D, Nielsen D, 1986. Field capacity and available water capacity. Methods of soil analysis: Part 1 Physical and mineralogical methods. vol. 5. pp. 901-926.
- Chan K, Oates A, Swan A, Hayes R, Dear B, Peoples M, 2006. Agronomic consequences of tractor wheel compaction on a clay soil. Soil and Tillage Research. 89 (1): 13-21.
- Chen G, Weil R R, Hill R L, 2014. Effects of compaction and cover crops on soil least limiting water range and air permeability. Soil and Tillage Research 136: 61-69.
- Çetin A, 2018. Toprak nemi ve hacim ağırlığının penetrasyon direncine etkisi. Yüksek Lisans Tezi Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Da Silva A, Kay B, Perfect E, 1994. Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal. 58 (6): 1775-1781.
- Da Silva A P, Kay B, 1997. Effect of soil water content variation on the least limiting water range. Soil Science Society of America Journal. 61 (3): 884-888.
- Da Silva A P, Kay B, 2004. Linking process capability analysis and least limiting water range for assessing soil physical quality. Soil and Tillage Research. 79 (2): 167-174.
- Dalvan R, Richard W, Birl L, Francisco A, 2002. Compaction effects on least limiting water range and plant growth. 17. World congress of soil science, 14-21 August, Bangkok (Thailand),
- De Lima R P, Keller T, Giarola N B, Tormena C A, Da Silva A R, Rolim M M, 2020. Measurements and simulations of compaction effects on the least limiting water range of a no-till Oxisol. Soil Research. 58 (1): 62-72.
- Dexter A R, 2004. Soil physical quality: Part I. Theory, effects of soil texture, density, and organic matter, and effects on root growth, Geoderma, 120 (3-4), 201-214.
- Drury C, Zhang T, Kay B, 2003. The non-limiting and least limiting water ranges for soil nitrogen mineralization. Soil Science Society of America Journal. 67 (5): 1388-1404.
- Gee G, Bauder J, 1986. Particle-size analysis. In A. Klute (ed.) Methods of soil analysis. Part 1. Agron. Monogr. 9. ASA and SSSA, Madison, WI, Particle-size analysis. . pp. 383-411.
- Grable A R, Siemer E, 1968. Effects of bulk density, aggregate size, and soil water suction on oxygen diffusion, redox potentials, and elongation of corn roots. Soil Science Society of America Journal. 32 (2): 180-186.
- Gray M, Johnson M G, Dragila M, Kleber M, 2014. Water uptake in biochars: The roles of porosity and hydrophobicity. Biomass and Bioenergy, 61, 196-205.
- Guedes Filho O, Blanco-Canqui H, Da Silva A, 2013. Least limiting water range of the soil seedbed for long-term tillage and cropping systems in the central Great Plains USA. Geoderma. 207: 99-110.

- Gugino B K, Abawi G S, Idowu O J, Schindelbeck R R, Smith L L, Thies J E, Wolfe D W, Van Es H M, 2009. Cornell soil health assessment training manual. Cornell University College of Agriculture and Life Sciences.
- Hakansson I, 1990. A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil and Tillage Research*. 16 (1-2): 105-120.
- Hill R, 1990. Long-term conventional and no-tillage effects on selected soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*. 54 (1): 161-166.
- Horn R, Domzzal H, Slowinska-Jurkiewicz A, Van Ouwerkerk C, 1995, Soil compaction processes and their effects on the structure of arable soils and the environment. *Soil and Tillage Research*, 35 (1-2), 23-36.
- Horn R, 2004. Time dependence of soil mechanical properties and pore functions for arable soils. *Soil Science Society of America Journal*. 68 (4): 1131-1137.
- Kay B, Silva Ad, Baldock J, 1997. Sensitivity of soil structure to changes in organic carbon content: predictions using pedotransfer functions. *Canadian Journal of Soil Science*. 77 (4): 655-667.
- Kay B, Hajabbasi M, Ying J, Tollenaar M, 2006. Optimum versus non-limiting water contents for root growth, biomass accumulation, gas exchange and the rate of development of maize (*Zea mays* L.). *Soil and Tillage Research*. 88 (1-2): 42-54.
- Kunz M, Gonçalves A D M d A, Reichert JM, Guimaraes R M L, Reinert D J, Rodrigues M F, 2013. Compactação do solo na integração soja-pecuária de leite em Latossolo argiloso com semeadura direta e escarificação. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*. 37 (6): 1699-1708.
- Lapen D, Topp G, Gregorich E, Curnoe W, 2004. Least limiting water range indicators of soil quality and corn production, eastern Ontario, Canada. *Soil and Tillage Research*. 78 (2): 151-170.
- Letey J, 1958. Relationship between soil physical properties and crop production. In: *Advances in soil science*. Eds: Springer. pp. 277-294.
- Lipiec J, Hatano R, 2003. Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*. 116 (1-2), 107-136.
- Lipiec J, Horn R, Pietrusiewicz J, Siczek A, 2012. Effects of soil compaction on root elongation and anatomy of different cereal plant species. *Soil and Tillage Research*. 121, 74-81.
- Major J, Steiner C, Downie A, Lehmann J, Joseph S, 2009. Biochar effects on nutrient leaching. *Biochar for environmental management: Science and technology*. pp. 271.
- McLean E, 1983. Soil pH and lime requirement. *Methods of soil analysis: Part 2 Chemical and microbiological properties*. 9: 199-224.
- Mertoğlu S, 1982. *Toprak Mekaniği Laboratuvarı El Kitabı. TC Köyşileri ve Kooperatifler Bakanlığı. Topraksu Genel Müd. Yayın No: 713.*
- Reichert J M, Suzuki L E A S, Reinert D J, Horn R, Hakansson I, 2009. Reference bulk density and critical degree-of-compactness for no-till crop production in subtropical highly weathered soils. *Soil and Tillage Research*. 102 (2): 242-254.
- Safadoust A, Feizee P, Mahboubi A, Gharabaghi B, Mosaddeghi M, Ahrens B, 2014. Least limiting water range as affected by soil texture and cropping system. *Agricultural Water Management*. 136: 34-41.
- Taylor H M, Roberson G M, Parker Jr J J, 1966. Soil strength-root penetration relations for medium-to coarse-textured soil materials. *Soil science*. 102 (1): 18-22.
- Tormena C, Silva A d, Libardi P, 1998. Caracterização do intervalo hídrico ótimo de um Latossolo Roxo sob plantio direto, *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 22 (4): 573-581.
- Tormena C A, da Silva A P, Libardi P L, 1999. Soil physical quality of a Brazilian Oxisol under two tillage systems using the least limiting water range approach. *Soil and Tillage Research*. 52 (3-4): 223-232.
- Turgut B, Öztaş T, 2012. Penetrasyon direncini etkileyen bazı toprak özelliklerinin yersel değişiminin belirlenmesi. *Journal of Agricultural Sciences*. 18 (12).
- Veihmeyer F, Hendrickson A, 1950. Soil moisture in relation to plant growth. *Annual review of plant physiology*. 1 (1): 285-304.
- Vomocil J, Flocker W, 1961. Effect of soil compaction on storage and movement of soil air and water. *Trans. Am. Soc. Agric. Eng.*: 4.
- Weber, K, Quicker, P, 2018. Properties of biochar. *Fuel*, pp. 240-261.
- Wright A F, Bailey J S, 2001. Organic carbon, total carbon, and total nitrogen determinations in soils of variable calcium carbonate contents using a Leco CN-2000 dry combustion analyzer. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32 (19-20): 3243-3258.
- Wu L, Feng G, Letey J, Ferguson L, Mitchell J, McCullough-Sanden B, Markegard G, 2003. Soil management effects on the nonlimiting water range. *Geoderma*. 114 (3-4): 401-414.
- Yang C, D, Lu S, G, 2020. Effects of five different biochars on aggregation, water retention and mechanical properties of paddy soil: A field experiment of three-season crops. *Soil and Tillage Research*. 205, 104798.
- Zou C, Sands R, Buchan G, Hudson I, 2000. Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. *Soil Research*. 38 (5): 947-958.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Yabani nohut genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığında stoma iletkenlik indeksi değişimleri

Fatma Başdemir 1,* Mehmet Yıldırım 2

¹ Harran Üniversitesi, Ceylanpınar Tarım Meslek Yüksekokulu, Şanlıurfa

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

Özet

Yaygın olarak yetiştirilen kültür nohutları içerisinde kurağa ve sıcağa dayanım yönünden genetik varyasyon çok geniş değildir. Bu nedenle nohutta yabancı türlerden dayanıklılık kaynaklarının ortaya çıkarılması önem arz etmektedir. Bu çalışmada yabancı nohut genotiplerinin yüksek buhar basıncı açıklığı (VPD) koşullarında stoma iletkenlik indeksi değişimleri yüksek sıcaklık stresine tepki yönünden değerlendirilmiştir. Deneme materyali 26 yabancı nohut genotipi ve 4 nohut çeşidinden oluşmaktadır. 26 yabancı nohut genotipinin 20 tanesi *Cicer reticulatum*, 6 tanesi *Cicer echinospermum* türü içinde yer almaktadır. Bitkiler ölçüm zamanına kadar Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi sera koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yetiştirilmiştir. Ölçümler kontrollü koşullarda sıcaklık ve nem ayarlanarak oluşturulan yüksek VPD stresi altında çiçeklenme öncesi ve bakla dolum döneminde gerçekleştirilmiştir. Her iki dönemde genotipler arasında bitki sıcaklığı ve stoma iletkenlik indeksi (*lg*) yönünden önemli farklılıklar belirlenmiştir. Genel anlamda yüksek genotipik varyasyona sahip yabancı nohut genotiplerinde bitki sıcaklığı ve stoma iletkenliği yönünden değişim sınırları çok geniş bulunmuştur. Yabancı türlerde çiçeklenme öncesi dönemde ortalama *lg* kültür genotiplerinden yüksekken, generatif dönemde düşük bulunmuştur. Yüksek *lg* değeri genotiplerde bitki serinleme yeteneği ve yüksek transpirasyonun göstergesi olmuştur. Çiçeklenme öncesi dönemde 11, bakla dolum döneminde ise 5 yabancı nohut genotipinde *lg* değeri kültür çeşitleri ortalamasından daha yüksek bulunmuştur. Yabancı türlerden *C. reticulatum*'da *lg* değeri her iki dönemde de *C. echinospermum* genotip ortalamalarından yüksek bulunmuştur. Eğil-073 ve Sırnak 060 yabancı genotipleri her iki dönemde kültür genotiplerinden yüksek *lg*'ye sahip olarak, sıcaklık stresine karşı stabil dayanım göstermiştir. Sonuçlar mevcut genotiplerin nohutta sıcağa ve kurağa dayanıklılık ıslah programlarında başlangıç materyali olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler: Stoma iletkenlik indeksi (*lg*), Yabancı nohut, Yüksek buhar basıncı açıklığı, Sıcaklık stresi.

Stomatal conductance index changes in wild cicer genotypes at high vapor pressure deficit

Abstract

Genetic variation in resistance to drought and heat stress is not very large among cultivated chickpeas. Hence, revealing the sources of resilience from wild species in chickpea is important. In this study, changes in the stomatal conductance index of wild chickpea genotypes were evaluated in terms of response to high temperature stress under high vapor pressure deficit (VPD) conditions. The research material is composed of 26 genotypes of wild chickpea and 4 varieties of cultivated chickpea. The *Cicer reticulatum* contains 20 of the 26 wild chickpea genotypes, and the *Cicer echinospermum* genus contains 6. Before the plants were measured, in the Dicle University Faculty of Agriculture were grown to the randomized complete bloc design with 4 replications in the greenhouse conditions. The measures were performed before flowering and pod filling in controlled conditions, generating high VPD stress through temperature and humidity adjustment. In general, the limits of change in plant temperature and stomatal conductivity were found very broad in wild chickpea genotypes with high genotypic variation. While the average *lg* was higher than the cultivar genotypes in the wild species during the pre-flowering period, it was found lower in the generative period. The high *lg* value suggested plant cooling capability and high transpiration in genotypes. 11 wild chickpea genotypes in the vegetative period and 5 wild chickpea genotypes in the generative period had a higher *lg* value than the average cultivar value. *lg* in *C. reticulatum* was found to be higher than *C. echinospermum* genotype in both periods of the wild species. In both periods, the wild genotypes of Eğil-073 and Sırnak 060 have a higher *lg* than the cultivar genotypes and showed stable resistance to heat stress. The findings show that existing genotypes could be used as pre-breeding material in chickpea breeding programs for heat and drought resistance.

Keywords: Stomatal Conductance Index (*lg*), Wild Cicer, High Vapor Pressure Deficit, Heat Stress.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0414 318 3727

E-posta : fatmabasdemir@harran.edu.tr

Geliş Tarihi : 01 Eylül 2020

Kabul Tarihi : 29 Kasım 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.789236

Giriş

Bitkilerde stoma iletkenliği, kök özellikleri, su kullanım etkinliği ve osmotik ayarlama (OA) kuraklıktan kaçmayı sağlama yönünden seleksiyona izin veren bazı önemli mekanizmalardır. Bitki kuraklık stresi altında stomalar yoluyla transpirasyon aktivitesini düzenleyerek su kaybını en aza indirebilir. Stoma iletkenliğinin bir sonucu olarak bitkinin serinleme yeteneğini yansıtan bitki sıcaklığı stoma aktivitesinin tahmininde kullanılmaktadır. Bitki topluluğundaki sıcaklık değişimlerini bir infra-thermo kamera kullanarak sayısallaştırmak mümkündür. Bu farklılıkların pirinç, patates, buğday ve şeker pancarı gibi bitkilerde transpirasyonla çok iyi bir şekilde ilişkili olduğu ortaya konmuştur (Upadhyaya ve ark., 2010).

Stoma iletkenliği, yüksek sıcaklık stresine dayanıklılıkta seleksiyon kriteri olarak kullanılan en önemli fizyolojik özelliklerden biridir. (Fischer ve ark., 1998; Amthor 2001; Bavec ve Bavec 2001; Reynolds ve ark., 2001; Soltani ve Galeshi 2002; Koç ve ark., 2003; Bahar ve ark., 2009; Yıldırım ve ark., 2009).

Toprakta su yönünden kısıtlama olmadığında, bitki sıcaklığının azalması buhar basıncı azalmasıyla doğrusal ilişki vermekte (Idso ve ark., 1981), toprakta su azaldıkça ve stomalar kapanmaya başladıkça yaprak sıcaklığı artarak sonuçta hava sıcaklığını bile geçebilmektedir. Bu nedenle, birden fazla yörede, buğdayda bitki örtüsü sıcaklığı ve bayrak yaprak stoma iletkenliği bitkilerin tarlada yetiştirme performansıyla doğrusal ilişkili bulunmuştur (Reynolds ve ark., 1994). Sıcaklıkla ilgili ölçümler, verimle en kuvvetli ilişkiyi, suyun kısıtlı olmadığı, ancak sıcaklık baskısının olduğu koşullarda vermektedir (Reynolds ve ark., 1994). Çukurova Bölgesinde yapılan çalışmalar, bayrak yaprak fotosentez hızı ve stoma iletkenliği gibi özelliklerin yüksek sıcaklığa tolerans yönünden ön plana çıktığını göstermiştir (Koc ve ark., 2008).

Meksika'da, başta bitki örtüsü sıcaklığı (BÖS) olmak üzere birçok fizyolojik özellik değerlendirilerek sıcaklık stresinde seleksiyon yapılmasıyla verimde sağlanan ilerleme ile aynı genotiplerin dünyanın diğer sıcak bölgelerindeki verim performanslarında önemli artışlar sağlanmış ve seleksiyon etkinliği teyit edilmiştir. (Reynolds ve ark., 1994). BÖS ve SPAD metrenin verim ile olan ilişkisinin daha güçlü belirlenebilmesi ve ıslahta seleksiyon kriteri olarak kullanılabilmesi için bu özelliklerin farklı stres koşullarında ve farklı bitki gelişim dönemlerindeki değişimleri ve tutarlılığının belirlenmesi tavsiye edilmektedir (Yıldırım ve ark., 2009). Mısır bitkisinde yüksek sıcaklık ve buhar basıncı açıklığı (VPD), stoma iletkenliğini önemli seviyede etkilemektedir (Yang ve ark., 2012). Kuraklığı takiben net fotosentez ve su kullanım etkinliğindeki azalışa paralel olarak stomalar kademeli bir şekilde kapanmakta, stoma iletkenliği yalnızca topraktaki su içeriğiyle değil içsel ve dışsal faktörlerin karmaşık bir etkileşimiyle kontrol edilmektedir (Farooq ve ark., 2009). Yüksek sıcaklık stresi altında ekmeklik buğday genotipleri arasında stoma iletkenliği bakımından önemli farklılık olmamasına rağmen gelişim dönemlerine bağlı olarak ölçümler arasında farklılıklar bildirilmiştir (Bahar ve ark., 2011).

Kuraklık toleransına sahip nohut genotipleri sulu koşullarda vejetatif gelişim döneminde daha düşük bitki örtüsü (canopy) iletkenliğine sahipken, erken bakla doldurma döneminde bitki örtüsü iletkenliği artış göstermektedir (Zaman-Allah ve ark., 2011a). Nohutta ideal olarak kabul edilen kurağa dayanıklılık modelinde; vejetatif dönemde dayanıklı genotipler hassas genotiplerden daha az su tüketip ve daha düşük stoma iletkenlik indeksine sahip olurken, çiçeklenmeden sonra daha fazla kullanılmaktadırlar. Bu durumda nohut bitkisi kuraklığa dayanıklılık mekanizması olarak kurak koşullarda erken gelişim döneminde suyu idareli kullanarak, toprakta tane büyümesinde kullanmak üzere daha fazla su rezervi bırakarak verim stabilitesini garanti altına almakta ve bu mekanizmayı başlangıçta düşük bitki örtüsü iletkenliğiyle sağlayabilmektedir (Zaman-Allah ve ark., 2011b).

İslahta bazı arzu edilmeyen karakterleri bulundurmasının yanısıra yabancı *Cicer* türleri biyotik ve abiyotik streslere dayanıklılık sağlayan özelliklere sahiptir (Robertson ve ark., 1997; Singh ve ark., 1998; Croser ve ark., 2003). Nohutun abiyotik stres faktörlerine dayanıklılığını artırmak amacıyla, Türkiye'de yabancı nohut populasyonlarını içeren ve ana gen merkezi olarak kabul edilen 60.000 km²'lik alan içerisindeki 24 bölgeden toplanan ve bu çalışmanın materyalini oluşturan yeni yabancı nohut genotiplerinin çok geniş varyasyona sahip olduğu belirlenmiştir (von Wettberg ve ark., 2018). Örneğin bu genotipler *Helicoverpa armigera* türüne karşı diğer dayanıklı bilinen türlerden yaklaşık 3.5 kat daha dirençli genotipler içermektedir. Ayrıca *Pratylenchus thornei* ye karşı dayanıklılık yönünden bilinen dayanıklı çeşitlerden daha fazla dayanıklılığa sahiptir (Reen ve ark., 2019). Bulunan bu yabancı genotipler tane rengi ve kurağa dayanım yönünden çevresel değişimlerle ilişkili bulunmuştur. Yabancı genotipler abiyotik stres faktörlerinden kuraklığa dayanıklılıkta su kullanım yönünden kültür çeşitlerine kıyasla daha geniş varyasyon göstermiştir. Ayrıca genotipler arasında tohum besin elementi içeriği, fenoloji ve sığa tolerans yönünden geniş varyasyon mevcuttur (von Wettberg ve ark., 2018). Bu araştırmada, kontrollü koşullarda oluşturulan yüksek buhar basıncı açıklığında yabancı ile kültür nohutlarının stoma iletkenlik indeksleri yönünden değişimleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma materyali Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde 2013 yılının Mayıs-Haziran ayları arasında yabancı nohut populasyonu içerdiği bilinen 60.000 km²'lik 24 alandan toplanan (GBIF.org ve genesis-pgr.org) 26 yabancı nohut genotipi ve 4 nohut çeşidinden oluşmaktadır. 26 yabancı nohut genotipinin 20 tanesi *Cicer reticulatum*, 6 tanesi *Cicer echinospermum* türü içinde yer almaktadır (Çizelge 1).

Araştırmada kullanılan kültür çeşitleri Güneydoğu Anadolu Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi'nden (GAPUTAEM) temin edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 1. Yabancı nohut genotiplerinin toplandığı bölgelere ait bilgiler.

Genotip	Tür	Biyotip	Enlem	Boylam	Yükseklik
Deste_080	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.78	39.17	738.86
Gunas_062	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	38.01	39.37	841.60
Karab_092	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.82	39.76	1264.41
Ortan_066	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.47	39.56	861.33
Cermik_075	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	38.05	39.42	770.30
S2Drd_065	<i>Cicer echinospermum</i>	yabani	37.82	39.64	1125.82
Egil_065	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.27	40.06	987.44
Egil_073	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.27	40.06	988.06
Kalka_064	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.16	40.09	841.85
Kesen_075	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	38.20	39.61	890.61
Besev_075	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.85	902.23
Besev_079	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.86	902.06
Derei_070	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	41.02	992.83
Derei_072	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	41.02	992.42
Kayat_077	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.52	40.94	1086.14
Sarik_067	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.55	41.02	1002.58
Savur_063	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.55	40.91	914.56
Bari1_092	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.49	41.37	976.17
Bari2_072N2	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.46	41.38	961.33
Bari3_072C	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	960.62
Bari3_100	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	950.74
Bari3_106D	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.47	41.39	952.13
Oyali_084	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.73	37.80	940.23
CudiB_022C	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.43	42.50	1366.59
CudiA_152	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.43	42.49	1285.94
Sirnak_060	<i>Cicer reticulatum</i>	yabani	37.54	42.45	1658.92

Çizelge 2. Denemede kullanılan genotip ve kaynak bilgileri.

Çeşit ismi	Tür	Bio-tip	Hat	Kaynak	İslah yöntemi
Çağatay	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-89-7-C	ICARDA	İntrodüksiyon
Dikbaş	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-85-58	ICARDA	İntrodüksiyon
Diyar-95	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-83-47-C	ICARDA	İntrodüksiyon
Gökçe	<i>Cicer arietinum</i>	kültür	FLIP-87-8-C	ICARDA	İntrodüksiyon

Ekimden önce yabancı nohut genotiplerinin tohum kabuğu kırma işlemi yapılmıştır. Ardından ön çimlendirmesini sağlamak için steril petri kaplarında saf su içinde 25°C'de 3 gün süre ile karanlık koşullarda çimlendirmeye alınmıştır. Petri kaplarındaki saf su hastalık ve diğer zararlı etkenlerin bulaşmasını engellemek için 12 saatte bir yenilenmiştir.

Sera koşullarında bitki yetiştirme amaçlı 6 inç (18.5 cm tavan çapı, 15.5 cm taban çapı ve 16 cm yükseklik) ebatında saksılar kullanılmıştır. Denemede vertisol özellikteki toprak kullanılmış, topraklar 1.0 cm'den büyük taş ve atık maddelerden ayıklanmış ve hassas terazi (0.01 gr hassasiyetli Mettler Toledo ML4002/01) ile ~3.750 kg olacak şekilde tartılarak saksılara doldurulmuştur. Kullanılan toprak killi tınlı yapıya sahip su tutabilen toprak yapısındadır.

Çimlendirilmiş ve ilk kökçük çıkışı sağlanmış tohumlar kökçüklerine zarar vermemek için önceden toprakta

uygun gözenekler açılarak her bir saksıya 4 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Ekim yapıldıktan hemen sonra saksılara tohum çıkışını sağlamaya yetecek kadar su verilmiştir. Toprağın aşırı killi olması ve yabancı nohutların kültür koşullarında yetiştirilmesinin zor ve çimlenme aşamasında kırılğan olması nedeniyle bitkilerin çıkışını takiben toprak çatlamasını önlemek ve herhangi bir stres oluşmasına izin vermemek için tüm saksılara düzenli su verilerek bitkilerin gelişimi sağlanmıştır. Ekimden iki hafta sonra saksılarda birbirine eşit ve sağlıklı bitkiler kalacak şekilde seyreltme yapılmış ve her saksıda iki bitki bırakılmıştır. Bitkinin köklerinin toprakta iyi gelişmesini sağlamak için metal bir kazıyıcıyla bitkinin köklerine zarar vermeyecek şekilde düzenli aralıklarla 2 cm derinliğinde toprak yüzeyi karıştırılarak toprak havalandırılmıştır. Bitkilerin sera içinde çevre koşullarından eşit seviyede etkilenmeleri için saksıların yeri ölçümler başlayana kadar 3-4 kez değiştirilmiştir. Bitkiler gözlem zamanına kadar Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi sera koşullarında tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yetiştirilmiştir.

Stoma iletkenlik indeksi hesaplamaları çiçeklenme öncesi ve bakla dolum dönemi olmak üzere iki farklı gelişim döneminde ölçülmüştür. Bu döneme kadar bitkiler serada yetiştirilmiş, artan VPD koşullarında ölçüm yapmak için ölçümden bir gün önce bitkiler sıcaklık, nem ve ışığın ayarlanabildiği kontrollü bitki yetiştirme kabinine aktarılmıştır. Stoma iletkenlik indeksi ölçümleri çiçeklenme öncesi vejetatif gelişim döneminde ekimden 64 gün sonra 920 °C gün sıcaklık toplamında ve bakla dolum döneminde ekimden 92 gün sonra 1475 °C gün sıcaklık toplamında ölçülmüştür. Derece gün (°C) sıcaklık değeri ekimden sonra 0°C'nin üzerindeki günlük ortalama sıcaklıkların toplanmasıyla belirlenmiştir.

Kontrollü koşullarda sıcaklık ve nem ayarlanarak farklı VPD koşulları oluşturulmuştur. Farklı ölçüm dönemlerinde elde edilen VPD değerleri Çizelge 3'te verilmiştir. Bitki sıcaklığı en yüksek VPD değerinde (en yüksek sıcaklık ve en düşük nem) FLIR E60 termal kamera ile (harici optik iletkenliği 1, emisyonu 0.95) ölçülmüştür. Termal kameradan elde edilen görüntüler FLIR software programı kullanılarak bitkide 30-50 yaprakçığı içerecek şekilde ortalama sıcaklık değerlerine dönüştürülmüştür.

Bitki topluluğu sıcaklığından stoma iletkenliği indeksini belirlemek için aşağıdaki formül kullanılmıştır (Jones 1999, Zaman Allah 2011b):

$$I_g = \frac{T_{kuru} - T_{bitki}}{T_{bitki} - T_{yaş}}$$

Bu formülde: I_g : Stoma iletkenliği indeksi, $T_{yaş}$: turgor halindeki bitki sıcaklığı (°C), T_{kuru} : transpirasyon yapmayan kuru yaprak yüzey sıcaklığı (°C) ve T_{bitki} : saksıdaki bitkilerin infrared thermal kamera ile ölçülen bitki sıcaklığıdır (°C). $T_{yaş}$ bitkiden koparılıp 5 dakika boyunca su içinde bekletilerek turgor haline getirilen bitki yüzeyinden, T_{kuru} 48 saat boyunca fırında kurutulan yaprak yüzeyinden ölçülmüştür.

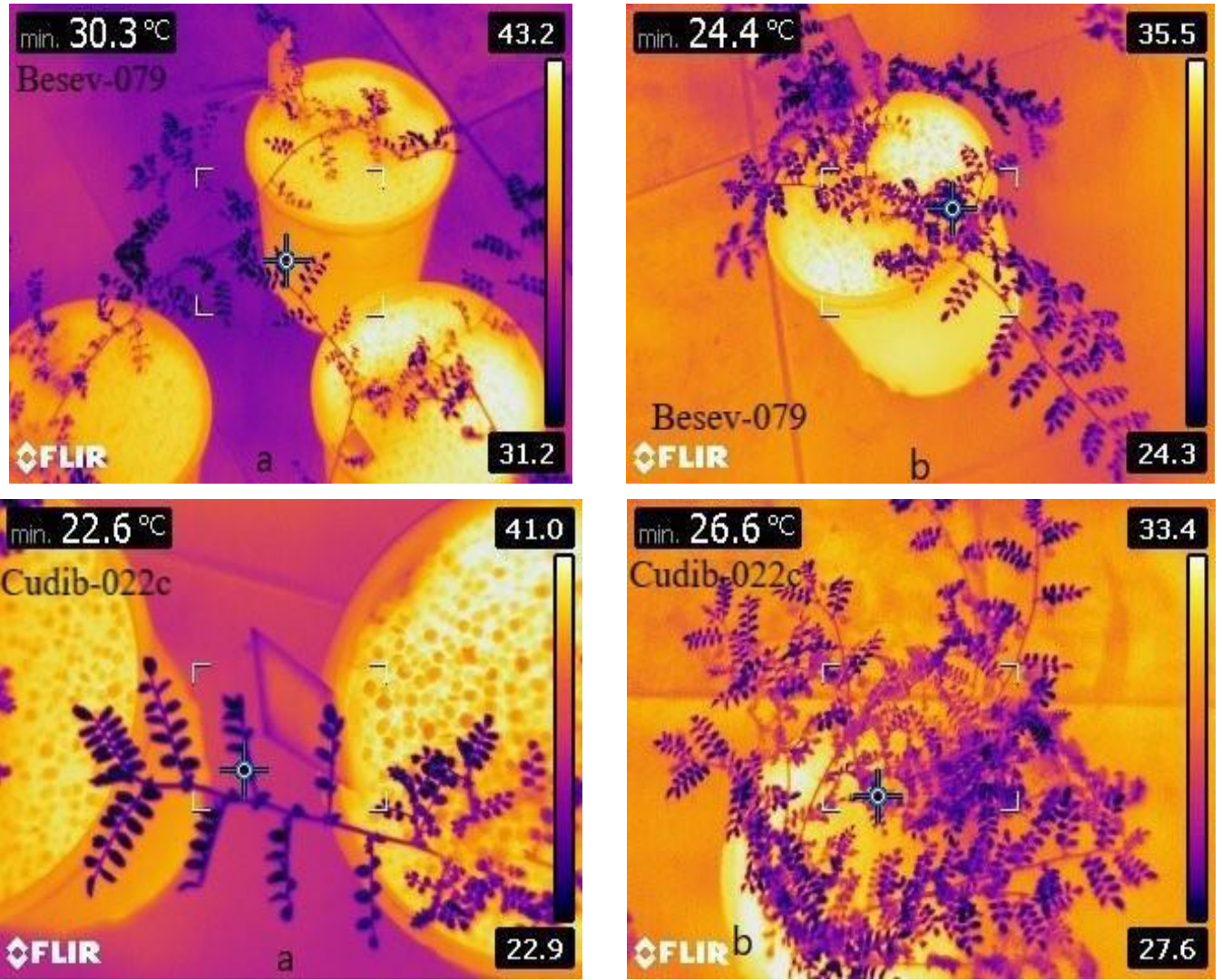
Veriler ölçüm dönemleri ana faktör, genotipler alt faktör olacak şekilde bölünmüş parseller deneme desenine göre varyans analizine tabi tutulmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi ile %5 önem seviyesinde SAS İstatistik programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Çizelge 3. Bitki sıcaklıklarının ölçüldüğü iklim kabininde günün değişen saatlerindeki sıcaklık, nem ve bunlar üzerinden hesaplanan VPD değerleri

Çiçeklenme Öncesi Dönem	Sıcaklık (°C)	RH (%)	VPD (kPa)	Bakla Dolum Dönemi	Sıcaklık (°C)	RH (%)	VPD (kPa)
08:00	28	71	1.1	08:00	28	71	1.1
09:30	31	59	1.84	09:30	31	62	1.71
11:00	32	55	2.14	11:00	32	57	2.04
12:30	34	50	2.66	12:30	34	52	2.55
14:00	35	47	2.98	14:00	35	49	2.87
15:30	37	44	3.51	15:30	37	45	3.45
17:00	37.8	40	3.93	17:00	37.8	42	3.8

Bulgular ve Tartışma

Çiçeklenme öncesi ve bakla dolum döneminde yabancı nohut genotiplerinin termal kamera ölçümleri iklim kabininde gün boyu ölçülmüş (Şekil 1) ve VPD'nin en yüksek olduğu zamanda sıcaklık değerleri stoma iletkenliği indeksini belirlemek için kullanılmıştır. Bitki sıcaklık değerleri ve stoma iletkenlik indeksi değerleri Çizelge 4'te ve gelişim dönemlerine göre genotip ve tür farklılıklarını gösteren I_g değerleri Şekil 2'de verilmiştir.



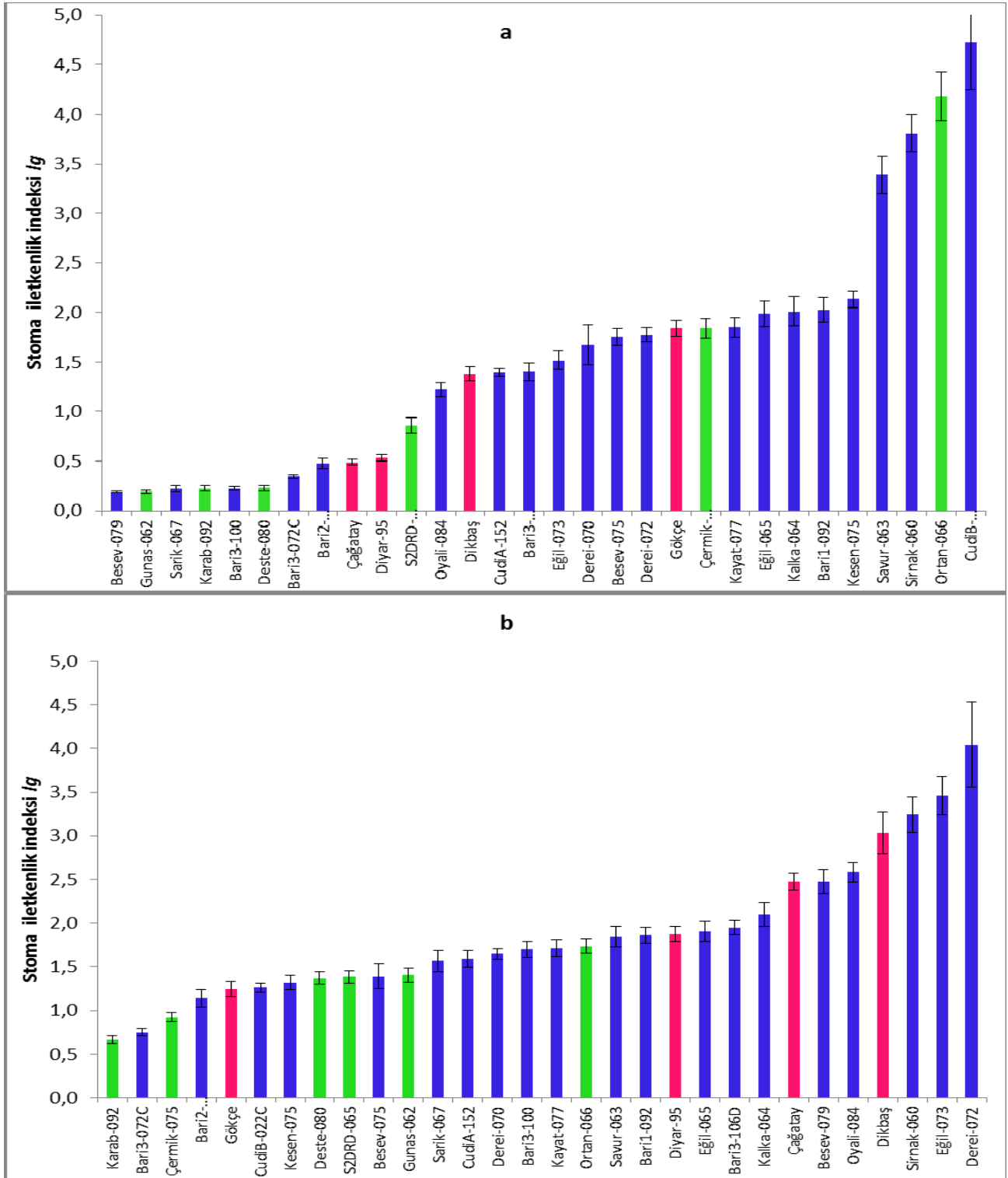
Şekil 1. Çiçeklenme öncesi (a) ve bakla dolum döneminde (b) "Besev-079" ve "Cudib-022c" yabancı nohut genotiplerinin termal kamera ile ölçülen bitki sıcaklık değerleri

En yüksek VPD koşullarında bitki sıcaklığı çiçeklenme öncesi dönemde 23.51-31.15 °C arasında, bakla dolum döneminde 23.78-28.40 °C arasında değişmiştir. Bitki sıcaklığı yönünden genotipler arasında yüksek varyasyon olduğu ve buna bağlı olarak bitki örtüsü serinliği ve stoma iletkenlik indeksi değerlerinin de büyük değişim gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 4 ve Şekil 2).

Çiçeklenme öncesi dönemde en düşük bitki sıcaklığı CudiB-022C (*C. reticulatum*) genotipinden elde edilirken, Besev-079 genotipi en yüksek bitki sıcaklığına sahip olmuştur (Şekil 1). Bakla dolum dönemi en düşük bitki sıcaklığı sırasıyla Derei-072, Eğil-073, Sırnak-060 ve Dikbaş genotiplerinden elde edilmiştir. *C. echinospermum* Karab-092 genotipi en yüksek bitki sıcaklığına sahip olmuştur (Çizelge 4).

Stoma iletkenlik indeksi (*lg*) hem çiçeklenme öncesi hem de bakla dolum aşamasında kültür ve yabancı nohutlar arasında geniş varyasyon göstermiştir. Çiçeklenme öncesi dönem bitkilerinde stoma iletkenlik indeksinin 4.72 – 0.19, bakla dolum gelişim döneminde 4.04 – 0.67 arasında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4 ve Şekil 2). *lg* değerinin yüksekliği genotiplerin yüksek transpirasyon yaptığını temsil etmektedir. Kültür çeşitleri içinde en yüksek stoma iletkenliği Dikbaş, en düşük stoma iletkenliği Gökçe çeşidinde ölçülmüştür. *C. echinospermum* genotiplerinin çiçeklenme öncesi ile bakla dolum dönemlerinde ortalama stoma iletkenlik indekslerinin değişmediği buna karşın *C. arietinum* ve *C. reticulatum* genotiplerinde bakla dolum döneminde artış olduğu, dolayısıyla transpirasyonlarını arttırdığı gözlemlenmiştir. Yabancı türlerin *lg* ortalaması çiçeklenme öncesi dönemde kültür genotiplerinden yüksekken, bakla dolum döneminde düşüş göstermiştir. Bu durum yabancı genotiplerin bakla dolum döneminde kendilerini korumaya aldığına göstergesi olabilir. Bu mekanizma generatif dönem öncesi kuraklığın yaşandığı ve generatif dönemde yağışın geldiği ekolojilerde daha önemli olabilir. Çiçeklenme öncesi dönemde 11, bakla dolum döneminde ise 5 yabancı nohut genotipinde *lg* değeri kültür çeşitleri ortalamasından daha yüksek bulunmuştur. Eğil-073 ve Sırnak 060 yabancı genotipleri her iki dönemde kültür genotiplerinden yüksek *lg* ye sahip olarak sıcaklık stresine karşı

stabil dayanım göstermiştir. Yabani genotiplerde her iki ölçüm döneminde de artı ve eksi yönde ekstrem *I_g* değerlerinin bulunması, farklı ekolojilere ve farklı gelişim dönemlerinde yaşanan sıcak ve kurak stresine karşı kullanılabilme potansiyelini artırmaktadır. Bununla birlikte Zaman-Allah ve ark. (2011a), sera koşullarındaki kuraklık stresine toleranslı ve hassas nohut genotipleri arasında stoma iletkenlik indeksinin ayırt edici olmadığını, buna karşın doğal ortam koşullarında yapılan ölçümlerde toleranslı ve hassas genotiplerin gösterdiği stoma iletkenlik indeksinin ayırt edici olduğu ve toleranslı genotiplerin daha düşük stoma iletkenlik indeksine sahip olduğu belirtilmiştir. Kontrollü koşullardaki durumun ölçüm sırasında thermal kameranın ortamdaki yansıyan sıcaklık değerlerinin etkisinden kaynaklandığı düşünülmüştür. Bu nedenle kontrollü koşul verileri değerlendirilirken daha dikkatli davranılmalıdır.



Şekil 2. Yabani ve kültür nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi (a) ve bakla dolum dönemi (b) stoma iletkenlik indeksi ve standart hata değerleri

Çizelge 4. Yabani ve kültür nohut genotiplerinin çiçeklenme öncesi ve bakla dolum döneminde bitki sıcaklığı ve stoma iletkenlik indeksi değerleri

Genotip	Tür	BS ÇÖ (°C)	BS BD (°C)	Ig ÇÖ	Ig BD
Çağatay	<i>C.arietinum</i>	29.22	24.81	0.49	2.47
Dikbaş	<i>C.arietinum</i>	26.32	24.35	1.39	3.04
Diyar-95	<i>C.arietinum</i>	29.00	25.50	0.53	1.88
Gökçe	<i>C.arietinum</i>	25.55	26.62	1.84	1.25
Cermik-075	<i>C.echinospermum</i>	25.55	27.48	1.84	0.92
Deste-080	<i>C.echinospermum</i>	30.85	26.35	0.23	1.37
Gunas-062	<i>C.echinospermum</i>	31.13	26.28	0.19	1.41
Karab-092	<i>C.echinospermum</i>	30.87	28.40	0.23	0.67
Ortan-066	<i>C.echinospermum</i>	23.72	25.70	4.18	1.74
S2DRD-065	<i>C.echinospermum</i>	27.69	26.32	0.86	1.39
Bari1-092	<i>C.reticulatum</i>	25.30	25.52	2.03	1.86
Bari2-072N2	<i>C.reticulatum</i>	29.29	26.87	0.48	1.14
Bari3-072C	<i>C.reticulatum</i>	30.05	28.07	0.35	0.75
Bari3-100	<i>C.reticulatum</i>	30.87	25.76	0.23	1.70
Bari3-106D	<i>C.reticulatum</i>	26.29	25.40	1.40	1.95
Besev-075	<i>C.reticulatum</i>	25.68	26.31	1.75	1.39
Besev-079	<i>C.reticulatum</i>	31.15	24.81	0.19	2.47
CudiA-152	<i>C.reticulatum</i>	26.30	25.94	1.40	1.59
CudiB-022C	<i>C.reticulatum</i>	23.51	26.58	4.72	1.26
Derei-070	<i>C.reticulatum</i>	25.80	25.84	1.67	1.65
Derei-072	<i>C.reticulatum</i>	25.65	23.78	1.77	4.04
Eğil-065	<i>C.reticulatum</i>	25.35	25.46	1.99	1.90
Eğil-073	<i>C.reticulatum</i>	26.07	24.08	1.52	3.46
Kalka-064	<i>C.reticulatum</i>	25.32	25.21	2.01	2.10
Kayat-077	<i>C.reticulatum</i>	25.54	25.74	1.85	1.71
Kesen-075	<i>C.reticulatum</i>	25.17	26.46	2.13	1.32
Oyali-084	<i>C.reticulatum</i>	26.67	24.71	1.22	2.58
Sarik-067	<i>C.reticulatum</i>	30.89	25.98	0.22	1.57
Savur-063	<i>C.reticulatum</i>	24.12	25.54	3.39	1.85
Sirnak-060	<i>C.reticulatum</i>	23.89	24.21	3.81	3.24
Ortalamalar					
<i>C.arietinum</i>		27.52	25.32	1.05	2.16
<i>C.reticulatum</i>		26.64	25.61	1.70	1.98
<i>C.echinospermum</i>		28.30	26.75	1.25	1.25
%CV		3.73		40.8	
Kareler Ort genotip		111.3	**	30.14	**
Kareler Ort dönem		625.6	**	39.40	**
LSD genotip		0.387		0.271	
LSD dönem		0.102		0.071	

BS: Bitki Sıcaklığı, Ig: stoma iletkenlik indeksi, ÇÖ: Çiçeklenme öncesi, BD: Bakla dolum dönemi, **, P<0.01

Belko ve ark. (2012) şiddetli stres şartlarında (yüksek VPD ve su stresi) toleranslı hatların daha yüksek transpirasyon hızı ve bitki örtüsü serinliği gösterdiğini, stressiz sulu koşullarda toleranslı ve hassas genotiplerin bitki örtüsü serinliğinin farksız olduğunu bildirmişlerdir. Düşük stoma iletkenliğinin bitkinin su kullanımı ve gelişimini sınırladığını, toleranslı genotiplerin toprak nemi azalana kadar şiddetli stres şartları altında transpirasyon hızını sürdürdüklerini bildirmişlerdir. Dolayısıyla düşük stoma iletkenliğine sahip yabani genotipler azalan toprak nemi altında transpirasyonlarını devam ettirerek daha uzun süre hayatta kalabilirler ve bu amaçla ıslahta kullanılabilirler. Ayrıca genel olarak stoma iletkenliği yönünden yabani nohut genotipleri arasında çok geniş varyasyonun bulunması bunların sıcağa dayanıklı genotip geliştirilmesinde ön ıslah (pre-breeding) çalışmalarında donör bitki olarak kullanılabileceğini göstermektedir (Yıldırım ve ark., 2009).

Buğdayda yüksek VPD koşullarında transpirasyon %2-22 oranında artarken fotosentetik su kullanım etkinliği %24-64 azalma göstermiştir (Rashid ve ark., 2018). Bu durum sıcaklık stresi altında artan transpirasyonun her zaman etkin bir şekilde kuru madde üretimine dönüştürülemediği, dolayısıyla yüksek stoma iletkenliği ile fotosentez aktivitesi ve su kullanım etkinliği ilişkilerine bakılması gerektiğini göstermektedir. Bu bakımdan yüksek stoma iletkenliğine sahip yabani nohutların ayrıca kuru madde üretkenliği yönünden teste tabi tutulması gerekmektedir.

Bu çalışmada *lg* çok sayıda nohut genotipinde başarılı bir şekilde ölçülebilmektedir. Bu yöntemde yaş ve kuru referans yapraklarının hazırlanması fazla iş gücü gerektirmesi nedeniyle tarla koşullarında uygulanmasını sınırlayıcı olacaktır (Jones ve ark., 2009). Bununla birlikte açık ve rüzgarsız havalarda *lg* güçlü ve stabil performans gösterirken (Grant ve ark., 2007; Möller ve ark., 2007), güneş ışınlarının az veya değişken olduğu hava koşullarında doğruluğu azalmıştır. Bu açıdan sabit ışık koşullarında elde ettiğimiz *lg* değerleri stoma iletkenliğini daha doğru bir şekilde temsil edecektir. Farklı açık havada ölçülen *lg* değerlerinde yaprak sıcaklığında rüzgar, ışık enerjisi ve farklı yaprak açıları gibi nedenlerle ölçümler arasında geniş varyasyon meydana gelmiştir (Jones ve ark., 2009; Kaukoranta ve ark., 2005; Grant ve ark., 2007). Tam kontrollü koşullarda ölçüm yapılmasına rağmen bu çalışmada da ölçümler arasında varyasyon meydana gelmiştir. Maes ve ark. (2011) *lg* nin kullanılabilirliğini inceledikleri çalışmada, *Jatropha curcas* bitkisinde porometre ile ölçülen stoma iletkenliği ile *lg* arasında güçlü korelasyon bildirmeleri *lg* ölçümlerinin pratik olarak kullanılabileceğini göstermektedir.

Sonuç

Çalışmada incelenen ve genel anlamda yüksek genotipik varyasyona sahip yabancı nohut genotiplerinde bitki sıcaklığı ve stoma iletkenliği yönünden de değişim sınırları çok geniş bulunmuştur. Yüksek stoma iletkenlik indeksi değerine sahip olan Egil-073 ve Sirnak-060 yabancı genotiplerinin sıcağa dayanıklılık gen bölgelerine sahip olduğu söylenebilir. Bu sonuçlar mevcut genotiplerin nohutta sıcağa ve kurağa dayanıklılık ıslah programlarında başlangıç materyali olarak kullanılabilmesini göstermektedir. Daha güvenilir sonuçlar almak için yüksek ve düşük değere sahip genotiplerin tarla da sıcak ve kuraklık yönünden stresli ve stressiz koşullarda test edilmesi gerekmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından DÜPAP ZİRAAT.17.026 nolu proje ile desteklenmiştir. Çalışmada kullanılan 26 yabancı genotipe ait tohum materyallerini sağlayan Harran Üniversitesi Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Doç. Dr. Abdullah Kahraman'a teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Amthor JS, 2001. Effects of atmospheric CO₂ concentration on wheat yield: review of results from experiments using various approaches to control CO₂ concentration. *Field Crops Research*, 73: 1-34.
- Bahar B, Yıldırım M, Barutcular C, 2009. Relationships between stomatal conductance and yield components in spring durum wheat under Mediterranean conditions. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2), 45-48.
- Bahar B, Yıldırım M, Yucel C, 2011. Heat and drought resistance criteria in spring bread wheat (*Triticum aestivum* L.): Morpho-physiological parameters for heat tolerance. *Scientific Research and Essays*, 6 (10): 2212-2220.
- Bavec F, Bavec M, 2001. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. *Commun. Soil Sci. Plant Anal. Res.*, 32: 2709-2719.
- Belko N, Zaman-Allah M, Cisse N, Diop NN, Zombre G, Ehlers JD, Vadez V, 2012. Lower soil moisture threshold for transpiration decline under water deficit correlates with lower canopy conductance and higher transpiration efficiency in drought-tolerant cowpea. *Functional Plant Biology*, 39 (4): 306-322.
- Croser JS, Ahmad F, Clarke HJ, Siddique KHM, 2003. Utilisation of wild Cicer in chickpea improvement-progress, constraints, and prospects. *Australian Journal of Agricultural Research*, 54 (5): 429-444.
- Fang X, Turner NC, Yan G, Li F, Siddique KHM, 2010. Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under terminal drought. *Journal of Experimental Botany*, 61 (2): 335-345.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D, Basra SMA, 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agron. Sustain. Dev.* 29: 185-212.
- Fischer RA, Rees D, Sayre KD, Lu ZM, Condon AG, Larque-Saavedra A, 1998. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. *Crop Sci.*, 38: 1467-1475.
- Grant OM, Tronina L, Jones HG, Chaves MM, 2007. Exploring thermal imaging variables for the detection of stress responses in grapevine under different irrigation regimes. *J. Exp. Bot.* 58 (4), 815-825.
- Jones HG, 1999. Use of infrared thermometry for estimation of stomatal conductance as a possible aid to irrigation scheduling. *Agricultural and forest meteorology*, 95(3):139-149.
- Jones HG, Serraj R, Loveys BR, Xiong LZ, Wheaton A, Price AH, 2009. Thermal infrared imaging of crop canopies for the remote diagnosis and quantification of plant responses to water stress in the field. *Funct. Plant Biol.* 36 (10-11), 978-989.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter PJ, Reginato RJ, Hatfield JL, 1981. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 24 (1), 45-55.
- Kaukoranta T, Murto J, Takala J, Tahvonen R, 2005. Detection of water deficit in greenhouse cucumber by infrared thermography and reference surfaces. *Sci. Hortic.* 106 (4), 447-463.

- Koç M, Barutçular C, Genç Đ, 2003. Photosynthesis and productivity of old and modern durum wheats in a Mediterranean environment. *Crop Science*; 43, 6; 2089-2097.
- Koç M, Barutçular C, Tiryakioğlu M, 2008. Possible heat-tolerant cultivar improvement through the use of flag leaf gas exchange traits in a Mediterranean environment. *J Sci Food Agric. Res.*, 88: 1638-1647.
- Maes W, Achten WMJ, Reubens B, Muys B, 2011. Monitoring stomatal conductance of *Jatropha curcas* seedlings under different levels of water shortage with infrared thermography. *Agricultural and Forest Meteorology*, 151(5), 554-564.
- Möller M, Alchanatis V, Cohen Y, Meron M, Tsipris J, Naor A, Ostrovsky V, Sprintsin M, Cohen S, 2007. Use of thermal and visible imagery for estimating crop water status of irrigated grapevine. *J. Exp. Bot.* 58 (4), 827-838.
- Upadhyaya HD, Kashiwagi J, Varshney RK, Gaur PM, Saxena KB, Krishnamurthy L, Gowda CLL, Pundir RPS, Chaturverdi SK, Basu PS, Singh IP, 2010. Phenotyping chickpeas and pigeonpeas for adaptation to drought. Monneveux, P., Ribaut, J.M. Drought phenotyping in crops: from theory to practice. Generation Challenge Programme. *Cultivating Plant Diversity For the Resource-Poor*, 347-355, India.
- Rashid MA, Andersen MN, Wollenweber B, Zhang X, Olesen JE, 2018. Acclimation to higher VPD and temperature minimized negative effects on assimilation and grain yield of wheat. *Agricultural and forest meteorology*, 248: 119-129.
- Reen RA, Mumford MH, Thompson JP, 2019. Novel sources of resistance to root-lesion nematode (*Pratylenchus thornei*) in a new collection of wild *Cicer* species (*C. reticulatum* and *C. echinospermum*) to improve resistance in cultivated chickpea (*C. arietinum*). *Phytopathology*, 109(7), 1270-1279.
- Reynolds MP, Balota M, Delgado MIB, Amani I, Fischer RA, 1994. Physiological and morphological traits associated with spring wheat yield under hot irrigated conditions. *Aust. J. Plant Physiol. Res.*, 21:717- 730.
- Reynolds MP, Nagarajan S, Razzaque MA, Ageeb OAA, 2001. Heat tolerance. "Alınmıştır: Application of physiology in wheat breeding. (Editörler: M.P. Reynolds, I. Ortiz- Monasterio., A. McNab). Mexico, DF, CIMMYT.
- Robertson LD, Ocampo B, Singh KB, 1997. Morphological variation in wild annual *Cicer* species in comparison to the cultigen. *Euphytica*, 95 (3): 309-319.
- Singh KB, Ocampo B, Robertson LD, 1998. Diversity for abiotic and biotic stress resistance in the wild annual *Cicer* species. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 45 (1): 9-17.
- Soltani A, Galeshi S, 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperate sub-humid environment: experimentation and simulation. *Field Crops Research*, 77:17-30.
- von Wettberg EJ, Chang PL, Başdemir F, Carrasquilla-Garcia N, Korbu LB, Moenga SM, Bedada G, Greenlon A, Cook DR, 2018. Ecology and genomics of an important crop wild relative as a prelude to agricultural innovation. *Nature communications*, 9 (1): 649.
- Yang Z, Sinclair TR, Zhu M, Messina CD, Cooper M., Hammer GL, 2012. Temperature effect on transpiration response of maize plants to vapour pressure deficit. *Environmental and Experimental Botany*, 78: 157-162.
- Yıldırım M, Akinci C, Müjde KOÇ, Barutçular C, 2009. Bitki örtüsü serinliği ve klorofil miktarının makarnalık buğday ıslahında kullanım olanakları. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (3): 158-166.
- Zaman-Allah M, Jenkinson DM, Vadez V, 2011a. Chickpea genotypes contrasting for seed yield under terminal drought stress in the field differ for traits related to the control of water use. *Functional Plant Biology*, 38 (4): 270-281.
- Zaman-Allah M, Jenkinson DM, Vadez V, 2011b. A conservative pattern of water use, rather than deep or profuse rooting, is critical for the terminal drought tolerance of chickpea. *Journal of Experimental Botany*, 62 (12): 4239- 4252.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Organomineral gübre ve K-humat'ın tane mısırın verim ve fosfor kullanım etkinliği üzerine etkilerinin kimyasal gübreyle karşılaştırması

Ayşegül Korkmaz *, Fatma Gökmen Yılmaz, Sait Gezgin

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

Özet

Bu çalışma, kimyasal ve organomineral gübre ve K-Humat'ın uygulamalarının tane mısırın fosfor kullanımı üzerine etkilerini belirlemek için yapılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede ekim esnasında U₁ (%100 P) kimyasal gübre (13.24.12-10 SO₃+1 Zn), U₂ (% 100 P) ve azalan oranlarda U₃ (%80 P), U₄ (%60 P), U₅ (%40 P) organomineral gübre (7.16.10-15 SO₃+ 1 Fe+ 0.5 Zn+ 20 organik madde) ve 6 L da⁻¹ K-Humat (% 12 Humik+fulvik asit) ile kimyasal gübreden azalan oranlarda U₆ (%100 P), U₇ (%80 P), U₈ (%60 P), U₉ (%40 P) fosfor uygulanmıştır. Çalışmada tepe püskülü oluşum döneminde mısır bitkisinin yapraklarındaki besin elementlerinin değişimine gübre uygulamaları etkili olmamış ve mısır bitkisi için bildirilen sınır değerlerine göre yapraklarda bütün besin elementlerinin yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının düzeltilmiş tane verimine etkisi önemsiz, fosforun agronomik ve geri alım etkinliğine etkisi istatistik olarak (p<0.05) önemli bulunmuştur. Fosforun agronomik ve geri alım etkinliği genel olarak kimyasal gübre uygulamasına göre organomineral gübre uygulamaları ile azalırken, kimyasal gübre ile en az oranda fosfor ve K-Humat uygulamaları ile artmıştır.

Anahtar Kelimeler: Agronomik etkinlik, Fosfor geri alım etkinliği, Fosfor kullanım etkinlikleri, K-Humat, Organomineral, Tane mısır.

Comparison of the effects of organomineral fertilizer and K-humate with chemical fertilizer on maize yield and phosphorus use efficiency

Abstract

This study was carried out to determine the effects of chemical and organomineral fertilizers and K-Humate applications on maize grain yield and phosphorous use efficiency. This study was designed in line with randomized block design with three replicates. In this study during planting, U₁ (100% P) chemical fertilizer (13.24.12-10 SO₃+1 Zn), U₂ (100% P) and decreasing rates of U₃ (80% P), U₄ (60% P), U₅ (40% P) organomineral fertilizer together with (7.16.10-15 SO₃+1 Fe+0.5 Zn+20 organic matter) and 6 L da⁻¹ K-Humate (12% Humic+fulvic acid) and chemical fertilizer in decreasing rates of U₆ (100% P), U₇ (80% P), U₈ (60% P), U₉ (40% P) phosphorus were applied. In this study, fertilizer applications were not effective in the change of nutrients in the leaves of the maize plant during the formation of top tassel and it was determined that all the nutrients were sufficient in the leaves according to the limit values reported for the maize plant. The effect of fertilizer applications on the improved grain yield was insignificant, and the effect of phosphorus on agronomic and reuptake efficiency was statistically significant (p<0.05). While the agronomic and reuptake efficiency of phosphorus generally decreased with applications, it increased with the least amount of phosphorus and K-Humate applications with chemical fertilizer.

Keywords: Agronomic efficiency, Phosphorus reuptake effectiveness, Phosphorus use efficiencies, K-Humate, Organomineral, Grain maize.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Tarım alanlarında fosfor yetersizliği bitkilerin verim ve kalitesini önemli ölçüde sınırlandırmaktadır (Vance ve ark., 2003; Fixen, 2009; Bélanger ve ark., 2011). Fosfor bitkiler tarafından azot ve potasyum'a göre çok daha az ihtiyaç duyulmasına rağmen gübrelerle azottan sonra en fazla uygulanan besin elementidir (Grant ve ark., 2001; Alam, 2003). Bu durum, toprakların sıcaklık, nem, pH, kil miktarı ve tipi, kireç, organik madde, mikrobiyal aktivite, ekstrakte edilebilir Ca, Mg, Al, Fe, Mn, Zn iyonlarının miktarına bağlı olarak gübrelerle uygulanan fosforun fiksasyonunun (%50-70) fazla ve bitkilerce alım etkinliğinin (%10-30) oldukça düşük olmasından kaynaklanmaktadır (Hinsinger, 2001; Balemi ve Negisho, 2012; Cordell ve White 2013). Gübre

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0544 614 07 43

E-posta : aysegul.korkmaz22@gmail.com

Geliş Tarihi : 23 Temmuz 2020

Kabul Tarihi : 18 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.772828

kullanım etkinliği agronomik, fizyolojik ve alım etkinliği olmak üzere üç farklı şekilde belirlenmektedir (Li ve ark., 2007; Hammond ve ark., 2009; Yang ve ark., 2014). Agronomik etkinliği, gübre ile uygulanan birim fosforun üründe sağladığı artışı (Irfan ve ark., 2018; Pereira ve ark., 2020), fizyolojik etkinlik, gübre ile uygulanan fosfordan bitkinin aldığı birim P'un üründe sağladığı artışı (Akhtar ve ark., 2008; Yaseen ve Malhi 2009), alım etkinliği, gübre ile uygulanan fosforun bitki ile topraktan kaldırılan oranını ifade etmektedir (Gao ve ark., 2009). Son yıllarda fosfor kaynaklarının sınırlı olduğunun ifade edilmesi (Syers ve ark., 2008) ve fosfor fiyatının fazla artışı ve ekonomik nedenlerle fosforun alım etkinliğini artırarak, gübrelerle uygulanan P miktarının azaltılabilmesi için yoğun araştırmalar yapılmaktadır (Akhtar ve ark., 2008; Yaseen ve Malhi 2009; Olowokere ve Tijani-Eniola 2013). Bu amaçla yapılan çalışmaların bir kısmı gübre fosforu ile birlikte bir miktar organik madde vererek gübre granülünün etrafında mikrobiyal aktiviteyi ve organik anyon miktarını artırarak fosfor fiksasyonun azalması, difüzyon katsayısının artması sonucu fosfor alım etkinliğini arttırmak için organomineral gübreler (Makinde ve ark., 2010; Makinde ve ark., 2011; Olowokere ve Tijani-Eniola 2013) ve K-Humat gibi toprak düzenleyicilerin kullanımını (Erdal ve ark., 2000; Mackowiak ve ark., 2001; Kaya ve ark., 2005; Yaseen ve Malhi 2009; Şahin ve ark., 2014; Öktem ve ark., 2017) içermektedir. Bu çalışma, kimyasal ve organomineral gübre ve K-humat uygulamalarının ikinci ürün olarak yetiştirilen tane mısır bitkisinin tane verimi, fosfor kullanım etkinliğine ve besin elementleri alımı üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Bu deneme, Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğünün Şanlıurfa Ceylanpınar (Gümüşsuyu) Tarım İşletmesinde sulu koşullarda 2.ürün olarak yetiştirilen tane mısır bitkisi ile 11 Temmuz 2019 tarihinde kurulup 20 Aralık 2019 tarihinde hasat edilmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazinin toprakları killi tın tekstür, bazik reaksiyon, düşük tuz, çok fazla kireç ve çok düşük organik madde'ye sahiptir. Toprağın bitkiye elverişli Ca ve Mg miktarı fazla olup K, Mn, Cu miktarı yeterli, P ve Fe miktarı orta, Zn ve B miktarı yetersiz düzeydedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme yerlerinden alınan toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri	Birimi	Tane mısır	Kaynaklar
Tekstür sınıfı		Killi tın	Bouyoucos (1951)
pH (1:2.5 Toprak:Su)		8.05	Jackson (1962)
EC (Tuz) (1:5)	(dS m ⁻¹)	0.61	
CaCO ₃ (Kireç)	(%)	25.2	Hızalan ve Ünal (1966)
Organik madde	(%)	0.12	Smith ve Weldon (1941)
Elverişli P	mg kg ⁻¹	10.8	Bayraklı, 1987 (0.5 N NaHCO ₃)
Elverişli K	mg kg ⁻¹	179	
Ekstrakte edilebilir Na	mg kg ⁻¹	63	
Ekstrakte edilebilir Mg	mg kg ⁻¹	628	Bayraklı (1987) (1 N NH ₄ OAc)
Ekstrakte edilebilir Ca	mg kg ⁻¹	5847	
Elverişli Fe	mg kg ⁻¹	3.35	
Elverişli Mn	mg kg ⁻¹	6.16	Lindsay ve Norvell (1978)
Elverişli Cu	mg kg ⁻¹	1.25	(DTPA+CaCl ₂ +TEA)
Elverişli Zn	mg kg ⁻¹	0.30	
Elverişli B	mg kg ⁻¹	0.43	Cartwright ve ark., (1983)

Deneme, Çizelge 2'deki 9 farklı konu ile tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerürlü olarak 27 parselde kurulmuştur. Denemede, her parsel 4.2 m x 360 m= 1512 m²'dir. Denemede yüksek verimli, yatmaya karşı mükemmel dayanıklılık ve sıcaklık stresine yüksek dayanım gösteren Famaso tane mısır çeşidi ekilmiştir. Deneme yeri toprağının elverişli fosfor (10.8 mg P kg⁻¹ veya 6.2 kg P₂O₅ da⁻¹) miktarına göre Türkiye Gübre ve Gübreleme Rehberinde ikinci ürün mısır için 5 kg P₂O₅ da⁻¹ fosfor uygulanması önerildiğinden optimum yada %100 fosfor seviyesi olarak alınmıştır. Denemede kimyasal taban gübresi olarak 13.24.12-10 SO₃+1 Zn ve organomineral gübre olarak 7.16.10+%15 SO₃+%1 Fe+%0.5 Zn+%20 OM (organik madde) içeren kompoze gübre kullanılmıştır. Bütün konularda kimyasal ve organomineral gübre ekim makinesi ile ekim esnasında banda uygulanmıştır. Denemede 6, 7,8 ve 9 nolu konularda 6 litre da⁻¹ K-Humat uygulanmıştır. Kullanılan K-Humat'ın pH'sı 11 olup %12 Hümik+fulvik asit, %3 K₂O içermektedir. K-Humat, hemen ekim öncesi 6 kat sulandırılıp toprak yüzeyine püskürtülüp toprakla karıştırıldıktan sonra ekim işlemleri yapılmıştır.

Çizelge 2. Uygulama konuları içerikleri ve miktarları

Uygulamalar	Uygulama içeriği	Uygulanan P miktarı (kg P ₂ O ₅ da ⁻¹)	Uygulanan K-Humat miktarı (l da ⁻¹)
U ₁	Kimyasal Gübre (% 100 P)	5	--
U ₂	Organomineral Gübre (% 100 P)	5	--
U ₃	Organomineral Gübre (% 80 P)	4	--
U ₄	Organomineral Gübre (% 60 P)	3	--
U ₅	Organomineral Gübre (% 40 P)	2	--
U ₆	Kimyasal Gübre (% 100 P)	5	6
U ₇	Kimyasal Gübre (% 80 P)	4	6
U ₈	Kimyasal Gübre (% 60 P)	3	6
U ₉	Kimyasal Gübre (% 40 P)	2	6

Kimyasal gübre taban gübresi olarak 13.24.12.10 SO₃+1 Zn, Organomineral gübre ile 7.16.10-15SO₃+ 1 Fe+ 0.5 Zn+ 20 organik madde ve K-Humat'ın pH'sı 11, % 12 Humik+fulvik asit, % 3 K₂O içeren gübre ve toprak düzenleyici kullanılmıştır.

Tane mısır denemesinde bütün konularda verilen azot miktarı ekim esnasında kompoze gübrelere verilen N miktarı dikkate alınarak, mısırın 6 yapraklı döneminde 10 kg da⁻¹'a tamamlanmış ve mısırın 12 yapraklı olduğu dönemde de 6 kg da⁻¹ daha toplamda 16 kg N da⁻¹ azot, üre (%46 N) gübresi ile verilmiştir.

Deneme konularının tane mısırın başta fosfor olmak üzere besin elementleri alınma etkilerini belirlemek için tepe püskülü oluşum döneminde alttan ilk koçanın karşısındaki yaprak olmak üzere her parselden yaprak örneği alınmıştır.

Denemelerin hasadı, parsel başlarından 10'ar m kenar tesiri bırakılarak 4.2 m x 340 m= 1428 m² alan biçerdöver ile yapılmıştır. Her parselden ayrı ayrı tartımları yapılarak verimleri kaydedilmiş ve dekara tane verimleri hesaplanarak belirlenmiştir. Daha sonra her parselden yaklaşık 1'er kg dane örnekleri alınarak tane nem ve besin element içeriklerinin belirlenmesi için örnekler alınmıştır. Her parselden alınan yaprak ve tane örnekleri Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Araştırma Laboratuvarına getirilmiştir. Alınan tane örneklerinde kurutma kabına belirli miktar tartılmış ve sonra 70°C'de hava sirkülasyonlu kurutma dolabında sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak nem içerikleri belirlenmiştir. Bu nem içeriklerine göre % 15 nem içeren düzeltilmiş tane verimleri [Düzeltilmiş verim= Hasatta parsel verimi X {1-Hasat nemi -15}/100}] hesaplanmıştır. Yaprak ve tane örnekleri 0.2 g tartılmış ve 5 ml konsantre HNO₃ ve 2 ml H₂O₂ (% 30 w/v) ile mikro dalga cihazında (Cem MarsXpress; CEM Corp; Matthews, NC, USA) yüksek ısı (210 °C) ve basınç altında (200 PSI) çözündürülmüştür. Analizin güvenilirliğini sağlamak için 40 hücrelik mikrodalga seti içerisine bir adet şahit ve referans materyal olarak bir adet NIST SRM 1573a domates yaprağı örneği ilave edilmiştir. Çözündürülen numunelerin hacimleri deiyonize su ile 20 ml'ye tamamlanmıştır. Çözündürülen numuneler mavi bantlı filtre kâğıdından süzülüp, süzükteki toplam P, Ca, K, Mg, B, Cu, Fe, Mn ve Zn miktarları ICP-OES cihazında tespit edilmiştir (USDA, 2004).

Organomineral gübre, kimyasal gübre ve K-Humat'ın 2. ürün tane mısırın fosfor alım etkinliği üzerine etkileri aşağıdaki eşitliklerden yararlanılmıştır (Fixen ve ark., 2015);

$$\begin{aligned} & \text{(Agronomik Etkinlik = (Ug)/Fg+T)} \\ & \text{(Fizyolojik Etkinlik = (Ug)/Kaldırılan P}_2\text{O}_5 \text{ (kg da}^{-1}\text{))} \\ & \text{(Geri Alım Etkinliği = Kaldırılan P}_2\text{O}_5 \text{ (kg da}^{-1}\text{) / (Fg+T P}_2\text{O}_5 \text{ (kg da}^{-1}\text{))x100} \end{aligned}$$

Ug=Düzeltilmiş tane verimi (kg da⁻¹)

Fg=Gübre ile uygulanan P₂O₅ miktarı (kg da⁻¹)

T= Toprakta bulunan P₂O₅ miktarı (kg da⁻¹)

Elde edilen verilerin istatistiksel analizi JMP istatistik programı (JMP, SAS Institute, Cary, NC) aracılığıyla yapılmıştır (Savaşlı ve ark., 2019). Varyans analizi aracılığıyla uygulama etkilerinin önemlilik derecesi test edilmiş ve ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Student's t yöntemi kullanılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Farklı gübre uygulamalarının ikinci ürün tane mısır bitkisinin tepe püskülü oluşum döneminde yapraklarının besin elementi kapsamına ait ortalama ve standart hata değerleri Çizelge 3 ve Çizelge 4'te verilmiştir. Uygulama konularının mısır yapraklarının N, K, Zn ($p<0.01$) ve Cu ($p<0.05$) içeriklerine etkisi istatistik olarak önemli, diğer besin elementlerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Tepe püskülü oluşum döneminde mısır yapraklarının besin elementleri için Jones ve ark. (1991) tarafından bildirilen yeterlilik sınır değerleri ile karşılaştırıldığında bütün konularda herhangi bir besin elementinin eksikliği belirlenmemiştir (Çizelge 3, 4). Tepe püskülü döneminde yaprakların ortalama fosfor içerikleri toprağın elverişli fosfor miktarını dikkate alarak ikinci ürün tane mısır bitkisine verilmesi gereken fosforun %100'ünün verildiği kimyasal gübre uygulaması U₁ (%0.32) olmasından dolayı organomineral (U₂, U₃, U₄ ve U₅) ve kimyasal gübre ile K-Humat (U₆, U₇, U₈ ve U₉) uygulamalarının etkili olmadığı belirlenmiştir. Tane mısır yapraklarının N içeriği sadece kimyasal gübre (%100) uygulamasına (U₁) göre organomineral gübre (U₃, U₄ ve U₅) ve kimyasal gübre ile K-Humat uygulamalarında (U₆, U₇, U₉) olumlu yönde etkilenmiştir. Organomineral organik ve kimyasal gübre uygulamaları ile yaprakların N içeriği organomineral gübrelerde önemli artışlar sağladığı belirlenmiştir (Adeleye ve ark., 2011; Ayeni ve ark., 2012). Sharif ve ark., (2002) tarafından farklı dozlarda humik asit ile birlikte uygulanan kimyasal gübrenin mısır bitkisinde N ve K içeriği üzerine istatistik olarak önemli etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Yaprakların K içeriği en yüksek U₁ uygulamasında olup diğer uygulamalarla %3 (U₇) ile %28 (U₂) arasında değişen oranlarda azalmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 3. Kimyasal ve organomineral gübre ve kimyasal gübre ile K-Humat konularının tane mısır yapraklarının ortalama makro (N, P, K, Ca ve Mg) besin elementi içeriklerine etkisi (Sonaçlar 3 tekerrürün ortalamasını, \pm standart sapma değerlerini göstermektedir).

Uygulamalar	N	P	K	Ca	Mg
	----- (%) -----				
U ₁	3.6 ^D \pm 0.07	0.32 \pm 0.01	2.28 ^A \pm 0.04	0.87 \pm 0.04	0.41 \pm 0.01
U ₂	3.3 ^E \pm 0.01	0.29 \pm 0.03	1.75 ^D \pm 0.08	0.95 \pm 0.07	0.41 \pm 0.01
U ₃	3.7 ^{ABCD} \pm 0.11	0.30 \pm 0.01	1.78 ^{CD} \pm 0.02	0.97 \pm 0.02	0.42 \pm 0.01
U ₄	3.8 ^{ABC} \pm 0.06	0.27 \pm 0.01	2.05 ^{ABC} \pm 0.06	0.84 \pm 0.14	0.43 \pm 0.01
U ₅	3.6 ^{CD} \pm 0.10	0.28 \pm 0.03	1.93 ^{CD} \pm 0.20	0.79 \pm 0.08	0.43 \pm 0.02
U ₆	3.9 ^A \pm 0.03	0.27 \pm 0.03	1.91 ^{CD} \pm 0.01	0.80 \pm 0.02	0.42 \pm 0.02
U ₇	3.8 ^{AB} \pm 0.11	0.27 \pm 0.04	2.22 ^{AB} \pm 0.08	0.84 \pm 0.11	0.42 \pm 0.01
U ₈	3.4 ^E \pm 0.20	0.30 \pm 0.03	1.91 ^{CD} \pm 0.13	0.97 \pm 0.03	0.41 \pm 0.01
U ₉	3.7 ^{BCD} \pm 0.01	0.29 \pm 0.02	1.93 ^{BCD} \pm 0.08	0.85 \pm 0.05	0.41 \pm 0.01

A, B.: $p<0.01$; a, b.: $p<0.05$

İkinci ürün tane mısır bitkisi yapraklarının Zn içerikleri en yüksek U₂ (51.10 mg kg⁻¹) ve U₃ (50.17 mg kg⁻¹) ve en düşük U₅ (39.6 mg kg⁻¹) uygulamasındadır (Çizelge 4). Bazı araştırmacılar tarafından mısır (Selçuk ve Tüfenkçi 2009), fasulye (El-Bassiony ve ark., 2010), marul (Yılmaz, 2004) ile yapılan çalışmalarda da farklı fosfor uygulamalarına, yine marul bitkisine fosfor ile K-Humat (Gezgin ve ark., 2008) uygulamalarına bağlı olarak sonuçlarımıza benzer şekilde bitkilerin yapraklarının Zn içeriğinin değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca yaprakların Cu içeriği de en fazla U₁, U₂ ve U₃'de olup bunlara göre diğer uygulamalarda biraz daha düşük bulunmuştur (Çizelge 4).

Çizelge 4. Kimyasal ve organomineral gübre ve kimyasal gübre ile K-Humat konularının tane mısır yapraklarının ortalama mikro (Fe, Zn, Cu, Mn ve B) besin elementi içeriklerine etkisi (Sonaçlar 3 tekerrürün ortalamasını, \pm standart sapma değerlerini göstermektedir).

Uygulamalar	Fe	Zn	Cu	Mn	B
	----- (mg kg ⁻¹) -----				
U ₁	212 \pm 18.84	49 ^{ab} \pm 4.59	22 ^a \pm 0.87	124 \pm 2.31	30 \pm 3.41
U ₂	222 \pm 16.59	51 ^a \pm 3.21	21 ^a \pm 0.31	134 \pm 3.77	31 \pm 2.98
U ₃	223 \pm 14.94	50 ^a \pm 0.34	21 ^a \pm 0.49	129 \pm 3.87	31 \pm 3.56
U ₄	183 \pm 13.14	42 ^{bc} \pm 3.29	19 ^{bc} \pm 1.82	113 \pm 10.38	22 \pm 2.95
U ₅	194 \pm 12.33	40 ^c \pm 2.35	18 ^{bc} \pm 1.64	113 \pm 10.82	23 \pm 2.89
U ₆	195 \pm 9.488	41 ^c \pm 1.91	18 ^c \pm 1.67	111 \pm 8.77	21 \pm 2.11
U ₇	197 \pm 12.61	41 ^c \pm 3.24	20 ^{abc} \pm 0.57	112 \pm 3.74	30 \pm 4.25
U ₈	202 \pm 16.75	42 ^{bc} \pm 3.38	21 ^{ab} \pm 0.69	122 \pm 9.56	31 \pm 3.53
U ₉	202 \pm 11.79	41 ^{bc} \pm 4.63	20 ^{abc} \pm 0.83	122 \pm 5.67	29 \pm 4.88

A, B.: $p<0.01$; a, b.: $p<0.05$

Hasatta belirlenen ve %15 nem içeriğine göre düzeltilmiş tane verimleri Çizelge 5'de verilmiştir. Düzeltilmiş tane verimleri U₁'e göre U₂'de %15, U₃'de %10, U₄'de % 8, U₅'de % 15, U₇'de % 4 ve U₈'de %23 oranında azalırken, U₆'da %9 ve U₉'da %13 oranında artış olduğu görülmektedir (Çizelge 5). Sonuçlarda farklı oranlarda (2-5 kg P₂O₅ da⁻¹) fosfor sağlayacak miktarlarda uygulanan organomineral gübre konularında tepe püskülü döneminde fosfor ve diğer besin elementlerinin eksikliği olmamasına rağmen mısır tane verimleri U₁'de göre %8 ile %15 arasında değişen oranlarda azaldığı belirlenmiştir. Elde ettiğimiz bulgular, farklı bitkilere organomineral gübre uygulamasıyla (Kacar ve Katkat 1999; Olaniyi ve Ojetayo 2010; Makinde ve ark., 2011; Süzer ve Çulhacı 2017) elde edilen sonuçlarla zıttır. Bunun yanında kimyasal gübre ile birlikte K-Humat uygulamasını içeren U₆ ve U₉ nolu konularda U₁'e göre verimin artması, bazı araştırmacıların (Wang ve ark., 1995; Erdal ve ark., 2000; Bozoğlu ve ark., 2004; Erdal ve ark., 2014) mısır bitkisine K-humat uygulayarak elde ettikleri sonuçlara uyumludur. K-Humat uygulamasının verimi artırması kök bölgesinde mikrobiyal aktiviteyi arttırması ile besin elementlerinin elverişliliğinin artması, mikrobiyal parçalanma ile meydana gelen büyümeyi teşvik edici maddelerin etkisiyle kök sisteminin daha iyi gelişmesi sonucu toprak suyundan ve besin elementlerinden daha iyi faydalanması ve dengeli beslenmesinden kaynaklanabileceği belirtilmektedir.

Çizelge 5. Kimyasal ve organomineral gübre ve kimyasal gübre ile K-Humat konularının tane mısır bitkilerinin ortalama verim ve düzeltilmiş verim üzerine etkileri (Sonuçlar 3 tekrerrürün ortalamasını, ± standart sapma değerlerini göstermektedir).

2.Ürün tane mısır Uygulamalar	U ₁	U ₂	U ₃	U ₄	U ₅	U ₆	U ₇	U ₈	U ₉
Verim	804±105	749±65	747±77	525±107	680±58	873±57	772±106	713±106	913±43
Düzeltilmiş verim (kg da ⁻¹)	664±85	561±40	598±55	611±98	563±50	723±53	637±90	513±23	743±49

Mısır yapraklarının N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Cu, Mn, B içerikleri ve düzeltilmiş verimleri arasındaki korelasyon katsayıları (r) Çizelge 5'de verilmiştir. Düzeltilmiş tane verimi ile yaprakların besin elementleri arasında istatistiki olarak önemli ilişkiler belirlenmemiştir. Yaprakların N içeriği ile düzeltilmiş tane verimi, P içeriği ile Ca, Zn, Cu, Mn ve B içerikleri ve Ca içeriği ile Fe, Zn, Cu, Mn içerikleri arasında istatistiki olarak önemli pozitif ilişkiler bulunmaktadır. Yapılan farklı çalışmalarda da fosfor uygulamalarının diğer besin elementlerini etkilediği ve özellikle Zn içeriğinin P alımını engelleyebileceği bildirilmiştir (Fageria, 1989; Wilkinson ve ark., 2000). Ayrıca yaprakların Fe içeriği ile Zn, Cu, Mn, yaprakların Zn içeriği ile Cu, Mn, B ve yaprakların Cu içeriği ile Mn içeriği arasında istatistiki olarak önemli pozitif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge 6). Yaprakların N içeriği ile Mn içeriği arasında negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Çizelge 6. Kimyasal ve organomineral gübre ve kimyasal gübre ile K-Humat konularının tane mısır bitkilerinin makro (P, K, Ca ve Mg) ve mikro (Fe, Zn, Cu, Mn ve B) besin element içerikleri ve düzeltilmiş verimleri arasındaki ilişkileri

	N	P	K	Ca	Mg	Fe	Zn	Cu	Mn	B
P	-0.352									
K	0.207	0.117								
Ca	-0.364	0.447*	-0.183							
Mg	0.154	-0.101	0.151	0.246						
Fe	-0.284	0.203	-0.142	0.414*	0.202					
Zn	-0.282	0.474*	-0.213	0.606**	0.169	0.384*				
Cu	-0.309	0.576	-0.013	0.658*	0.101	0.382*	0.582**			
Mn	-0.420*	0.437*	-0.236	0.674**	0.234	0.618**	0.738**	0.783**		
B	-0.222	0.510**	-0.083	0.340	0.034	0.011	0.605**	0.363	0.364	
Düzeltilmiş verim	0.398*	-0.005	0.125	0.130	0.329	0.015	0.172	0.057	0.089	0.018

** : p<0.01, * : p<0.05

Deneme konularına göre tane mısırdaki etkinlik parametreleri incelendiğinde konulara göre değişimle birlikte agronomik etkinlik 50-91 kg kg⁻¹, fizyolojik 202-254 kg kg⁻¹ ve geri alım etkinliği % 23-45 arasında değişim belirlenmiştir (Çizelge 7). Gübre uygulama konularına göre fosforun agronomik ve geri alım etkinliğindeki değişimler istatistiki olarak önemli (P<0.05), fizyolojik etkinliğindeki değişimler ise önemsiz bulunmuştur. İkinci ürün tane mısırın ihtiyacı olan fosforun tamamının kimyasal gübre ile uygulandığı U₁ konusuna göre organomineral gübre ile uygulandığı U₂ konusunda %15 kimyasal gübre ile K-humat uygulaması olan U₈ konusunda %5 oranlarında agronomik etkinlik azalmıştır. Fosforun agronomik etkinliği bakımından gübre uygulamaları büyükten küçüğe doğru U₉ > U₅ ≥ U₄ ≥ U₆ ≥ U₇ ≥ U₃ = U₁ ≥ U₈ ≥ U₂ şeklinde sıralanmıştır. Genel olarak uygulanan fosfor miktarının azalması ve fosfor ile birlikte K-humat uygulaması agronomik etkinliğin artmasına neden olarak bu sıralamada etkili olmuştur. Nitekim fosforun agronomik etkinliğinin U₁'e göre organomineral gübre ile fosforun %60'ının uygulandığı U₄ konusunda %12 ve %40'ının U₅ konusunda %17,

kimyasal gübre ile K-Humat uygulamaları olan U₆ %10, U₇ %5 ve U₉ %54 oranında artış sağladığı belirlenmiştir. [Hussein \(2009\)](#) iki farklı mısır varyetesinde yapmış olduğu çalışmada fosfor dozlarına ve çeşitlere göre agronomik etkinliğin değiştiğini ifade etmiştir. Mısır bitkisinde fosfor kullanım etkinliğinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise agronomik etkinliğin % 28-165 oranında artış sağladığı ifade edilmiştir ([Uzun, 2014](#)). Fosforun fizyolojik etkinliği U₁ konusuna göre organomineral gübre ile fosfor uygulanan U₂ ve U₃ konularında, kimyasal gübre ile K-humat uygulaması olan U₉ konusunda azalırken organomineral gübre ile fosfor uygulanan U₄ ve U₅ konularında, kimyasal gübre ile K-humat uygulaması olan U₆, U₇ ve U₈ konularında artış sağladığı belirlenmiştir. [Wasonga ve ark., \(2008\)](#)'de yapmış oldukları çalışmada üç farklı mısır çeşidini farklı dozlarda fosforlu gübre uyguladığında fizyolojik etkinliğin 80-413 kg kg⁻¹ arasında değişim gösterdiği belirlenmiş olup bizim sonuçlarımızı doğrular niteliktedir. Fosforun geri alım etkinliği bakımından gübre uygulamaları büyükten küçüğe doğru U₉ > U₄ = U₅ = U₆ ≥ U₁ ≥ U₃ = U₇ ≥ U₂ ≥ U₈ şeklinde sıralanmıştır. Fosforun geri alım etkinliği mısır bitkisine kimyasal gübre ile 5 kg P₂O₅ da⁻¹ fosfor uygulanan U₁ konusunda %28 iken organomineral gübre ile aynı miktarda fosfor uygulanan U₂ konusunda %11 oranında azalırken, kimyasal gübre ile aynı miktarda fosfor ve K-Humat uygulanan U₆ konusunda %7 oranında artmıştır. Fosforun geri alım etkinliği kimyasal gübre ile en az miktarda fosfor ve K-humat uygulanan, en yüksek tane veriminin elde edildiği U₉ konusunda en yüksek olup bunun ile diğer gübre uygulamaları arasındaki farklar istatistiki olarak (p<0.05) önemlidir. Ancak fosforun geri alım etkinliği bakımından diğer gübre uygulamaları arasındaki farklar önemli bulunmamıştır. Benzer çalışmalarda da kimyasal gübrelerin, organik gübrelerin ve toprak düzenleyicilerin etkisiyle ([Jat ve Ahlawat 2006](#); [Alam ve ark., 2007](#); [Makinde ve ark., 2011](#)) fosforun geri alım etkinliğinin arttığı ifade edilmiştir. Bulgularımızı destekler nitelikte olan bir başka çalışmada ise, [Fernández ve ark., \(2009\)](#), mısır ve ayçiçeğinde fosforlu gübrelemenin bitki gelişimi ve fosfor kullanımına etkilerini belirledikleri çalışma da fosforun her iki denemede de bitki gelişimine önemli etkisi olduğu belirlenmiş olup mısırın fosfor kullanımında en yüksek etkinliğe sahip olduğu ifade edilmiştir.

Çizelge 7. Kimyasal ve organomineral gübre ve kimyasal gübre ile K-Humat konularının tane mısır bitkilerinin P içeriği, agronomik etkinliği, fizyolojik etkinliği ve fosfor alım etkinliği üzerine etkileri (Sonuçlar 3 tekerrürün ortalamasını, ± standart sapma değerlerini göstermektedir).

Uygulamalar	Tane P içeriği (%)	Toprakta mevcut P ₂ O ₅ miktarı	Gübre ile verilen P ₂ O ₅ miktarı	Toplam (toprak+gübre P ₂ O ₅ miktarı)	Gübre kullanım etkinliği		
					Fosfor		
					Agronomik etkinlik (kg kg ⁻¹)	Fizyolojik etkinlik (kg kg ⁻¹)	Geri alım etkinliği (%)
U ₁	0.20±0.02*	6.2	5.0	11.2	59 ^{bc} ±7.6	217±13.3	28 ^b ±4.9
U ₂	0.22±0.02	6.2	5.0	11.2	50 ^c ±3.6	202±8.4	25 ^b ±2.7
U ₃	0.21±0.03	6.2	4.0	10.2	59 ^{bc} ±5.4	213±15.5	27 ^b ±1.8
U ₄	0.20±0.02	6.2	3.0	9.2	66 ^{bc} ±10.7	224±13.1	30 ^b ±3.8
U ₅	0.19±0.04	6.2	2.0	8.2	69 ^b ±6.0	233±30.1	30 ^b ±1.5
U ₆	0.20±0.02	6.2	5.0	11.2	65 ^{bc} ±4.7	219±11.6	30 ^b ±3.5
U ₇	0.19±0.04	6.2	4.0	10.2	62 ^{bc} ±8.8	235±22.3	27 ^b ±5.1
U ₈	0.18±0.04	6.2	3.0	9.2	56 ^{bc} ±2.5	254±30.6	23 ^b ±3.6
U ₉	0.21±0.04	6.2	2.0	8.2	91 ^a ±6.0	210±22.0	45 ^a ±8.2

a, b.: p<0.05

Sonuç

Çalışma sonucunda, ikinci ürün tane mısır denemesinde elde edilen tane verimi ve fosfor alım etkinliği bakımından değerlendirildiğinde organomineral gübre uygulamasının kimyasal gübreye göre olumlu bir etkisi olmamıştır. Genel olarak uygulanan fosfor miktarının azalmasıyla, fosforun agronomik, fizyolojik ve geri alım etkinliği artmıştır. Fosforun agronomik, fizyolojik ve geri alım etkinliği değerleri kimyasal gübre uygulamalarında organomineral gübre uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. Toprağa karıştırılan K-humat'ın toprak fosforunu ve toprağa uygulanan fosforu bitkilere daha fazla yararlı hale dönüşümünü sağlamasından dolayı kimyasal gübre ile K-humat uygulamalarının daha etkili olduğu belirlenmiştir.

Teşekkür

Ülkemizde Organomineral Gübrelerin bitki gelişimi ve beslenmesine etkisi ile ilgili bilgi eksikliğinin giderilmesine katkı sağlamak için bu çalışmanın yürütülmesini sağlayan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğüne (TİGEM) aynı kurumun Bitkisel Üretim Daire Başkanlığına, Ceylanpınar işletmesinde emeği geçenlere çok teşekkür ediyoruz.

Kaynaklar

- Adeleye E, Ayeni L, Ojeniyi S, 2011. Effect of tillage techniques on soil properties, nutrient uptake and yield of yam (*Dioscorea rotundata*) on an Alfisol in Southwestern Nigeria. *J. Agric. Food Tech.* 6:94-100.
- Akhtar M, Oki Y, Adachi T, 2008. Genetic Variability in Phosphorus Acquisition and Utilization Efficiency from Sparingly Soluble P-Sources by Brassica Cultivars under P-Stress Environment. *J. Agron. Crop Sci.* 194: 380-392.
- Alam M, Jahan M, Ali M, Ashraf M, Islam M, 2007. Effect of vermicompost and chemical fertilizers on growth, yield and yield components of potato in barind soils of Bangladesh. *J. Applied Sci. Research.* 12: 1879-1888.
- Alam S, 2003. Wheat yield and P fertilizer efficiency as influenced by rate and integrated use of chemical and organic fertilizers. *Pakistan J. of Soil Sci.* 22: 72-76.
- Ayeni L, Adeleye E, Adejumo J, 2012. Comparative effect of organic, organomineral and mineral fertilizers on soil properties, nutrient uptake, growth and yield of maize (*Zea mays*). *Int. Resear. J. Agric. Sci. Soil Sci.* 11: 493-497.
- Balemi T, Negisho K, 2012. Management of soil phosphorus and plant adaptation mechanisms to phosphorus stress for sustainable crop production: A review. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 3: 547-562.
- Bayraklı F, 1987. Toprak ve bitki analizleri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları Yayın No. 17.* s: 77.
- Bélanger G, Claessens A, Ziadi N, 2011. Relationship between P and N concentrations in maize and wheat leaves. *Field Crops Research.* 1: 28-37.
- Bouyoucos GS, 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method For Making Mechanical Analysis of Soils. *Argon. J.* 43: 434-438.
- Bozoğlu H, Pekşen E, Gülümser A, 2004. Sıra aralığı ve potasyum humat uygulamasının bezelyenin verim ve bazı özelliklerine etkisi. *Tar. Bil. Der.* 10: 53-58.
- Cartwright B, Tiller K, Zarcinas B, Spouncer L, 1983. The chemical assessment of the boron status of soils. *Soil Resear.* 21: 321-332.
- Cordell D, White S, 2013. Sustainable phosphorus measures: strategies and technologies for achieving phosphorus security. *Agronomy.* 3: 86-116.
- El-Bassiony A, Fawzy Z, Abd El-Baky M, Mahmoud AR, 2010. Response of snap bean plants to mineral fertilizers and humic acid application. *Res. J. Agric. Biol. Sci.* 6: 169-175.
- Erdal İ, Bozkurt MA, Çimrin KM, Karaca S, Sağlam M, 2000. Kireçli bir toprakta yetiştirilen mısır bitkisi (*Zea mays* L.) gelişimi ve fosfor alımı üzerine hümitik asit ve fosfor uygulamasının etkisi. *Turk J Agric For.* 24: 663-668.
- Erdal, İ., Küçükymuk, Z., Taplamacıoğlu, D. ve Toftar, B., 2014, Kireçli bir toprakta humik ve fulvik asit uygulamalarının domatesin gelişimi ve beslenmesine etkileri. *Top. Bil. Bit. Bes. D.* 2: 70-74.
- Fageria N, 1989. Effects of phosphorus on growth, yield and nutrient accumulation in the common bean. *Trop. Agric.* 66: 249-255.
- Fernández M, Belinque H, Boem FG, Rubio G, 2009. Compared phosphorus efficiency in soybean, sunflower and maize. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 32: 2027-2043.
- Fixen P, 2009. Phosphorus: World wide supplies and efficiency, Manitoba Agronomists Conference, 2, December 16, Winnipeg, Manitoba.
- Fixen P, Brentrup F, Bruulsema T, Garcia F, Norton R, Zingore S, 2015. Nutrient and fertilizer use efficiency: Measurement, current situation and trends. *Manag. Water Fert. Sustai. Agric. İntens.* 270.
- Gao W, Jin JY, He P, Li S, Zhu J, Li M, 2009. Optimum fertilization effect on maize yield, nutrient uptake and utilization in Northern China. *Bett. Crops Plant Food.* 93: 18-20.
- Gezgin S, Dursun N, Gökmen F, 2008. Artan dozlarda uygulanan farklı humik asit kaynaklarının marulun verim ve besin elementleri içeriğine etkileri. *TKİK Araş. Ankara.*
- Grant C, Flaten D, Tomasiewicz D, Sheppard S, 2001. The importance of early season phosphorus nutrition. *Canadian J. Plant Sci.* 81: 211-224.
- Hammond JP, Broadley MR, White PJ, King GJ, Bowen HC, Hayden R, Meacham MC, Mead A, Overs T, Spracklen WP, 2009. Shoot yield drives phosphorus use efficiency in Brassica oleracea and correlates with root architecture traits. *J. Exper. Botany.* 60: 1953-1968.
- Hinsinger P, 2001. Bioavailability of soil inorganic P in the rhizosphere as affected by root-induced chemical changes: A review. *Plant and Soil.* 237: 173-195.
- Hızalan E, Ünal H, 1966. Topraklarda önemli kimyasal analizler. *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları.* s: 278.
- Hussein A, 2009. Phosphorus use efficiency by two varieties of corn at different phosphorus fertilizer application rates. *Res. J. Appl. Sci.* 4: 85-93.
- Irfan M, Abbas M, Shah JA, Memon MY, 2018. Internal and external phosphorus requirements for optimum grain yield are associated with P-utilization efficiency of wheat cultivars. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 49: 2843-2853.
- Jackson M, 1962. *Soil Chemical Analysis.* Prentice Hall, Inc. Englewood Cliff, New York, USA.
- Jat R, Ahlawat I, 2006. Direct and residual effect of vermicompost, biofertilizers and phosphorus on soil nutrient dynamics and productivity of chickpea-fodder maize sequence. *J. Sustai. Agric.* 28: 41-54.
- Jones JB, Wolf B, Mills HA, 1991. *Plant analysis handbook. Micro, Macro Publishing, Inc., Athens, GA vol. 10.* pp. 213.
- Kacar B, Katkat V, 1999. Gübreler ve Gübreleme Tekniği, Uludağ Üniversitesi, Güçlendirme Vakfı Yayınları, Yayın No. 144. Bursa, s: 20.

- Kaya M, Atak M, Çiftçi C, Ünver S, 2005. Çinko ve Humik Asit uygulamalarının ekmeklik buğday (*Triticum aestivum* L.)'da verim ve bazı verim öğeleri üzerine etkileri. Süleyman Demirel Üni. Fen Bil. Enst. D. 9: 3.
- Li L, Li SM, Sun JH, Zhou LL, Bao XG, Zhang HG, Zhang FS, 2007. Diversity enhances agricultural productivity via rhizosphere phosphorus facilitation on phosphorus-deficient soils. *Proc. Natio. Acad. Sci.* 104: 11192-11196.
- Lindsay WL, Norvell WA, 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. *Soil Sci. Soc. America J.* 42: 421-428.
- Mackowiak C, Grossl P, Bugbee B, 2001. Beneficial effects of humic acid on micronutrient availability to wheat. *Soil Sci. Soc. America J.* 65: 1744-1750.
- Makinde E, Ayeni L, Ojeniyi S, Odedina J, 2010. Effect of organic, organomineral and NPK fertilizer on nutritional quality of *Amaranthus* in Lagos. *Nigeria Rese.* 2: 91-96.
- Makinde E, Ayeni L, Ojeniyi S, 2011. Effects of organic, organomineral and NPK fertilizer treatments on the nutrient uptake of *Amaranthus cruentus* (L) on Two Soil Types in Lagos. *Nigeria J. Cent. Euro. Agric.* 12: 114-123.
- Olaniyi J, Ojetayo A, 2010. The effect of organomineral and inorganic fertilizers on the growth, fruit yield and quality of pepper (*Capsicum frutescense*). *J. Ani. Plant Sci.* 8: 1070-1076.
- Olowokere F, Tijani-Eniola H, 2013. Pepper response to inorganic and organomineral fertilizers in Southwestern Nigeria. *Comm. Soil Sci. Plant Analy.* 44: 1127-1139.
- Öktem AG, Nacar AS, Öktem A, 2017. Sıvı Olarak Toprağa Uygulanan Hümik Asit Miktarlarının Kırmızı Mercimek Bitkisinde (*Lens culinaris Medic.*) Verim ve Bazı Verim Unsurlarına Etkisi. *Tarla Bit. Mer. Arşt. Enst. D.* 26: 119-124.
- Pereira NCM, Galindo FS, Gazola RPD, Dupas E, Rosa PAL, Mortinho ES, 2020. Corn Yield and Phosphorus Use Efficiency Response to Phosphorus Rates Associated With Plant Growth Promoting Bacteria. *Fron. Enviro. Sci.* 8: 40.
- Savaşlı E, Önder O, Karaduman Y, Dayıoğlu R, Özen D, Özdemir S, Akın, A, Tunca ZS, Demir B, Aydın N, 2019. The Effect of Soil and Foliar Urea Application at Heading Stage on Grain Yield and Quality Traits of Bread Wheat (*Triticum aestivum* L.). *Turkish J. Agric. Sci. Tech.* 7: 1928-1936.
- Selçuk R, Tüfenkçi Ş, 2009. Artan dozlarda çinko ve humik asit uygulamalarının mısırın verim ve besin içeriğine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Sharif M, Khattak RA, Sarir M, 2002. Effect of different levels of lignitic coal derived humic acid on growth of maize plants. *Comm. Soil Sci. Plant Analy.* 33: 3567-3580.
- Smith HW, Weldon M, 1941. A Comparison of Some Methods for the Determination of Soil Organic Matter 1. *Soil Sci. Soc. America J.* 5: 177-182.
- Süzer S, Çulhacı E, 2017. Effects of different organomineral and inorganic compound fertilizers on seed yield and some yield components of winter bread wheat. *Top. Bil. Bit. Bes. D.* 5: 87-92.
- Syers J, Johnston A, Curtin D, 2008. Efficiency of soil and fertilizer phosphorus use, *FAO Fert. Plant Nutri. Bull.* 18: 108.
- Şahin S, Karaman MR, Gebologlu N, 2014. The effects of humic acid application upon the phosphorus uptake of the tomato plant (*Lycopersicum esculentum* L.). *Sci. Rese. Ess.* 9: 586-590.
- USDA N, 2004. The plants database version. 3: 70874-74490.
- Uzun O, 2014. Erciyes üniversitesi Seyrani ziraat fakültesi deneme alanı topraklarına biyogübre uygulamalarının mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) fosforlu gübre kullanım etkinliği üzerine etkisi. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Erzurum.
- Vance CP, Uhde-Stone C, Allan DL, 2003. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. *New Phytologist.* 157: 423-447.
- Wang X, Wang Z, Li S, 1995. The effect of humic acids on the availability of phosphorus fertilizers in alkaline soils. *Soil Use Management.* 11: 99-102.
- Wasonga C, Sigunga D, Musandu A, 2008. Phosphorus requirements by maize varieties in different soil types of Western Kenya. *African Crop Sci. J.* 16: 2.
- Wilkinson S, Grunes D, Sumner ME, 2000. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. (Summer ME, Ed, *Handbook of Soil Science.* Boca Rotan Florida. pp: 89-112.
- Yang F, Du M, Tian X, Eneji AE, Duan L, Li Z, 2014. Plant growth regulation enhanced potassium uptake and use efficiency in cotton. *Field Crops Research.* 163;109-118.
- Yaseen M, Malhi SS, 2009. Variation in yield, phosphorus uptake, and physiological efficiency of wheat genotypes at adequate and stress phosphorus levels in soil. *Comm. Soil Sci. Plant Analy.* 40: 3104-3120.
- Yılmaz İ, 2004. Humik Asit ve Fosfor Uygulamalarının Marul (*Lactuca sativa* L. var. *longifolia*) Bitkisinin Gelişimi ve Besin Elementi Alımına Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Giresun ili Şebinkarahisar ilçesinde farklı topoğrafyalarda oluşmuş toprakların tarımsal 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 ili Şebinkarahisar ilçesinde farklı topoğrafik özelliklere sahip alanlarda oluşmuş toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada toplam 14 adet yüzey toprak örneği (0-30 cm) kullanılmıştır. İncelenen topraklar C, CL, SCL ve SL tekstür sınıflarında bulunmuştur. Tamamı tuzsuz olarak sınıflandırılan toprakların büyük çoğunluğu hafif alkalın ve nötr toprak reaksiyonuna sahiptirler. Kireç kapsamı 0 ile % 38.44, organik madde içerikleri % 0.75 - 2.85 aralığındadır. Potasyum, kalsiyum, magnezyum, demir ve bakır içerikleri bakımından toprakların eksik olduğu saptanmamıştır. Toplam azot, fosfor, çinko ve mangan açısından ise bazı topraklarda eksiklikler bulunmuştur. 970-1176 m yükselti grubu topraklarının ortalama pH, kireç, K, Mg ve Zn değerleri; 1278-1464 m yükseltilerdeki topraklarda da ortalama organik madde, toplam azot, P, Ca, Fe, Cu ve Mn değerleri daha yüksek bulunmuştur. Kireç için ortalama değer % 10-15 eğim grubunda fazla belirlenmiştir. Kuzey bakı grubundaki toprakların ortalama kireç, Mg, Fe ve Mn içerikleri, güney bakı grubundakilere göre daha yüksek saptanmıştır. Farklı yükselti değerlerindeki kireç varlığı değişkenliğinin, ana materyal çeşitliliği kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Dikmen Tepesi'nden Avutmuş Çayı'na kadar değişen yükselti değerlerinde ve bakı yönlerinde toprak özellikleri ve bitki besin elementleri bakımından önemli bir değişime saptanmamıştır.

Anahtar Kelimeler: Topoğrafik özellikler, toprak verimliliği, yükselti-eğim-bakı, Şebinkarahisar, Giresun.

Agricultural characteristics of soils formed in different topographies in Şebinkarahisar district of Giresun province

Abstract

This study was carried out in order to determine some physical and chemical properties of soils formed in areas with different topographic characteristics in Giresun province Şebinkarahisar district. A total of 14 surface soil samples (0-30 cm) were used in the study. The investigated soils were found in texture classes C, CL, SCL and SL. Most of the soils classified as completely salt-free have a slightly alkaline and neutral soil reaction. Lime content ranges from 0 to 38.44% and organic matter contents between 0.75 - 2.85%. Soils were not found to be deficient in terms of potassium, calcium, magnesium, iron and copper contents. In terms of total nitrogen, phosphorus, zinc and manganese, deficiencies were found in some soils. Average pH, lime, K, Mg and Zn values of 970-1176 m elevation group soils; average organic matter, total nitrogen, P, Ca, Fe, Cu and Mn values were found to be higher in soils at elevations of 1278-1464 m. The average value for lime was determined higher in the 10-15% slope group. The average lime, Mg, Fe and Mn contents of soils in the north aspect group were higher than those in the south aspect group. It is thought that the variability of lime presence in different elevation values may be due to the diversity of the parent material. No significant change has been detected in terms of soil properties and plant nutrients in varying elevation values and aspect directions from Dikmen Hill to Avutmuş Creek.

Keywords: Topographic characteristics, soil fertility, elevation-slope-aspect, Şebinkarahisar, Giresun.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Ana materyal üzerine, özellikle yağış ve sıcaklık etmenleri ile iklimin girişimi ve bu girişimin topoğrafya etkisinde kalmasına bağlı olarak farklı bitki örtüsü meydana gelmekte ve sonuçta oluşan toprak zamana bağlı olarak değişime uğramaktadır (Karaçal, 2008). Ana materyalin ayrışma durumu toprak oluşumu üzerinde son derece etkili olmaktadır. Zaman ile toprak oluşumu ilişkisi, genç volkanik alanlar ve alüvyonlaşmanın olduğu alanlarda açık bir şekilde görülmektedir (Atalay, 2014). Toprakları meydana getiren faktörlerin çevresiyle dengeye geldiği durumlarda; farklı kayalar, farklı mineral kompozisyonlardan kurulu oldukları için, farklı tipte topraklar ortaya çıkmaktadır (Sağlam ve ark., 1993). Yeryüzü şekillerinin konumu ile litosferin üzerinde

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0454 310 1710

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

Geliş Tarihi : 16 Haziran 2020

Kabul Tarihi : 15 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.753454

oluşan toprağın cinsi arasında ilişkiler bulunmaktadır (Cangir ve Boyraz 2006). Yeryüzü şekilleri, yüksekliğe bağlı kalarak erozyonla, toprak aşınımına ve aşınan toprak materyalinin yığılmasına katenasal ilişkili olarak etki etmektedir (Sağlam ve ark., 1993). Arazinin eğim, yamacın baktığı yön (bakı) ve yükselti özellikleri ile suyun sızma durumuna bağlı olarak farklı toprak tipleri görülmektedir. Eğimli yüzeyler boyunca oluşan topraklar, sürekli olarak aşınmaya uğramaktadır. Bu sebeple toprak üzerinde ana materyalin etkisi görülmektedir. Herhangi bir yamacın baktığı yön, güneşten gelen enerjinin alınması, bitki örtüsünün yerleşmesi, dağılışı ve ana materyalin ayrışması üzerinde etkilidir. Yükseklik arttıkça sıcaklığın düşmesi, yağışın artması, bitki örtüsünün dağılışı yanında ayrışma olaylarını ve buna bağlı toprak oluşumunu da doğrudan etkilemektedir (Atalay, 2014). Susam ve Oğuz (2006), arazilerden en uygun şekilde faydalanabilmek için yapılacak planlamalarda topoğrafik özelliklerin (eğim, bakı ve yükseklik gibi) önemli olduğunu bildirmişlerdir. Eğim değerleri açısından Tokat arazilerinin büyük bir kısmının tarım için uygun olan % 0-12 aralığında yer almadıklarını ve bakı açısından arazilerin ana yönler göre, kuzey % 26.5, güney % 25.6, doğu % 20 ve batı % 22.2 olarak dağıldıklarını saptamışlardır. Belirledikleri topoğrafik özelliklere göre, Tokat arazilerinin çok az bir bölümünün topoğrafya bakımından tarımsal kullanım için uygun olduğunu bildirmişlerdir. Dengiz ve ark. (2006), kurak - yarı kurak iklime sahip Ankara ilinin Gölbaşı ilçesi ve yakın çevresinde farklı topoğrafya, farklı bakı ve farklı ana kaya - ana materyal üzerindeki beş toprak profilinin fiziksel, kimyasal ve minerolojik analizlerine göre, profiller arasında önemli farklılıklar bulmuşlardır. Kurak - yarı kurak bölgelerde oluşan topraklarda ana materyal ve topoğrafyanın bitki örtüsü ve iklimden daha etkili olduğunu açıklamışlardır. Tunçay ve Dengiz (2017), Samsun ili Engiz Beldesi Dağköy mevki alanında, yarı nemli ılıman iklimde farklı topoğrafik pozisyonlardaki bazaltik ana materyal üzerinde farklı toprakların oluşmasının; topoğrafya veya lokal rölyefin, toprak oluşumunda zaman ve ana materyal üzerinde önemli etkisi bulunduğunu gösterdiğini ve buna toprakların üzerindeki vejetasyon sıklığı ve çeşidi gibi faktörlerin de önemli etki yaptığını bildirmişlerdir. Yüksel (2003), Iğdır yakınlarındaki ve Ağrı Dağı'nın, farklı çevresel şartları altında, alüvyal ana materyal ve magmatik kayalar üzerinde oluşmuş, 850-3200 m yükseklik aralığından alınmış 7 toprak örneğini kullanmıştır. Tüm örneklerde pH'ı 7.3-8.3; EC değerlerini 0.14-5.38 dSm⁻¹; kireci % 0.30-8.50; organik maddeyi % 0.57-2.14 ve KDK değerlerini 9.1-20.5 meq/100gr arasında saptamıştır. Tekstür sınıflarını CL, L ve SL olarak belirlemiştir. Prus ve ark. (2015), Slovenya'daki Dragonja Nehri'nin alt vadisinde, 4 farklı toprak profilinin bazı derinliklerinde (0-6 cm, 0-8 cm, 0-8 cm ve 0-29 cm) tekstür sınıflarının tamamını SCL olarak; pH'ı 6.9 ile 7.2; organik maddeyi % 2.4-7.5; azotu % 0.13-0.48 ve karbonatı % 24.1-27.3; P₂O₅'i 4.2 ile 35.8 mg/100g; K₂O'yu 28.9 ile 63.1 mg/100g arasında bulmuşlardır. Ca için 33.04-38.35 mmolc/100g; Mg için 1.12-1.53 mmolc/100g; K için 0.65-1.34 mmolc/100g ve Na için 0.07 ve 1.67 mmolc/100g aralıklarında değerler saptamışlardır. EC'yi 1.17 ve 6.12 dS/m arasında belirlemişlerdir.

Bu çalışma, Giresun ili Şebinkarahisar ilçesinde farklı topoğrafik özelliklere sahip alanlarda oluşmuş toprakların bazı tarımsal özelliklerinin saptanması ve tarımsal kültürel işlemler deseninin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. İleride yörede yapılabilecek benzer çalışmalara yardımcı bir ön araştırma olabileceği düşünülmektedir.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma alanında toprak örneklemelerinin yapılacağı noktalar, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü'nden elde edilen Giresun - H 40 - b3 paftasına ait 1/25000 ölçekli jeoloji haritası ile belirlenmiştir (Akbaş, 1991). Şebinkarahisar ilçesinde Bülbül, Taş, Kırkgöz, Avutmuş ve Müftü mahallelerindeki; Bayhasan, Yıltarıç ve Bayramköy köylerindeki ve Giresun Üniversitesi Şebinkarahisar yerleşkesindeki çeşitli yükselti, eğim ve bakı özelliklerine sahip olan 14 farklı yerden bel küreği ile yüzey toprak (0-30 cm) örnekleri alınmıştır. Örnek alanlarının büyük çoğunluğunu ekilmemiş araziler oluştururken; geriye kalan alanlarda meyve bahçeleri ve tarım yapılan araziler bulunmaktadır. Toprak örnekleme yerlerine ait koordinat bilgileri, 1-3 m hassasiyete sahip Magellan eXplorist 610 marka GPS cihazı ile kaydedilmiş ve Çizelge 1'de sunulmuştur. Araştırma alanını ve toprak örnekleme noktalarını gösteren harita, DigitalGlobe uydu görüntüsünün önizlemesini içeren VantagePoint programı ve Microsoft Paint yazılımı ile hazırlanmıştır (Şekil 1). Toprak örnekleme noktalarının yükselti, eğim ve bakı değerlerinin (Çizelge 1) tespiti ve inceleme alanının yükselti, eğim ve bakı haritaları (Şekil 2, Şekil 3 ve Şekil 4); USGS (2019)'dan elde edilen Sayısal Yükseklik Modeli (DEM) verisinin (SRTM 1 Arc-Second Global/~30 meters), bir coğrafi bilgi sistemi yazılımı olan QGIS 3.10 A Coruña ile tekrar projelendirilmesiyle (EPSG:5257 - TUREF / TM39) yapılmıştır. Bakı yönlerini gösteren haritanın (Şekil 5) yapımında QGIS 3.10 A Coruña programının dâhilindeki GRASS 7.8.0 paketinden faydalanılmıştır (QGIS Development Team, 2019). Toprak örnekleme noktalarının eğim sınıflandırması Dizdar (2003)'a göre

yapılmıştır (Çizelge 1). Şebinkarahisar'da güneybatı-kuzeydoğu yönünde uzanan Avutmuş Çayı ilçedeki en önemli akarsulardan biri ve hâkim ana drenaj sistemidir. Yağış; çalışma alanındaki ana su kaynağı olup, hidrolojik döngüdeki en önemli unsurdur (Ceryan, 1990; Keskin, 2006; Yılmaz ve Keskin 2009; Altan, 2010; Yılmaz, 2010). Volkanik bir koni olan Dikmen Tepesi 1778 m yüksekliğe sahip olup, Şebinkarahisar'ın güneybatısında yer alır (Gürgen, 1997; Yılmaz, 2006; Altan, 2010). 1965 ile 2017 arasındaki 53 yıllık iklim verileri ortalamaları göz önüne alındığında; Şebinkarahisar ilçesinde yıllık ortalama sıcaklık 9.13 °C, yıllık toplam yağış miktarı ortalama 583.5 mm ve yıllık ortalama nisbi nem % 60.73'tür (Anonim, 2018a). Toprak örneklerinin alındığı alanlardaki büyük toprak gruplarının tespitinde Anonim (2018b)'den faydalanılmıştır. Buna göre, Şebinkarahisar'daki bu çalışmada kullanılan toprakların büyük çoğunluğunun alındığı alanlarda kahverengi toprakların yer aldığı belirlenmiştir. Şebinkarahisar, Pontidler tektonik ünitesinin doğu kuşağının güney zonunda bulunmaktadır (Ketin, 1966; Altan, 2010). Toprak örneklemelerinin alındığı alanlarda bulunan 3 farklı formasyon ve bu formasyonlara denk gelen toprak örnekleri şu şekildedir: 1. Oligosen-Alt Miyosen'e ait çakıltaşı-kumtaşı-çamurtaşı, karasal, çökel kaya (1, 2, 3, 4, 8, 9, 11 ve 12 no'lu örnekler), 2. Kuvaterner yaşlı Alüvyon, karasal, çökel kaya (5, 6, 13 ve 14 no'lu örnekler) ve 3. Alt Miyosen'e ait andezit-bazalt, karasal, volkanik kaya (7 ve 10 no'lu örnekler) (Akbaş, 1991). Farklı araştırmacılar tarafından bu formasyonlar; 1. Şebinkarahisar Formasyonu (Karakaya, 1998; Keskin, 2006; Yılmaz ve Keskin 2009; Yılmaz, 2010), 2. Alüvyon (Ceryan, 1990; Gürgen, 1997; Keskin, 2006; Yılmaz ve Keskin 2009; Altan, 2010), 3. Dikmen Volkanitleri (Yılmaz ve ark., 1985; Keskin, 2006; Yılmaz, 2010) olarak tanımlanmıştır.

Çizelge 1. Toprak örnekleme noktaları hakkında bazı bilgiler

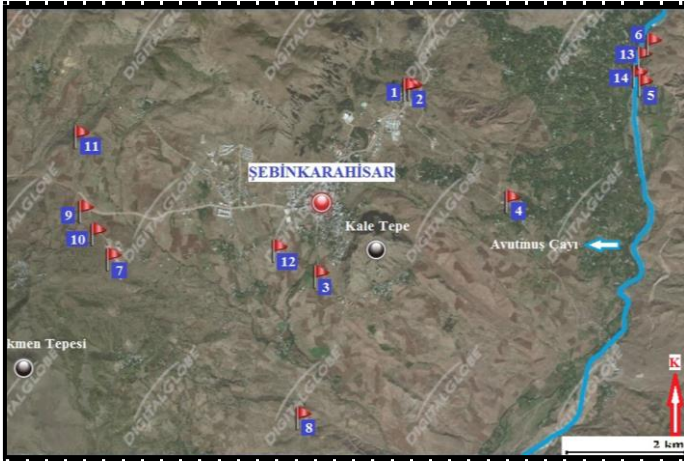
Örnek No.	Koordinatlar*	Yükselti (m)	Eğim (%)	Eğim Sınıfı (Basit Eğim)	Bakı (°)	Bakı Yönü
1	40°18'07"N 38°26'08"E	1284	8.58	Orta	25.02	Kuzeydoğu
2	40°18'07"N 38°26'10"E	1278	8.86	Orta	52.13	Kuzeydoğu
3	40°16'46"N 38°25'18"E	1280	7.66	Orta	151.70	Güneydoğu
4	40°17'19"N 38°27'05"E	1105	6.16	Orta	152.35	Güneydoğu
5	40°18'09"N 38°28'19"E	970	4.44	Hafif	220.24	Güneybatı
6	40°18'27"N 38°28'24"E	985	8.04	Orta	290.77	Batı
7	40°16'54"N 38°23'22"E	1443	8.50	Orta	52.43	Kuzeydoğu
8	40°15'45"N 38°25'08"E	1176	12.21	Dik	81.53	Doğu
9	40°17'14"N 38°23'06"E	1405	4.20	Hafif	119.74	Güneydoğu
10	40°17'05"N 38°23'13"E	1423	10.61	Orta	4.18	Kuzey
11	40°17'47"N 38°23'03"E	1464	1.17	Düz/düze yakın	296.57	Kuzeybatı
12	40°16'57"N 38°24'55"E	1313	8.80	Orta	137.39	Güneydoğu
13	40°18'21"N 38°28'19"E	976	9.54	Orta	319.40	Kuzeybatı
14	40°18'13"N 38°28'17"E	972	8.27	Orta	237.80	Güneybatı

* N: north (kuzey) E: east (doğu)

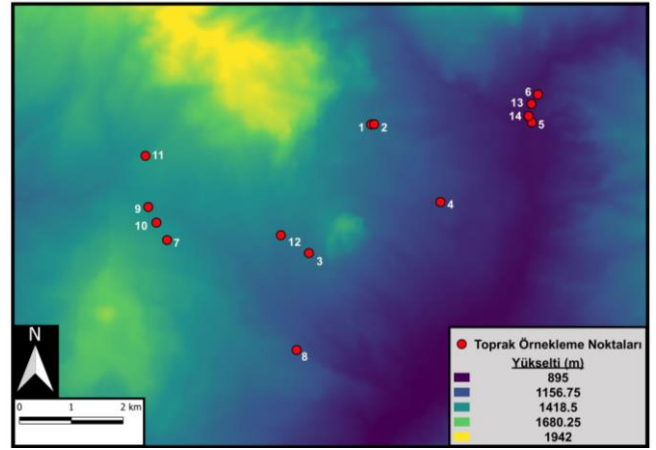
Yöntem

Çalışma alanında belirlenen noktalardan alınan bozulmuş yüzey toprağı örnekleri (0-30 cm), uygun elekler yardımıyla analizlere hazırlanmıştır. Topraklarda pH tayini, hazırlanmış olan saturasyon çamurunda pH metre ile ölçülmek suretiyle yapılmıştır (Richards, 1954). Toprak reaksiyonu (pH) sonuçları Kellogg (1952) tarafından bildirilen değerlere göre değerlendirilmiştir. Tuz değerleri (%), saturasyon çamurunda elektriksel iletkenliğe bağlı olarak kondüktivitemetre ile ölçülen değerden hesaplanıp yorumlanmıştır (Richards, 1954). Kireç miktarları, kalsimetrik yöntem ile volumetrik olarak saptanmıştır (Kacar, 2009). Kireç değerleri (%), Ülgen ve Yurtsever (1995)'e göre yorumlanmıştır. Organik madde (%), Walkley-Black Yöntemi ile belirlenmiştir (Müftüoğlu ve ark., 2014). Organik madde değerlerinin yorumlanması Anonim (1988)'e göre yapılmıştır. Toprakların tekstürleri, hidrometre metoduna göre saptanmıştır (Bouyoucos, 1951). Tekstür sınıflarının isimlendirilmesinde tekstür üçgeninden faydalanılmıştır (Anonymous, 1993). Toplam azot kapsamı (%), Kjeldahl metodu ile belirlenmiştir (Sağlam, 2008). Fosfor, Olsen metodu (Olsen ve ark., 1954) ile spektrofotometrede okunarak; potasyum, kalsiyum ve magnezyum da amonyum asetat ile ekstrakte edildikten (Jackson, 1958) sonra, ICP cihazında okunarak saptanmıştır (Müftüoğlu ve ark., 2014). Toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum kapsamalarının değerlendirilmesi, Anonymous (1990) tarafından belirtilen değerlere göre yapılmıştır. Fe, Cu, Zn ve Mn; DTPA ile ekstrakte edilip sonrasında da ICP cihazında okunarak saptanmıştır (Lindsay ve Norvell 1978). Fe değerleri, Lindsay ve Norvell (1978)'e; Cu değerleri, Follett (1969)'a ve Zn ve Mn değerleri de Anonymous (1990)'a göre değerlendirilmiştir. Toprakların analiz

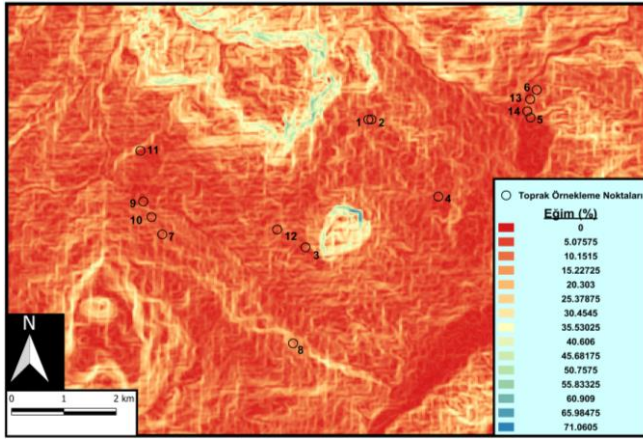
sonuçlarının ortalama, standart sapma değerlerini, korelasyon katsayılarını belirlemek ve korelasyon analizlerini yapmak için SPSS 22 isimli bilgisayar programı kullanılmıştır.



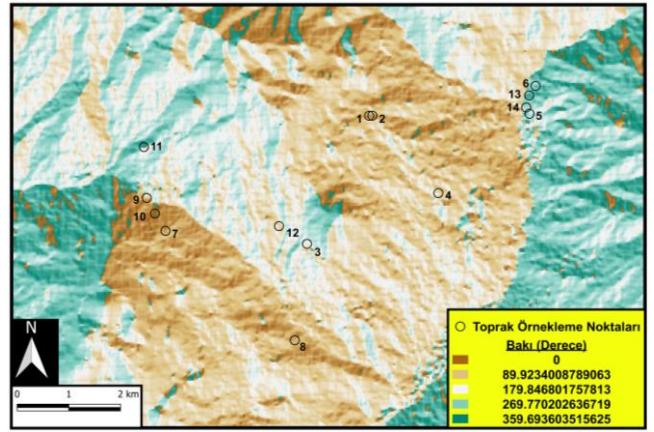
Şekil 1. Toprak örnekleme yapılan yerleri gösteren 1/28000 ölçekli DigitalGlobe görüntüsü



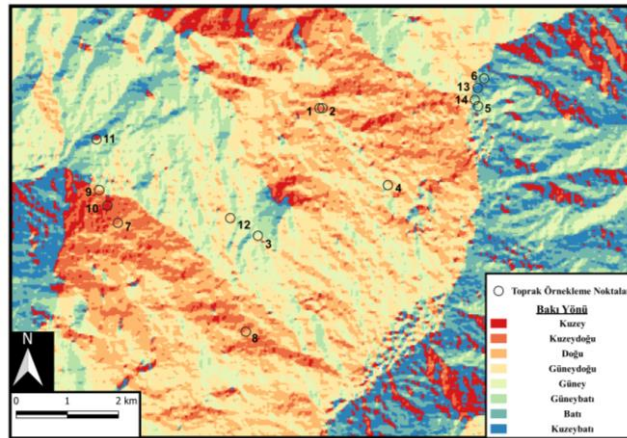
Şekil 2. İnceleme alanının yükselti haritası



Şekil 3. İnceleme alanının eğim haritası



Şekil 4. İnceleme alanının baki derecelerini gösteren harita



Şekil 5. İnceleme alanının baki yönlerini gösteren harita

Bulgular ve Tartışma

Giresun ili Şebinkarahisar ilçesindeki farklı topoğrafik özelliklere sahip alanlardan alınan 14 farklı yüzey toprağının fiziksel ve kimyasal bazı analiz sonuçları Çizelge 2'de sunulmuştur. Toprakların 8 tanesi kil (C), 3 tanesi killi tın (CL), 2 tanesi kumlu killi tın (SCL) ve 1 tanesi de kumlu tın (SL) tekstür sınıfındadır. Kum içerikleri % 24.99 (Örnek no. 10) ile % 63.48 (Örnek no. 2) arasında değişmektedir. Silt içerikleri 6 numaralı örnekte (% 17.73) en düşük, % 30.50 ile 7 numaralı örnekte en yüksektir. Kil değerleri % 18.02 (Örnek no. 2) ile % 53.30 (Örnek no. 10) arasındadır. Toprakların pH değerleri 5.92-7.62 arasında bulunmuştur. [Kellogg](#)

(1952)'nin belirttiği değerlere göre; 3, 4, 6, 8, 9, 10, 13 ve 14 numaralı örnekler hafif alkalin; 1, 2, 5, 11 ve 12 numaralı örnekler nötr toprak reaksiyonuna sahiptirler. 7 no'lu örnek için pH sınıfı orta derecede asittir. Araştırma topraklarının tümünün tuz (%) kapsamı, Richards (1954) tarafından belirtilen % 0.15'in altında olduğundan, toprakların tamamı tuzsuz olarak belirlenmiştir. Nalbant ve Atmaca (2018), Şebinkarahisar'daki Dikmen Tepesi'nin (Volkanik koni) doğu-kuzeydoğu yamaçlarından 1421-1539 m yükselti aralığından 24 adet yüzey toprağı örneği (0-30 cm) almışlardır. Tamamı tuzsuz olarak saptanan toprakların çok büyük çoğunluğunu kil tekstürde, nötr ve hafif alkali olarak bulmuşlardır. Elde ettikleri sonuçlar mevcut çalışmamızla uyumludur. Atmaca ve Nalbant (2018), Şebinkarahisar'da Avutmuş Çayı batısında 22 farklı meyve bahçesinin yüzey topraklarının (0-30 cm) tekstür sınıflarının büyük çoğunluğunu SCL ve CL olarak bulmuşlardır. Örneklem noktalarının yükselteleri 976-1250 m arasındadır. Tamamı tuzsuz olarak belirlenen toprakların çoğunluğunu nötr reaksiyonda bulmuşlardır. Atmaca ve Nalbant (2018), tekstür sınıfları kısmen hariç, pH ve tuz için araştırmamızla benzer sonuçlar bulmuşlardır. Karacan (2017), Konya ili Karapınar ilçesinde alüviyal, lakustrin ve volkanik ana materyaller üzerindeki 5 profilin yüzey topraklarında pH'ı 7.71-7.95 arasında ve tekstürleri C, CL, SCL ve LS olarak bulmuş ve topraklarda tuzluluğa rastlamamıştır. Ana materyaldeki farklılığa rağmen toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin önemli bir farklılaşma bulunmadığını belirtmiştir. Karacan (2017) pH'ı mevcut çalışmamızdan farklı; bazı tekstür sınıflarını ve tuzu benzer bulmuştur. Fiantis ve ark. (2017), Endonezya-Batı Sumatra'da Marapi, Sago, Singgalang ve Tandikek Dağları ile Maninjau Kalderası civarındaki volkanik materyallerden oluşan çeltik arazilerinden 79 adet üst toprak (0-20 cm) örnekleri almışlardır. Örneklem noktalarının yükselteleri 44 m (Maninjau) ve 1220 m (Singgalang Dağı) arasındadır. Kumu % 7-59; kili % 10-82; silti % 8-57; pH değerlerini 4.84-6.83 aralıklarında bulmuşlardır. Fiantis ve ark. (2017)'nin bu sonuçları mevcut araştırmamızla farklıdır. Dengiz ve Gülser (2014), Samsun-Bafra-Örencik Köyü ve yakın civarında yoğun tarım yapılan flüviyal araziler üzerinde 7 toprak serisi tanımlamışlardır. Alan, Kızılırmak'ın farklı zamanlarda getirdiği alüviyal depozitler üzerindeki taban araziler ile batı kısımlarındaki yamaç-etek arazilerden oluşmaktadır. Yüzey horizonlarında; pH'ı 7.23-7.88 arasında ve tekstürleri C, CL, SL ve L olarak bulmuşlardır. Mevcut çalışmamızda toprakların kireç miktarları 0.00 ile % 38.44 arasında bulunmuştur. 1, 2 ve 7 numaralı toprak örnekleri kirecsizdir. Ülgen ve Yurtsever (1995)'in sınır değerleri ile yapılan sınıflandırmada, 12 numaralı örnek çok az kireçli; 4 ve 11 numaralı örnekler az kireçli; 5 ve 14 numaralı örnekler orta kireçli; 3, 6, 9, 10 ve 13 numaralı toprak örnekleri fazla kireçli ve 8 numaralı örnek çok fazla kireçli olarak belirlenmiştir. Organik madde değerleri % 0.75 ile % 2.85 arasında olan toprak örnekleri, Anonim (1988)'e göre sınıflandırılmıştır. 1, 3, 7, 9 ve 14 numaralı örnekler orta; 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11 ve 12 numaralı örnekler az ve 13 numaralı örnek çok az seviyede organik madde içeriklerine sahiptirler. Nalbant ve Atmaca (2018) kireci % 0.55-% 46.02; organik maddeyi % 0.70 ve % 3.97 aralıklarında; Atmaca ve Nalbant (2018) kireci 0 ile % 14.83, organik maddeyi % 0.76 ve % 3.87 arasında bulmuşlardır. Yüzey horizonlarında; Karacan (2017) kireci % 26.88-57.85; organik maddeyi % 1.18 ve 2.89; Dengiz ve Gülser (2014) kireci % 7.44-23.51; organik maddeyi % 0.70-3.09 aralıklarında belirlemişlerdir.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal analizlerinin sonuçları

Örnek No. ve Derinlik (cm)	Tekstür			Tekstür Sınıfı **	pH	Tuz (%)	Kireç (CaCO ₃) (%)	Organik Madde (%)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)					
1 (0-30)	47.62	26.44	25.94	SCL	6.87	0.03	0.00	2.16
2 (0-30)	63.48	18.50	18.02	SL	7.04	0.01	0.00	1.40
3 (0-30)	34.47	25.08	40.45	C	7.62	0.03	17.31	2.16
4 (0-30)	46.18	21.59	32.23	SCL	7.60	0.03	3.53	1.32
5 (0-30)	36.33	21.87	41.80	C	7.30	0.04	10.82	1.43
6 (0-30)	34.40	17.73	47.87	C	7.57	0.04	15.87	1.15
7 (0-30)	27.35	30.50	42.15	C	5.92	0.02	0.00	2.85
8 (0-30)	27.21	26.50	46.29	C	7.55	0.03	38.44	1.44
9 (0-30)	27.28	23.42	49.30	C	7.56	0.04	15.52	2.07
10 (0-30)	24.99	21.71	53.30	C	7.41	0.04	18.04	1.32
11 (0-30)	33.06	21.64	45.30	C	7.29	0.04	1.87	1.18
12 (0-30)	43.06	19.64	37.30	CL	7.20	0.02	0.89	1.27
13 (0-30)	36.56	23.93	39.51	CL	7.42	0.03	19.26	0.75
14 (0-30)	36.27	24.07	39.66	CL	7.49	0.04	9.83	2.19

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

Şebinkarahisar'da inceleme alanındaki yüzey topraklarının bazı makro ve mikro element analiz sonuçları Çizelge 3'te gösterilmiştir. Toplam azot, fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum değerlerinin yorumlaması Anonymous (1990)'un bildirdiği sınır değerleri göz önünde bulundurularak yapılmıştır. Toprak örneklerinin

toplam azot (N) kapsamları % 0.04 ile % 0.14 arasında bulunmuştur. 13 numaralı örnek çok az miktarda; 2, 4, 5, 6, 8, 10, 11 ve 12 numaralı örnekler az miktarda ve 1, 3, 7, 9 ve 14 numaralı örnekler de yeterli miktarda toplam azot içeriklerine sahiptirler. Toprakların fosfor içerikleri 0.06-29.00 ppm arasındadır. 9, 10, 11 ve 13 numaralı örnekler çok az miktarda ve 4, 5, 7, 8 ve 12 numaralı örnekler de az miktarda fosfor içeriğine sahiptirler. Buna karşın 1, 2, 6 ve 14 numaralı örnekler yeterli miktarda ve 3 numaralı örnek fazla miktarda fosfor içermektedirler. 160.22 ile 673.32 ppm aralığındaki potasyum kapsamları yeterli ve fazla olarak sınıflandırılmıştır. 4, 7, 8, 9, 10, 11, 12 ve 13 numaralı örnekler yeterli düzeyde potasyum içerirken, geriye kalan tüm örnekler fazla miktarda potasyum içermektedirler. İncelenen toprakların kalsiyum içerikleri 3322.02-9407.53 ppm arasında değişirken; yeterli olarak sınıflandırılan 7 numaralı örneğin dışındaki tüm örnekler fazla miktarda kalsiyum içermektedirler. Magnezyum bakımından 185.84 ppm ve 625.39 ppm arasındaki değerler bulunmuştur. Fazla miktarda magnezyum içeren 7, 9, 11 ve 13 numaralı toprakların haricindeki tüm topraklar yeterli miktarda magnezyum içermektedirler. [Dengiz ve ark. \(2012\)](#), Samsun-Kuşkonuğu Havzasında farklı ana materyal ve farklı fizyografya üzerinde oluşmuş olası farklı toprak profillerini örneklemiştir. Hafif eğimli alanların büyük kısmını oluşturduğu alan, genelde engebeli ve topoğrafik eğimin sık değiştiği ondüveli ve tepelik bir arazi üzerindedir. 6 profilin yüzey horizonlarında azotu % 0.066-0.249; fosforu 6.955-29.186 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. [Fiantis ve ark. \(2017\)](#), azotu (N) % 0.15 ve % 0.83; yarıyıllık fosforu 0.09 mg kg⁻¹ ve 99.07 mg kg⁻¹ arasında belirlemişlerdir. [Dengiz ve ark. \(2012\)](#) ve [Fiantis ve ark. \(2017\)](#) azot ve fosforu çalışmamızdaki değerlerden farklı bulmuşlardır. Çalışmamızda toprakların demir kapsamları 3.39-53.27 ppm değerleri arasında belirlenmiştir. [Lindsay ve Norvell \(1978\)](#)'in bildirdiği değerlere göre; 3, 4, 5, 6 ve 8 numaralı örneklerin orta düzeyde demir içerdikleri saptanırken, diğer örneklerin demir içerikleri fazla olarak bulunmuştur. Bakır kapsamları 1.30 ppm ile 8.48 ppm arasında değişen toprakların hepsi, [Follet \(1969\)](#)'in bildirdiği 0.2 ppm sınır değerinin üzerinde bakır içerdiklerinden yeterli olarak sınıflandırılmışlardır. Toprakların çinko ve mangan kapsamları [Anonymous \(1990\)](#)'a göre sınıflandırılmıştır. Çinko değerleri 0.10 ppm ile 1.76 ppm arasında değişiklik göstermektedir. 10 ve 11 numaralı örnekler çok az miktarda ve 1, 6, 7, 8, 9, 12 ve 13 numaralı örnekler az miktarda çinko içermektedirler. 2, 3, 4, 5 ve 14 numaralı örneklerin de yeterli miktarda çinko içerdikleri saptanmıştır.

Çizelge 3. Araştırma topraklarının 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)	0.11	20.00	673.32	4053.91	326.05	18.10	8.48	0.67	58.91
2 (0-30)	0.07	16.40	371.88	3674.30	185.84	8.66	5.78	1.75	36.71
3 (0-30)	0.11	29.00	438.85	5480.18	240.09	3.55	6.10	1.44	15.88
4 (0-30)	0.07	6.60	229.52	7231.80	246.54	3.94	3.53	0.73	13.72
5 (0-30)	0.07	5.24	478.08	5500.06	392.52	4.12	3.33	1.11	12.98
6 (0-30)	0.06	8.68	339.93	5405.37	456.11	3.39	1.81	0.50	7.14
7 (0-30)	0.14	5.56	172.77	3322.02	519.82	53.27	3.51	0.49	85.42
8 (0-30)	0.07	3.67	236.67	5798.48	249.94	4.26	1.30	0.21	8.20
9 (0-30)	0.10	1.97	244.06	8241.58	553.22	13.02	3.38	0.27	10.92
10 (0-30)	0.07	0.06	209.12	8858.43	206.40	9.45	2.29	0.10	14.90
11 (0-30)	0.06	1.19	166.53	9407.53	527.76	9.54	3.28	0.13	20.04
12 (0-30)	0.06	2.89	175.13	6728.09	339.27	12.28	5.79	0.40	21.98
13 (0-30)	0.04	1.38	160.22	5741.17	625.39	13.53	3.27	0.46	8.67
14 (0-30)	0.11	21.99	501.70	6473.17	388.76	8.86	5.21	1.76	29.30

Toprak örneklerinin mangan kapsamları 7.14 ve 85.42 ppm arasındadır. 4, 5, 6, 8, 9 ve 13 numaralı örnekler az miktarda mangan içerirken; 2, 3, 10, 11, 12 ve 14 numaralı örnekler yeterli miktarda mangan içermektedirler. 1 ve 7 numaralı örneklerin fazla miktarda mangan içerdikleri belirlenmiştir. [Dengiz ve ark. \(2012\)](#), demiri 2.3-51.73 mg kg⁻¹; mangany 2.127-62.839 mg kg⁻¹; bakır 0.475-3.451 mg kg⁻¹; çinkoyu 0.343-0.869 mg kg⁻¹ arasında bulmuşlardır. [Karacan \(2017\)](#), bakır 0.50-1.35 ppm, demiri 1.14-2.57 ppm, mangany 2.39-6.30 ppm, çinkoyu 0.34-1.08 ppm aralıklarında saptamıştır. [Dengiz ve ark. \(2012\)](#)'nin demir sonuçları kısmen mevcut çalışmamızla benzer; mangan, bakır ve çinko sonuçları ise farklıdır. [Karacan \(2017\)](#)'nin bakır, demir, mangan ve çinko sonuçları çalışmamızdaki sonuçlardan farklıdır. [Nalbant ve Atmaca \(2018\)](#), toplam azot, fosfor, çinko, mangan ve bor için eksiklikler bulmuşlardır. Potasyum, kalsiyum, magnezyum, bakır ve demir bakımından eksiklik saptamamışlardır. [Atmaca ve Nalbant \(2018\)](#), 22 meyve bahçesinden 4'ünde toplam azot; 10'unda fosfor; 3'ünde çinko; 8'inde mangan ve 1 tanesinde potasyum bakımından eksiklikler

bulmuşlardır. Kalsiyum, magnezyum, bakır ve demir için eksiklik belirlememişlerdir. Mevcut araştırmamızla aynı yörede yapılan bu iki çalışmada makro ve mikro element değerlendirmeleri büyük benzerlik göstermektedir.

Araştırma topraklarının analiz sonuçları ile ilgili bazı istatistiki bilgiler Çizelge 4'te; korelasyon katsayıları ve korelasyon analizi Çizelge 5'te gösterilmiştir. Toprak analiz sonuçlarının korelasyon analizlerine göre; kum-Cu, kum-Zn, silt-O.M, silt-toplam azot, silt-Fe, silt-Mn, kil-tuz, kil-kireç, kil- Ca, pH-kireç, pH-Ca, tuz-Ca, O.M-toplam azot, O.M-Fe, O.M-Mn, P-K, P-Cu, P-Zn, K-Cu, K-Zn, Fe-Mn, toplam azot-Fe, toplam azot-Mn arasında pozitif (+) ilişki bulunmuştur. Kum-kil, kum-tuz, kum-kireç, kil-Cu, kil-Zn, pH-O.M, pH-toplam azot, pH-Fe, pH-Mn, kireç-Cu, kireç-Mn, Ca-Mn arasında ise negatif (-) ilişki saptanmıştır.

Yüksekliği 1278-1464 m arasında olan toprak örneklerindeki ortalama organik madde miktarı % 1.80 olarak bulunurken; pH ortalaması 7.11 bulunmuştur. Yükseklik düştükçe (970-1176 m) ortalama pH değerinde artış (7,49) ve ortalama organik madde miktarında azalma (% 1.38) olduğu tespit edilmiştir. En yüksek ortalama pH (7.48) ve en düşük ortalama organik madde (% 1.38) değerleri % 10-15 eğim grubunda belirlenmiştir. Bu çalışmada yükseklik arttıkça organik madde artsa da en fazla organik madde miktarının % 5-10 eğim grubunda bulunan arazilerde olduğu tespit edilmiştir. % 5-10 eğim grubunda P ile Cu ve P ve Zn arasındaki değerlerinde artış olduğu tespit edilmiştir. Eğim arttıkça P ile Cu ve P ve Zn miktarlarında azalma olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Araştırma topraklarının analiz sonuçlarına ait bazı istatistiki bilgiler

Toprak Özellikleri	Minimum	Maksimum	Ortalama	Standart Sapma
Kum (%)	24.99	63.48	37.02	10.35
Silt (%)	17.73	30.50	23.04	3.43
Kil (%)	18.02	53.30	39.94	9.40
pH	5.92	7.62	7.27	0.45
Tuz (%)	0.01	0.04	0.03	0.01
Kireç (CaCO ₃) (%)	0.00	38.44	10.81	10.95
Organik Madde (%)	0.75	2.85	1.62	0.57
Toplam Azot (N) (%)	0.04	0.14	0.08	0.03
P (ppm)	0.06	29.00	8.90	9.16
K (ppm)	160.22	673.32	314.13	157.99
Ca (ppm)	3322.02	9407.53	6136.86	1843.17
Mg (ppm)	185.84	625.39	375.55	142.52
Fe (ppm)	3.39	53.27	11.86	12.74
Cu (ppm)	1.30	8.48	4.08	1.95
Zn (ppm)	0.10	1.76	0.72	0.57
Mn (ppm)	7.14	85.42	24.63	22.38

Yükselti, eğim ve bakı için toprak özelliklerinin ortalamaları (Çizelge 6) ayrı değerlendirilmiştir. Yükselti 970-1176 m ve 1278-1464 m olarak 2 gruba; eğimler de % 0-5, % 5-10 ve % 10-15 olarak 3 gruba ayrılmıştır. Bakı (°) değerlerinin karşılıkları [Zheng ve ark. \(2017\)](#)'ye göre belirlenmiş ve bakı grupları [Karataş ve ark. \(2016\)](#)'nın gruplandırması dikkate alınarak; kuzey bakı grubu (kuzey (K), kuzeydoğu (KD), kuzeybatı (KB) ve doğu (D)) ve güney bakı grubu (güneydoğu (GD), güneybatı (GB) ve batı (B)) olarak sınıflandırılmıştır. 970-1176 m yükseltilerdeki ve güney bakı grubundaki toprakların tekstür sınıfları C, CL ve SCL olarak; 1278-1464 m yükseltilerdeki, % 5-10 eğim ve kuzey bakı gruplarındaki örneklerin tekstür sınıfları C, CL, SL ve SCL olarak saptanmıştır. % 0-5 ve % 10-15 eğim gruplarındaki toprakların tekstür sınıfları C olarak bulunmuştur. 970-1176 m yükselti grubunda ve % 0-5 ve % 10-15 eğim gruplarında tuz ortalaması % 0.04 olarak belirlenirken; diğer yükselti, eğim ve bakı gruplarında tuz için ortalama % 0.03 değeri belirlenmiştir. 970-1176 m yükselti grubundaki toprakların ortalama pH, kireç, K, Mg ve Zn değerleri, diğer yükselti grubuna göre daha yüksek bulunmuş ve ortalama organik madde, toplam azot, P, Ca, Fe, Cu ve Mn değerleri de 1278-1464 m yükseltilerdeki topraklarda daha yüksek olarak saptanmıştır. Tüm eğim gruplarına göre; en yüksek ortalama Ca ve Mg % 0-5 eğim grubundaki topraklarda; organik madde, toplam azot, P, K, Fe, Cu, Zn ve Mn için en yüksek ortalama değerler % 5-10 eğim grubundaki topraklarda ve en yüksek ortalama pH ve kireç değerleri de % 10-15 eğim grubundaki topraklarda belirlenmiştir. 2 bakı grubu için de tuz (% 0.03) ve toplam azot (% 0.08) ortalamaları aynı bulunmuştur.

Çizelge 5. Araştırma topraklarının bazı özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları (r) ve korelasyon analizi

	Kum	Silt	Kil	pH	Tuz	Kireç	O.M	Top. N	P	K	Ca	Mg	Fe	Cu	Zn
Silt	-0.429														
Kil	-0.944**	0.107													
pH	-0.065	-0.516	0.260												
Tuz	-0.619*	-0.066	0.705**	0.519											
Kireç	-0.559*	0.142	0.564*	0.540*	0.366										
O.M	-0.185	0.702**	-0.053	-0.552*	-0.117	-0.234									
Top. N	-0.176	0.701**	-0.062	-0.537*	-0.096	-0.239	0.996**								
P	0.399	0.141	-0.491	0.033	-0.176	-0.159	0.480	0.514							
K	0.367	0.076	-0.432	0.033	0.113	-0.153	0.364	0.388	0.765**						
Ca	-0.425	-0.314	0.582*	0.561*	0.625*	0.172	-0.380	-0.376	-0.472	-0.433					
Mg	-0.386	0.195	0.354	-0.190	0.309	-0.062	0.006	-0.018	-0.395	-0.303	0.111				
Fe	-0.197	0.653*	-0.021	-0.923**	-0.370	-0.390	0.622*	0.607*	-0.129	-0.207	-0.407	0.389			
Cu	0.617*	0.104	-0.717**	-0.246	-0.403	-0.593*	0.387	0.398	0.691**	0.635*	-0.381	-0.239	0.103		
Zn	0.571*	-0.108	-0.589*	0.040	-0.276	-0.246	0.269	0.284	0.795**	0.614*	-0.470	-0.354	-0.188	0.513	
Mn	0.162	0.578*	-0.390	-0.935**	-0.488	-0.592*	0.717**	0.717**	0.249	0.207	-0.591*	0.061	0.861**	0.464	0.136

*p<0.05, **p<0.01 O.M: organik madde

Çizelge 6. Topografik özelliklere göre toprak örneklerinin analiz sonuçlarının ortalama değerleri

Topografik özellikler	Gruplama	Örnek No.	Tekstür sınıfları	pH	Tuz (%)	Kireç (%)	Org. Madde (%)	Top. Azot (%)	Toprak özellikleri ve ortalama değerler							
									P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
Yükselti (m)	970	4, 5, 6, 8, 13, 14	C, CL, SCL	7.49	0.04	16.29	1.38	0.07	7.93	324.35	6025.01	393.21	6.35	3.08	0.80	13.34
Eğim Grupları (%)	0 - 5	5, 9, 11	C	7.38	0.04	9.40	1.56	0.08	2.80	296.22	7716.39	491.17	8.89	3.33	0.50	14.65
Bakı (°)	Kuzey Bakı (K,KD,KB,D)	1, 2, 7, 8, 10, 11, 13	C, CL, SL, SCL	7.07	0.03	11.09	1.59	0.08	6.89	284.36	5836.55	377.31	16.69	3.99	0.54	33.26

Güney bakı grubundaki toprakların ortalama; pH, organik madde, P, K, Ca, Cu ve Zn değerleri, kuzey bakı grubundakilere göre daha yüksek bulunmuştur. Kuzey bakı grubundaki toprakların ortalama; kireç, Mg, Fe ve Mn değerleri de güney bakı grubundakilerden daha yüksek belirlenmiştir. [Genç ve Dengiz \(2015\)](#), yaklaşık 130-440 m yükseltideki Madendere Havzası'nın ortalama eğimini % 13.86; ortalama bakısını 205° ile güneybatı olarak belirlemişlerdir. 10 toprak serisinin yüzey horizonlarında pH'ı; 5.10-7.33; tuzu % 0.009-0.036; CaCO₃ değerlerini % 0.87-21.87; organik maddeyi % 1.33-4.02 arasında ve tekstür sınıflarını CL ve L olarak belirlemişlerdir. [Zhang ve ark. \(2014\)](#), Güneybatı Çin'de Guizhou eyaletindeki Libo ilçesindeki Maolan Ulusal Doğa Koruma Alanı'nda, subtropikal karst bir ormanda çalıştıkları arsanın vadi tabanından tepeye dik bir güneydoğu cepheli tepe yamacında (yaklaşık 45° ortalama eğim), 835 ila 912 m aralığında bir yükseklikte olduğunu bildirmişlerdir. 100 toprak örneğinde (0-10 cm) pH'ı 6.02-7.88; organik maddeyi % 3.85-28.69; toplam azotu % 0.218-1.537; yarayışlı fosforu 0.791-10.211 mg/kg; yarayışlı potasyumu 16.41-284.23 mg/kg arasında bulmuşlardır. [Genç ve Dengiz \(2015\)](#)'in tuz değerleri mevcut çalışmamızla benzer; pH, kireç, organik madde ve tekstür sonuçları farklıdır. [Zhang ve ark. \(2014\)](#) tarafından belirlenen pH, organik madde, toplam azot, yarayışlı fosfor ve yarayışlı potasyum sonuçları, mevcut araştırmamızdaki sonuçlardan farklılıklar göstermektedir.

Sonuç

Bu araştırmadaki toprak örneklerinin analiz sonuçları incelendiğinde; rakım bakımından yapılan değerlendirmede pH değerinin genelinde önemli bir farklılık görülmemiştir. Ancak kuzeydoğu bakılı 7 no'lu örnekte bakı yönü kaynaklı bir asiditeden çok ana materyal kaynaklı bir asidite olabileceği düşünülmektedir. Yükseltinin farklı değerlerindeki kireç varlığındaki değişkenliğin, tepeden yüzeye bir yıkanmadan ziyade ana materyalin çeşitliliğinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Araştırma toprakları yükseklik ve bakı yönünden incelenip değerlendirildiğinde; Dikmen Tepesi'nden Avutmuş Çayı'na doğru değişen yükseklik değerlerinde ve bakı yönlerinde toprak özelliklerinde ve bitki besin elementlerinde önemli bir değişim olmadığı görülmüştür. Eğim grupları incelendiğinde ise, kireç miktarı için ortalama değer % 10-15 eğim grubunda fazla olduğu görülmüştür. Bu yüksek değer, alt eğimlerde birikimin olmaması nedeniyle ana materyal kaynaklı olabileceği ihtimali akla gelmektedir. Bu değerlerin ışığında, Dikmen Tepesi ve Avutmuş Çayı çevresinde toprak oluşum ve özelliklerini irdelenmek üzere daha geniş kapsamlı bir çalışma yapılması planlanmaktadır.

Bu çalışmanın sonuçlarına göre, eğim grubu % 10 ve 15 arasında olan ve güney bakı grubunda yer alan tarım alanlarında özellikle yağışların az olmasından dolayı ve geriye kalan diğer araştırma alanlarında da bazı toprak özelliklerinde saptanan eksiklikler sebebiyle; çok az, az ve orta seviyelerde organik madde içeren; çok az ve az miktarlarda toplam azot, fosfor ve çinko içeren; orta seviyelerde demir miktarına sahip olan ve az miktarlarda mangan içeren topraklar için özellikle ahır gübresi, kanatlı hayvan gübreleri, yeşil gübre, kompost, solucan gübresi ve diğer başka makro ve mikro elementli organik gübrelerin kullanımını içeren bir gübreleme planlaması yapılması verimlilik için faydalı olabilecektir. Ayrıca gübreleme de dâhil olmak üzere sulama, toprak işleme, bitki yetiştirme vb. tarımsal çalışmalar için toprakların pH, kireç analiz sonuçları ve alanın topoğrafik özellikleri ile iklimi de göz önünde bulundurulmalıdır.

Bu bağlamda eğimin % 10 ila % 15 arasında olduğu alanlarda kireç varlığının ana materyalden kaynaklı olabileceği durumu ve eğimin yüksek olması nedeniyle eğime paralel yapılacak bir sürüm tekniğiyle toprak kaybının olmaması için, eğime dik sürüm yapılması ve tarımı yapılacak ürünler için kireççe dayanıklı tohum ve çeşitler kullanılması önerilmektedir.

Sulamanın dengeli yapılabilmesi için eğimli alanlarda sekileme ile geniş yüzeyli alanların bölümlere ayrılması ve/veya damla sulama yöntemi uygulayarak tek yıllık bitkilerden ziyade meyve bahçeleri ya da bahçe bitkilerine yönelmenin daha verimli olacağı düşünülmektedir. Ancak yaban mersini gibi kirece hassas çeşitlerin yetiştiriciliği yapılmamalıdır.

Kaynaklar

- Akbaş B, 1991. 1/25.000 Ölçekli Sayısal Jeoloji Haritası, Giresun H 40 b-3 Paftası. Türkiye Jeoloji Veri Tabanı, Jeoloji Etütleri Dairesi Başkanlığı, Maden Tetkik ve Arama Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Altan Z, 2010. Şebinkarahisar (Giresun) ve çevresinin erozyon riskinin coğrafi bilgi sistemleri kullanılarak incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Anonim, 1988. Türkiye gübreler ve gübreleme rehberi. Tarım ve Köyüşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 151, Teknik Yayınlar No: T-59.
- Anonim, 2018a. Giresun Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü Verileri. T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Giresun / Türkiye.

- Anonim, 2018b. Dokap bölgesi organik tarım havzalarının belirlenmesi projesi, organik tarım tarım havzalarının haritalandırılması ve toprak analizi raporu. DOKAP, T.C. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı Doğu Karadeniz Projesi Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, 275 s.
- 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.
- Atalay İ, 2014. Toprak, bitki ve çölleşme atlası. İnkılâp Kitabevi, Yayıncı ve Matbaa Sertifika No: 10614, İstanbul, 124 s.
- Atmaca B, Nalbant H, 2018. Giresun ilinin Şebinkarahisar ilçesinde yer alan Avutmuş Çayı'nın batı kesimlerindeki bazı meyve bahçelerinin toprak özellikleri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi. 6(2): 111-121.
- Bouyoucos GJ, 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. Agronomy Journal. 43: 434-438.
- Cangir C, Boyraz D, 2006. Jeoloji (Jeopedoloji). Baskı: Avcı Ofset (İstanbul), Tekirdağ, 253 s.
- Ceryan Ş, 1990. Şebinkarahisar (Giresun) ve çevresinin kitle hareketleri açısından incelenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Dengiz O, Erel A, Erkoçak A, Durmuş M, 2012. Kuşkonağı Havzası temel toprak özellikleri, sınıflandırılması ve haritalanması. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 49(1): 71-82.
- Dengiz O, Gülser C, 2014. Farklı fluvial depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflaması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 1(1): 9-17.
- Dengiz O, Kibar M, Yüksel M, Kadioğlu YK, Karaca S, Durak A, 2006. Farklı yöney, fizyografik ünite ve jeolojik birimler üzerinde oluşmuş toprakların oluşumları. Tarım Bilimleri Dergisi. 12(4): 349-356.
- Dizdar MY, 2003. Türkiye'nin toprak kaynakları. TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, Teknik Yayınlar Dizisi No: 2, Baskı: Kozan Ofset, Ankara, 317 s.
- Fiantis D, Gusnidar, Malone B, Pallasser R, Ranst EV, Minasny B, 2017. Geochemical fingerprinting of volcanic soils used for wetland rice in West Sumatra, Indonesia. Geoderma Regional. 10: 48-63.
- Follett RH, 1969. Zn, Fe, Mn, and Cu in Colorado soils. Ph.D. Dissertation, Colorado State University, USA.
- Genç Z, Dengiz O, 2015. Madendere Havzasında fizyografik faktörlerin ve bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinin belirlenmesi ve haritalanması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 2(1): 28-39.
- Gürgen G, 1997. Şebinkarahisar-Alucra çevresinde volkanik şekiller. Ankara Üniversitesi Türkiye Coğrafyası Araştırma ve Uygulama Merkezi Dergisi. 6: 149-161.
- Jackson ML, 1958. Soil chemical analysis. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, USA, p. 498.
- Kacar B, 2009. Toprak analizleri (Genişletilmiş 2. Basım). Nobel Yayın Dağıtım Ltd. Şti., Nobel Yayın No: 1387, Ankara, 467 s.
- Karacan TNÇ, 2017. Yarı kurak iklim şartları altında ana materyalin bazı toprak özellikleri ve verimliliğine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karaçal İ, 2008. Toprak verimliliği (1. Basım). Nobel Yayın No: 1335, Ankara, 222 s.
- Karakaya N, 1998. Şebinkarahisar (Giresun) yöresi magmatik kayaların, mineralleşmelerin mineralojik-petrografik ve jeokimyasal özelliklerinin incelenmesi. Doktora Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya.
- Karataş R, Çömez A, Güner ŞT, 2016. Eskişehir Orman Bölge Müdürlüğü Sedir (Cedrus libani A. Rich.) Ağaçlandırma Alanlarında Karbon Stoklarının Belirlenmesi. Proje Sonuç Raporu, ESK-13 (6310) / 2012-2015, T.C. Orman Genel Müdürlüğü, Orman Toprak ve Ekoloji Araştırmaları Enstitüsü Müdürlüğü, Eskişehir, 41 s.
- 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.
- Ketin İ, 1966. Anadolu'nun tektonik birlikleri. Maden Tetkik ve Arama Dergisi, 66: 20-34.
- 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, Çıkılı 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.
- Nalbant H, Atmaca B, 2018. Some agricultural characteristics of soils in eastern-northeastern slopes of a volcanic cone: Şebinkarahisar Dikmen Hill (Giresun, Turkey) example. Academic Journal of Agriculture. 7(1): 55-66.
- Olsen SR, Cole CV, Watanabe FS, Dean LA, 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. U.S. Department of Agriculture Circular No. 939, Washington, D.C., p. 19.
- Prus T, Zupančič N, Grčman H, 2015. Soil of the lower valley of the Dragonja river (Slovenia). Acta Agriculturae Slovenica. 105(1): 61-72.
- QGIS Development Team, 2019. QGIS geographic information system. Open Source Geospatial Foundation Project. Available from URL: <http://qgis.osgeo.org>
- 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.

- Sağlam MT, Cangir C, Bahtiyar M, Tok HH, 1993. Toprak bilimi. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ, 6-38 s.
- Susam T, Oğuz İ, 2006. CBS ile Tokat ili arazi varlığının eğim ve baki özelliklerinin tespiti ve tarımsal açıdan irdelenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 23(1): 67-74.
- Tunçay T, Dengiz O, 2017. Yarı nemli ılıman iklim koşullarında farklı eğim ve farklı arazi örtüsü altında toprak gelişimi ve agregat stabilitesi değişimi. Toprak Su Dergisi. 6(1): 36-43.
- USGS, 2019. DEM data (SRTM 1 Arc-Second Global/~30 meters). Available from URL: <https://earthexplorer.usgs.gov/>
- 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.
- Yılmaz A, Okay AI, Bilgiç T, 1985. Yukarı Kelkit Çayı Yöresi ve Güneyinin Temel Jeoloji Özellikleri ve Sonuç Raporu. MTA Genel Müdürlüğü, Rapor No: 7777, Ankara, 207 s.
- Yılmaz G, 2006. Şehir coğrafyası açısından Şebinkarahisar. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İstanbul.
- Yılmaz I, 2010. The effect of the sampling strategies on the landslide susceptibility mapping by conditional probability and artificial neural networks. Environmental Earth Sciences. 60(3): 505-519.
- Yılmaz I, Keskin I, 2009. GIS based statistical and physical approaches to landslide susceptibility mapping (Sebinkarahisar, Turkey). Bulletin of Engineering Geology and the Environment. 68(4): 459-471.
- Yüksel M, 2003. Farklı yükseklik, iklim ve ana materyaller üzerinde oluşmuş toprakların fiziksel, kimyasal ve minerolojik özellikleri. Tarım Bilimleri Dergisi. 9(3): 365-369.
- Zhang Z, Hu B, Hu G, 2014. Spatial heterogeneity of soil chemical properties in a subtropical karst forest, Southwest China. The Scientific World Journal. Volume 2014, Article ID 473651, 9 pages.
- Zheng Y, Weng Q, Zheng Y, 2017. A hybrid approach for three-dimensional building reconstruction in Indianapolis from LiDAR data. Remote Sensing. 9(4),310:24 pp.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Kaya fosfat ve TSP gübresi ile uygulanan *Micrococcus luteus* AR-72'nin toprağın bazı biyolojik özellikleri, NO₃ ve alınabilir P içeriğine etkisi

Betül Bayraklı *

Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

Özet

Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (triple süper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve NO₃-N içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Denemede materyal olarak kullanılan toprağın fosfor fiksasyon kapasitesi ve topraktaki alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 ile toprağın aşılması ve aşılama yapılmamasına göre deneme konuları oluşturulmuştur. Deneme konularına göre oluşturulan saksılar 25 °C'de 120 gün inkübasyona bırakılmıştır. İnkübasyon denemesi boyunca 30'ar günlük periyotlarda 4 toprak örnekleme yapılmıştır. Her bir inkübasyon döneminde saksılardan alınan toprak örneklerinde alınabilir P ve NO₃-N ile toprak solunumu (TS), mikrobiyal biyomas C (MBC), dehidrogenaz (DHA) ve alkalin fosfataz (FA) aktivitesi değerleri belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı saptanmıştır. Bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılması, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların MBC, TS, DHA ve FA içeriğini daha fazla artırmış, kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılama TSP'ye göre toprakların MBC, TS ve DHA içeriğinde daha fazla artış sağlamış ancak FA değerleri TSP gübresi ile beraber yapılan aşılama daha yüksek bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Micrococcus luteus* AR-72, aşılama, alınabilir P, NO₃-N, toprak biyolojik özellikleri.

Effect of *Micrococcus luteus* AR-72 applied with rock phosphate and TSP fertilizer on some soil biological properties, NO₃ and available P content of soil

Abstract

In this study, effects of *Micrococcus luteus* inoculation with rock phosphate and TSP (triple super phosphate) fertilizers on available P, NO₃-N contents and some biological soil properties (soil respiration, microbial biomass C, dehydrogenase and phosphatase activities) were researched. Considering the phosphorus fixation capacity of the soil used as a material in the experiment and available P content in the soil, trial subjects were established according to meeting the phosphorus from rock phosphate and TSP by 0, 25, 50, 75 and 100 % that should be given to the soil and specific to wheat and inoculation of the soil with *Micrococcus luteus* AR-72 and the non-inoculation. Pots formed according to the trial subjects were left for 120 days incubation at 25°C. During the incubation experiment, 4 soil samplings were done in 30-day periods. In the soil samples taken from the pots during each incubation period, values of available P and NO₃-N and soil respiration (SR), microbial biomass C (MBC), dehydrogenase (DHA) and alkaline phosphatase (FA) activities were determined. According to the results, it was determined that *Micrococcus luteus* AR-72 inoculation with both rock phosphate and TSP increased the available P and NO₃-N contents of the soils more than the non-inoculation applications. On the other hand, it was determined that the inoculation with TSP fertilizer increased the available P and NO₃-N contents more than the inoculation with rock phosphate. Also, inoculation of *Micrococcus luteus* AR-72 with both rock phosphate and TSP increased the MBC, TS, DHA and FA contents of the soils more than the non-inoculation applications. Inoculation of *Micrococcus luteus* AR-72 with rock phosphate fertilizer increased MBC, TS and DHA contents of the soils more than TSP, but FA values were found higher in inoculation with TSP fertilizer.

Keywords: *Micrococcus luteus* AR-72, inoculation, available P, NO₃-N, biological properties of soils.

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 445 16 00

E-posta : betul.bayrakli@tarimorman.gov.tr

Geliş Tarihi : 10 Temmuz 2020

Kabul Tarihi : 17 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbdd.848527

Giriş

Tarımsal üretimde kalite ve verimi artırmak amacıyla, kimyasal girdiler uzun yıllardır kullanılmaktadır. Özellikle bitkilerin en fazla ihtiyaç duyduğu N ve P'lu gübre kullanımı oldukça yoğun ve yaygındır. Ancak bitkiye gübre olarak verilen fosforun büyük bölümü hızla bitkilerin faydalanamayacağı formlara dönüşebilmektedir. Ayrıca fazla N'lu gübrelerinin kullanımı sonunda, N'un bir kısmı yağışların veya sulamanın etkisiyle NO_3^- formunda yıkanmakta, bir kısım N ise, yine toprak koşullarına bağlı olarak gaz formunda atmosfere kaçarak, önemli çevresel problemleri de oluşturabilmektedir. Buna karşın, P'lu gübrelerde yıkanma veya atmosfere kaçma gibi bir süreç olmamasına karşın, önemli miktarlarda fosfor toprakta fikse olmakta ve bitkiler tarafından kullanılamamaktadır. Bununla beraber, P'lu gübre üretim teknolojisinde hali hazırda kullanılan P'lu gübrelerin granüleleştirilmesi aşamasında kullanılan kireç, jips veya çeşitli killerde, gübre uygulanması esnasında besin maddeleri ile beraber topraklarda birikmekte, sulama veya yağışların etkisiyle meydana gelen çözümler sonucunda koloidal büyüklükteki taşıyıcı materyaller toprak boşluklarındaki gözenekleri tıkayabilmektedir. Dolayısıyla, kimyasal gübrelerin toprakta veya doğada uzun vadede oluşturabileceği hasarların önüne geçmek amacıyla, tarımsal kimyasallara alternatif çözümler aranmaktadır. Bu alternatif çözümlerden birisi de son yıllarda yaygın olarak kullanılmaya başlayan mikrobiyolog gübreler (biyo-gübreler) dir. Mikroorganizmalar, besin maddelerinin doğadaki çevrimlerinde ve bitki beslenmesinde önemli rol oynamakta olup, özellikle sürdürülebilir tarımda biyogübre olarak kullanılmaktadır.

Bir kısım rizosfer mikroorganizmaları, stres koşulları altında bitki performansını iyileştirerek bitkisel ürün verimini artırmaktadır (Dimkpa ve ark., 2009; Raza ve Faisal, 2013). Yapılan çalışmalar ile bazı mikroorganizmaların siderefor, enzim, organik asit ve fitohormon üreterek, topraktaki inorganik fosforun çözünürlüğünü artırdığı ve havadaki moleküler azotu fikse ederek bitki gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir (Ndung'u-Magiroyi, 2012; Islam et al. 2013; Vacheron et al. 2013; Ahemad and Kibret 2014). Bu mikroorganizmalardan biriside *Micrococcus*'lardır. Bu türlerin topraktaki inorganik fosforun çözünürlüğünü artırma, oksin üretimi gibi mekanizmalarla bitki büyümesini teşvik edici özelliklere sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir (Antoun et al. 2004; El-Azeem, 2007; Ekundayo, 2010). Kumar ve ark. (2012), yaptıkları çalışmada *Micrococcus sp.* fosfat çözebildiğini amonyum ve IAA ürettiğini bildirmişlerdir. Dastager ve ark. (2010) *Micrococcus sp.*'nin toprakta inorganik fosforu çözdüğü, oksin ve siderefor üreterek ve 1-aminocyclopropane-1-carboxylate deaminase aktivitesi oluşturarak bitki gelişimini artırıcı yönde etkide bulunduğunu belirlemişlerdir. Benzer şekilde Vendan ve ark. (2010) *Micrococcus luteus*'u fosfor çözebilen, IAA ve siderofor oluşturabilen ve bitki gelişimini teşvik edici bir mikroorganizma olarak tanımlamıştır. Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (Triplesüper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve $\text{NO}_3\text{-N}$ içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak solunumu, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Denemede materyal olarak yabancı asmadan izole edilmiş *Micrococcus luteus* AR-72 suşu kullanılmıştır. Bu suş, Ramazan Çakmakçı (Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi)'ya ait mikrobiyal kültür koleksiyonundan temin edilmiştir. Toprakta inorganik fosforu çözebilme ve havadaki moleküler azotu fikse etme yeteneğinde olan bu suşun bazı özellikleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo1. Denemelerde kullanılan *Micrococcus luteus* AR-72 bazı özellikleri

SİMI	NA'da koloni rengi	Gram reaksiyon	Oksidaz	Katalaz	N-free ortamda gelişme Azot fikse etme	Sükroz	NBRIP-BPB ortamda gelişme Fosfat Çözme	Amilaz aktivitesi
0.836	Krem	+	+	+	+	-	+	+

Denemede P kaynağı olarak Mardin Mazı dağı kaynaklı kaya fosfat ile piyasadan temin edilen TSP (Triplesüper fosfat) gübresi kullanılmıştır. Kaya fosfat ile TSP gübresinin bazı özellikleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Kaya fosfat ile TSP gübresinin bazı özellikleri

P kaynağı	pH	EC, mS	Toplam P_2O_5 , %	Suda+sitratta çözünen P_2O_5 , %
Kaya fosfat	8.22	0.092	27.00	0.081
TSP gübresi	3.50	18.480	47.02	42.660

Denemede materyal olarak kullanılan toprak örneği, Samsun-Atakum'dan temin edilmiş olup siltli tın (%38.28 kum, %11.51 kil, % 50.21 silt) bünyeye sahiptir. Toprağın pH'sı 7.80, kireç içeriği % 42.6 ve organik madde içeriği ise % 0.90'dır. Toprağın alınabilir P içeriği 3.04 ppm ve toplam N içeriği ise % 0.08'dir.

İnkübasyon denemesi

Denemede materyal olarak kullanılan toprağın fosfor fiksasyon kapasitesi ve topraktaki alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 ile toprağın aşılması gerçekleştirilmiştir. Bu amaçla, liyofilize *Micrococcus luteus* AR-72 kültürü tamamen aseptik koşullarda aktifleştirilmiş, Nutrient agar (pepton 5 gr, meat extract 3 gr, 10 mg MnSO₄.H₂O / lt, pH=7) içerisinde bakterinin sıvı kültürü oluşturulmuştur.

İnkübasyon denemesinin kurulması için saksılar içerisindeki fırın kuru ağırlık üzerinden 250 gr toprak (<2 mm) üzerine, toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ü sırasıyla kaya fosfat ve TSP'den karşılanacak şekilde fosfor kaynakları toprakla karıştırılmış ve *Micrococcus luteus* AR-72'nin sıvı kültüründen toprağa 10 ml aşılama (10⁸ KOB. ml⁻¹) yapılmıştır. Aynı şekilde mikrobiyal aşılamanın etkisini görebilmek amacıyla aşılamanın olmadığı uygulamalarda yapılmıştır. Saksılar 25 °C'de 120 gün inkübasyona bırakılmıştır. Toprakların nem içeriği tarla kapasitesi seviyesinde tutmak için, eksilen su her gün tartımlar alınarak saf su ile tamamlanmıştır. 120 günlük inkübasyon denemesi boyunca 30'ar günlük periyotlarda 4 toprak örnekleme yapılmıştır. Her bir inkübasyon döneminde bozulan saksılardan alınan toprak örneklerinde Tablo 3'te verilen analizler yapılmıştır. Denemeler tesadüf parselleri deneme desenine göre kurulmuş ve 240 [4 (inkübasyon) x 3 (paralel) x 2 (fosfor kaynağı) x 2 (bakteri) x 5 (fosfat dozları) = 240] saksı ile yürütülmüştür.

Tablo 3. İnkübasyon süresince alınan toprak örneklerinde uygulanan analizler

Analizler	Yöntem	Kaynak
NO ₃ -N	2 N KCl ekstraktında	Kacar (1994)
Alınabilir P	0,5 N NaHCO ₃ ekstraktında	Kacar (1994)
Toprak solunumu	Mikroorganizmalar tarafından salınan CO ₂ 'nin bazik bir çözelti tarafından tutulması ve geriye kalan çözelti miktarının hidroklorik asit ile titrimetrik olarak belirlenmesi	Anderson (1982)
Mikrobiyal biyomas karbon	Nemli koşullarda toprağa glikoz ilave edilmesi sonucu açığa çıkan CO ₂ 'nin belirlenmesi (Substrat indirgenmesi yöntemi) ile	Anderson ve Domsch (1978)
Dehidrogenaz aktivitesi	Hücre içine giren TTC'nin TPF'ye dönüşümünün belirlenmesi ile	Pepper ve ark. (1995)
Fosfataz enzim aktivitesi	p-nitrofenilfosfatın parçalanması ve açığa çıkan p-nitrofenol'ün belirlenmesi ile	Tabatabai ve Bremner (1969)

İstatistiksel Analizler

Denemeden elde edilen bulgulara uygulanan VARYANS analizi ve farklılıklara uygulanan LSD testlerinde JMP paket programı kullanılmış ve elde edilen sonuçlar Yurtsever (1984)'e göre değerlendirilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Alınabilir P ve NO₃-N

Toprağın alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 suşu ile toprağın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğine etkisi Tablo 4 ve 5'te verilmiştir.

Elde edilen sonuçlara göre, hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların alınabilir P içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre alınabilir P içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda alınabilir fosforun da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Kuşkusuz, TSP gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın kaya fosfata göre topraklara daha fazla alınabilir P sağlamasındaki katkı, TSP gübresinin suda+sıtratta çözünen P₂O₅ içeriğinin kaya fosfata göre çok daha fazla seviyelerde içermesinden kaynaklanmaktadır.

Tablo 4. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların alınabilir P içeriğine (mg kg⁻¹) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				ort	ort	TSP				ort	ort
		İnkübasyon dönemi (gün)						İnkübasyon dönemi (gün)					
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	3.10	3.10	3.10	2.98	3.31	3.41	3.10	3.10	3.10	2.98	6.25	6.50
	25	3.10	3.65	3.19	3.07			4.99	5.21	4.77	4.20		
	50	3.13	3.61	3.21	3.12			6.97	6.06	6.45	5.41		
	75	3.50	3.65	3.27	3.25			9.12	7.22	7.92	7.09		
	100	3.63	3.70	3.35	3.43			9.89	8.82	9.54	8.99		
	Ort.	3.29	3.54	3.22	3.17			6.81	6.08	6.36	5.73		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	3.50	3.65	3.39	2.85	3.53	3.41	4.11	4.50	4.07	3.66	6.79	6.50
	25	3.58	3.70	3.75	2.71			5.26	5.84	5.16	4.70		
	50	3.86	3.92	3.12	3.25			7.28	6.29	6.02	6.05		
	75	3.83	4.63	3.48	3.39			9.39	8.20	8.05	8.22		
	100	3.71	4.05	3.39	2.89			11.37	9.31	9.72	8.67		
	Ort.	3.70	3.99	3.43	3.02			7.48	6.83	6.60	6.26		
LSD doz	0.1809				0.2859								
LSD dönem	0.2495				0.2715								
LSD aşılama	0.1144				0.2347								

Ayrıca, *Micrococcus luteus* AR-72 aşılmasının toprakların alınabilir P içeriğinde meydana getirdiği artış, bu süşun inorganik P'un çözünürlüğüne sağladığı katkı ile ilgilidir. İnorganik P, asitlerin hidroksil ve karboksil gruplarının katyonlarını (Al, Fe) şelatladığı ve alkale reaksiyonlu topraklarda pH'yı düşürerek, inorganik fosforu çözen bakteriler tarafından salgılanan organik ve inorganik asitlerin etkisiyle, ortamdaki P çözünür hale gelebilmekte ve alınabilir P miktarı artmaktadır (Kpombekou, 1994; Behera, 2014). Benzer şekilde, Dastager ve ark. (2010) tarafından *Micrococcus sp* NII-0909 süşunun topraktaki P'un çözünürlüğüne olan etkisinin bu mikroorganizmalar tarafından organik asitlerin sentezlenmesi ve ortam pH'sında meydana gelen asitleşme ile ilgili olduğu saptanmıştır. Buna karşın, Rashid ve ark. (2004) ise, P çözünürlüğü ile pH arasında negatif bir ilişki olduğunu ifade etmiştir. Wan ve Wong (2004) ise *Bacillus metarium* aşılmasının toprakların inorganik ve suda çözünebilir P kapsamlarını kontrole göre artırdığını saptamıştır.

Tablo 5. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Nitrat içeriğine (mg kg⁻¹) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				ort	ort	TSP				ort	ort
		İnkübasyon dönemi (gün)						İnkübasyon dönemi (gün)					
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	237	136	141	58	137	146	278	138	113	45	150	167
	25	231	154	121	45			310	154	114	47		
	50	224	142	101	45			297	134	112	57		
	75	231	147	113	43			295	138	120	54		
	100	245	140	117	62			280	143	116	52		
	Ort.	234	144	119	51			292	141	115	51		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	349	154	120	57	158	146	322	165	128	45	165	167
	25	352	143	132	54			313	157	129	45		
	50	282	125	111	53			331	163	134	35		
	75	329	157	131	49			336	154	119	45		
	100	254	140	120	40			332	161	158	33		
	Ort.	313	144	123	51			327	160	134	40		
LSD doz	0.0011				ÖD								
LSD dönem	0.0007				0.0022								
LSD aşılama	0.0007				0.0009								

Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların NO₃-N içeriği üzerine olan etkisi alınabilir P içeriğine olan etkiler ile benzer

sonuçlar göstermiştir. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda NO₃-N'in da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Bu durum, *Micrococcus luteus* AR-72 suşunun N fikse etme yeteneği ile ilgilidir. [Çakmakçı ve ark \(2007\)](#) ve [Kızılkaya \(2008\)](#) tarafından yapılan çalışmalarla topraklara N fikse etme yeteneğinde olan mikroorganizmaların aşılama ile toprakların NO₃-N içeriğinin arttığını belirlemişlerdir. Buna karşın inkübasyonun ilerleyen dönemlerinde, tüm uygulamalarda toprakların nitrat içeriğinde dramatik bir şekilde düşmelerin de bulunduğu saptanmıştır. Bu durum, muhtemelen deneme toprağının yüksek kireç içeriğinden kaynaklanan alkalin reaksiyon göstermesinin bir sonucu olarak, ortamdaki NO₃'ün bir kısmının atmosfere denitrifikasyon ile kaçmasından ve mikrobiyal N fiksasyonu sonunda indirgenen N'un daha sonrasında yine atmosfere NH₃ formunda kaçmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Toprakların Biyolojik özellikleri

Toprağın alınabilir P içeriği dikkate alınarak, buğday bitkisi özelinde toprağa verilmesi gereken fosforun sırasıyla % 0, 25, 50, 75 ve 100'ün kaya fosfat ve TSP'den karşılanması ve *Micrococcus luteus* AR-72 suşu ile toprağın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların biyolojik özellikleri üzerindeki etkisi Tablo 6,7,8 ve 9'da verilmiştir.

Tablo 6. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Mikrobiyal Biyomas karbon (MBC) içeriğine (mg CO₂-C g⁻¹ toprak) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP				ort	ort		
		İnkübasyon dönemi (gün)				İnkübasyon dönemi (gün)							
		30.	60.	90.	120.	30.	60.	90.	120.				
Aşılama (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.551	0.494	0.415	0.473	0.534	0.554	0.551	0.494	0.415	0.473	0.513	0.548
	25	0.644	0.491	0.421	0.599			0.649	0.359	0.523	0.506		
	50	0.727	0.443	0.476	0.579			0.760	0.417	0.506	0.523		
	75	0.725	0.430	0.513	0.658			0.695	0.357	0.435	0.513		
	100	0.698	0.469	0.372	0.510			0.714	0.456	0.408	0.517		
	Ort.	0.669	0.465	0.439	0.564			0.674	0.417	0.457	0.506		
Aşılama (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.890	0.456	0.504	0.594	0.577	0.554	0.628	0.488	0.505	0.690	0.589	0.548
	25	0.729	0.423	0.522	0.656			0.689	0.600	0.475	0.644		
	50	0.696	0.469	0.495	0.572			0.570	0.678	0.407	0.561		
	75	0.657	0.441	0.557	0.673			0.625	0.675	0.459	0.574		
	100	0.733	0.418	0.464	0.592			0.633	0.771	0.538	0.571		
	Ort.	0.741	0.441	0.508	0.617			0.629	0.643	0.477	0.608		
LSD doz	ÖD				ÖD								
LSD dönem	0.0601				0.0161								
LSD aşılama	0.0260				0.0350								

Mikrobiyal biyomas, toprakta besin maddesi döngüsü ve organik kirleticilerin parçalanmasından sorumlu olan önemli ve aktif bir toprak bileşeni olup, bitkisel ve hayvansal kökenli organik atık ve artıkların ayrıştırılmasından ve inorganik yapıdaki bazı bitki besin maddelerinin çözünürlüğünün artırılmasına değin önemli faaliyetler içererek toprak verimliliğinin sağlanması ve sürdürülebilirliğinin korunmasında da önemli katkılar sağlamaktadır. Topraktaki bakteri ve mantarlar, genellikle mikrobiyal biyomasın dominant mikroorganizmalarını oluşturmaktadır olup, topraktaki toplam organik karbonun %1-3'ü mikrobiyal biyomas karbonundan oluşmaktadır ([Smith ve Paul 1990](#); [Schloter ve ark., 2003](#)). Sürdürülebilir toprak verimliliğinin korunmasında mikrobiyal populasyon ve bunların aktivitesi önemli rol oynamaktadır. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların MBC içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP'ye göre MBC içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. [Kim ve ark. \(1998\)](#) yaptıkları çalışmada *Enterobacter agglomerans* aşılması ile toprakların MBC'unun arttığını ve aşılama zamanı ilerledikçe MBC değerlerinde düşüş meydana geldiğini bildirmiştir. Benzer şekilde [Ouahmane ve ark. \(2009\)](#) tarafından, ektomikozal bir fungus olan *Pisolithus sp.* ile aşılama toprakların MBC içeriğinde artış sağlandığı da saptanmıştır.

Tablo 7. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Toprak Solunumu (TS) içeriğine (mg CO₂ g⁻¹ toprak) etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşlanmamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.0030	0.0037	0.0021	0.0024	0,0029	0,0031	0.0030	0.0037	0.0021	0.0024	0,0028	0,0028
	25	0.0034	0.0040	0.0020	0.0028			0.0031	0.0038	0.0016	0.0023		
	50	0.0034	0.0038	0.0020	0.0027			0.0029	0.0037	0.0020	0.0023		
	75	0.0034	0.0035	0.0024	0.0028			0.0027	0.0037	0.0019	0.0021		
	100	0.0032	0.0035	0.0021	0.0024			0.0033	0.0038	0.0024	0.0023		
	Ort.	0.0033	0.0037	0.0021	0.0026			0.0030	0.0037	0.0020	0.0023		
Aşlanmamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	0.0033	0.0037	0.0022	0.0031	0,0032	0,0031	0.0031	0.0038	0.0024	0.0025	0,0029	0,0028
	25	0.0032	0.0034	0.0026	0.0023			0.0036	0.0035	0.0025	0.0020		
	50	0.0035	0.0038	0.0023	0.0026			0.0031	0.0037	0.0023	0.0022		
	75	0.0040	0.0039	0.0024	0.0025			0.0031	0.0036	0.0023	0.0023		
	100	0.0065	0.0039	0.0026	0.0023			0.0030	0.0035	0.0025	0.0023		
	Ort.	0.0041	0.0037	0.0024	0.0026			0.0032	0.0036	0.0024	0.0023		
LSD doz	0.0001				ÖD								
LSD dönem	0.0001				0.0001								
LSD aşılama	0.0001				0.0001								

Toprak canlılarının solunumları sonucunda ürettikleri CO₂, toprak solunumu olarak adlandırılmakta olup; üretilen CO₂'nin 2/3'lük büyük kısmı toprak canlılarından (toprak faunası ve mikroflora), 1/3'lük kısmı ise bitki kökleri tarafından üretilmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997). Bu nedenle, CO₂ üretiminin belirlenmesi toprakların biyolojik aktivitesinin ortaya konulmasında sıklıkla kullanılan bir değerlendirme şeklidir (Anderson, 1982). Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların TS içeriği üzerine olan etkisi MBC içeriğine olan etkiler ile benzer sonuçlar göstermiştir. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların TS içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP'ye göre TS içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda TS'nin de önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Namlı ve ark. (2017), fosfor çözen bakteri uygulaması ile toprakların TS değerlerinde artış sağladıklarını bildirmişlerdir. *Bacillus aryabhatai* türleri (MDSR7 ve MDSR14) ile aşılamanın, soya fasulyesi ve buğdayın rizosfer topraklarında pH'yı önemli ölçüde düşürmüş ve dehidrojenaz, glukozidaz, oksin üretimi, mikrobiyal solunum ve mikrobiyal biyokütle-C'yi artırdığı Ramesh (2014) tarafından belirlenmiştir. Adnan ve ark. (2018) fosfor çözen bakteri uygulamasının toprak solunumunu artırdığını, Singh ve ark. (2015) bakteriyel aşılamanın, mikrobiyal solunumu ve bitki biyokütlesini artırdığını saptamışlardır.

Dehidrojenaz aktivitesi, o toprağın mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılan bir hücre içi (intraselüler) enzim olup (Skujins, 1973; Trevors, 1984), toprak mikroorganizmalarının oksidatif aktivitesinin toplam miktarını göstermektedir (Bolton ve ark., 1985; Rossel ve Tarradellas, 1991; Obbard, 2001). Başka bir ifadeyle; dehidrojenaz aktivitesi toprakların toplam mikrobiyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde indikatör olarak kullanılan önemli bir enzimdir (Benfield ve ark., 1977; Nannipieri ve ark., 1990; Tabatabai, 1994; Masciandaro ve ark., 2000). Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların DHA içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber kaya fosfat ile beraber yapılan aşılamanın ise TSP gübresine göre DHA içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda DHA'nın da önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Dinesh ve ark. (2010) biyo gübre uygulanmış topraklarda daha yüksek bir dehidrojenaz aktivitesi olduğunu ve dehidrojenaz aktivitesi ile mikrobiyal popülasyonların aktivitesi arasında önemli bir korelasyon bulunduğunu belirlemiştir. Stephen ve ark. (2015), *Gluconacetobacter sp.*, *Burkholderia sp.* and *Pseudomonas* türleri ile aşılamanın kontrol toprağına göre DHA aktivitesini önemli ölçüde artırdığını, Hajnal-Jafari ve ark. (2012) ise *A.chroococcum*+*A. Lipoferum* ile aşılamanın toprakların DHA'sinde artış sağladıklarını saptamıştır. Ayrıca, Hridya ve ark. (2014) ise, yaptığı çalışmada tüm mikrobiyal kültürler ile toprakların aşılama ile toprağın dehidrojenaz aktivitesini kontrole göre arttırdığını belirlemiştir.

Tablo 8. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) ($\mu\text{g TPF g}^{-1}$ toprak) üzerine etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşılammamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	5.51	3.45	3.89	2.77	4.42	4.54	5.51	3.45	3.89	2.77	4.13	4.23
	25	5.02	3.67	3.73	5.18			4.53	3.75	4.31	3.79		
	50	5.78	3.51	3.67	3.97			4.47	4.34	3.91	4.41		
	75	4.61	5.81	4.04	4.46			4.6	4.2	3.46	4.26		
	100	5.12	5.8	4.91	3.57			4.66	4.44	3.67	4.27		
	Ort.	5.21	4.45	4.05	3.99			4.75	4.04	3.85	3.90		
Aşılammamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	4.81	5.35	4.54	4.54	4.67	4.54	4.89	4.02	3.89	3.32	4.34	4.23
	25	5.2	4.47	3.84	3.74			4.89	4.02	3.89	3.32		
	50	4.93	4.96	4.71	4.24			5.03	5.7	3.75	3.79		
	75	5.7	5.67	4.27	3.38			4.94	4.8	5.02	4.39		
	100	6.11	5.42	3.74	3.82			4.87	4.46	3.7	3.8		
	Ort.	5.35	5.17	4.22	3.94			4.92	4.56	4.06	3.84		
LSD doz	0.2952				0.2363								
LSD dönem	1.8154				0.2079								
LSD aşılama	0.1867				0.1159								

Tablo 9. Kaya fosfat ve TSP ile beraber topraklara yapılan *Micrococcus luteus* AR-72 ile aşılamanın 120 günlük inkübasyon periyodu boyunca toprakların Fosfataz enzim aktivitesi (FA) ($\mu\text{g p-nitrofenol g}^{-1}$ toprak) üzerine etkisi

	Doz	Kaya Fosfat				TSP							
		İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort	İnkübasyon dönemi (gün)				ort	ort
		30.	60.	90.	120.			30.	60.	90.	120.		
Aşılammamış (- <i>M.luteus</i> AR-72)	0	168	132	91	105	130	132	168	132	91	105	136	147
	25	182	143	101	111			172	171	107	109		
	50	180	142	86	115			152	185	114	111		
	75	166	131	103	118			150	169	97	114		
	100	163	145	111	110			163	208	97	108		
	Ort.	172	139	98	112			161	173	101	109		
Aşılammamış (+ <i>M.luteus</i> AR-72)	0	172	141	98	102	133	132	177	176	97	113	159	147
	25	178	118	94	105			180	214	135	123		
	50	188	135	86	109			199	195	134	131		
	75	175	141	116	111			190	206	127	130		
	100	182	192	118	108			196	194	118	145		
	Ort.	179	145	102	107			188	197	122	128		
LSD doz	7.2614				7.7351								
LSD dönem	11.0576				2.9991								
LSD aşılama	ÖD				5.0847								

Toprakta organik fosforlu bileşiklerin mineralizasyonu sonucunda inorganik fosforlu bileşiklerin oluşumu süreçleri fosfataz enzimleri tarafından katalizlenen reaksiyonlarla gerçekleşmektedir. Fosfataz, toprak organik maddesindeki hem ester hem de anhidrit H_3PO_4 'lerin hidrolizinden sorumlu olan ekstraselüler bir enzim olup, tarımsal açıdan büyük öneme sahiptir (Amador ve ark., 1997) ve toprakların biyolojik aktivitesinin değerlendirilmesinde kullanılan önemli bir göstergedir (Pascual ve ark. 1998, 2002). Kaya fosfat ile beraber yapılan aşılama toprakların FA değerleri artırmış ancak istatistiksel olarak etkili olmazken, TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların FA içeriğini daha fazla artırdığı, bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın ise kaya fosfata göre FA içeriğini daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, artan kaya fosfat ve TSP dozlarında, hem aşılamanın yapıldığı hem de aşılamanın yapılmadığı topraklarda FA'sında önemli artışlar gösterdiği saptanmıştır. Topraktaki serbest yaşayan bazı mikroorganizmaların fosfataz enzimi üretme yeteneğine sahip oldukları

(Coleman, 1992) ve mikroorganizmaların fosfat çözme kapasitesi ile fosfataz enzim aktivitesi arasında pozitif bir korelasyon olduğu bilinmektedir (Ponmurugan ve Gopi, 2006). Fosfataz enzimi inorganik kaynaklardan P salgılayarak P'un çözünürlüğünü artırmakta ve bitkiler tarafından P'un alınımının artmasını sağlamaktadır (Nannipieri ve ark., 2011). Yapılan çalışmalarda (Dutta ve Neog, 2015; Suleman ve ark. 2018) inorganik fosforu çözen bakteriler ile aşılamanın toprakların fosfataz aktivitesinde önemli artışların olduğu saptanmıştır.

Sonuç

Bu çalışmada, kaya fosfat ve TSP (Triplesüper fosfat) gübresi ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* aşılmasının toprakların bazı alınabilir P ve NO₃-N içerikleri ile toprakların biyolojik özellikleri (toprak çözünürlüğü, mikrobiyal biyomas C, dehidrogenaz, fosfataz aktivitesi) üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Hem kaya fosfat hem de TSP ile beraber yapılan *Micrococcus luteus* AR-72, aşılamanın yapılmadığı uygulamalara göre toprakların bazı alınabilir P, NO₃-N içeriğini ve toprakların biyolojik özelliklerin daha fazla artırdığı belirlenmiştir. Bununla beraber TSP gübresi ile beraber yapılan aşılamanın kaya fosfata göre toprakların alınabilir P ve NO₃-N içeriğini daha fazla artırdığı ancak toprakların MBC, TS ve DHA içeriğinin kaya fosfat ile beraber yapılan aşılama TSP gübresine göre daha fazla arttığı görülmüştür. Bu durum, gübreleme amaçlı kaya fosfat gibi daha doğal kaynakların mikrobiyal aşılama ile beraber kullanılması durumunda, kimyasal gübrelere göre toprakların biyolojik özelliklerini üzerinde meydana getirdiği olumlu etkinin daha fazla olacağı sonucunu ortaya çıkartmaktadır. Ancak, sera ve tarla koşullarında bitkilerinde kullanılacağı takip çalışmalarının yapılarak, elde edilen sonuçların geliştirilmesi de gerekmektedir.

Kaynaklar

- Adnan M, Shah Z, Sharif M, Rahman H, 2018. Liming induces carbon dioxide (CO₂) emission in PSB inoculated alkaline soil supplemented with different phosphorus sources. *Environmental Science and Pollution Research* 25(10), 9501-9509.
- Ahemad M, Kibret M, 2014. Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University* 26(1), 1-20.
- Amador JA, Glucksman AM, Lyons JB, Görres JH, 1997. Spatial distribution of soil phosphatase activity within a riparian forest. *Soil Science* 162(11), 808-825.
- Anderson JPE, 1982. Soil respiration. In: *Methods of soil analysis, Part 2, Chemical and microbiological properties*. Page, A. L. (Ed.) ASA - SSSA, Madison, Wisconsin, USA. pp. 831-871.
- Anderson JPE, Domsch KH, 1978. A physiological method for the quantitative measurement of microbial biomass in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 10: 215-221.
- Antoun H, Beauchamp CJ, Goussard N, Chabot R, Llande R, 2004. Potential of Rhizobium and Bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: effect on radishes. *Plant and Soil* 204:57-67.
- Behera BC, Singdevsachan SK, Mishra RR, Dutta SK, Thatoi HN, 2014. Diversity, mechanism and biotechnology of phosphate solubilising microorganism in mangrove—a review. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology* 3(2), 97-110.
- Benfield CB, Howard PJA, Howard DM, 1977. The estimation of dehydrogenase activity in soil. *Soil Biology and Biochemistry* 9(1), 67-70.
- Bolton H, Elliott LF, Papendick RI, Bezdicek DF, 1985. Soil microbial biomass and selected soil enzyme activities: Effect of fertilization and cropping practices. *Soil Biology and Biochemistry* 17(3), 297-302.
- Coleman JE, 1992. Structure and mechanism of alkaline phosphatase. *Annual Review of Biophysics & Biomolecular Structure* 21, 441-483.
- Çakmakçı R, Dönmez MF, Erdoğan Ü, 2007. The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 31(3), 189-199.
- Dastager SG, Deepa CK, Pandey A, 2010. Isolation and characterization of novel plant growth promoting *Micrococcus* sp NII-0909 and its interaction with cowpea. *Plant Physiology and Biochemistry* 48(12), 987-992.
- Dimkpa C, Weinand T, Ash F, 2009. Plant-rhizobacteria interactions alleviate abiotic stress conditions. *Plant Cell Environ.* 32: 1682-1694.
- Dinesh R, Srinivasan V, Hamza S, Manjusha A, 2010. Short-term incorporation of organic manures and biofertilizers influences biochemical and microbial characteristics of soils under an annual crop [Turmeric (*Curcuma longa* L.)]. *Bioresource Technology* 101(12), 4697-4702.
- Dutta SC, Neog B, 2015. Effects of AM Fungi and Plant Growth-promoting Rhizobacteria on Enzymatic Activities of Soil under Turmeric (*Curcuma longa* L.) Cultivation. *Journal of the Indian Society of Soil Science* 63(4), 442-448.
- Ekundayo FO, 2010. Comparative influence of benomyl on rhizosphere and non-rhizosphere bacteria of cowpea and their ability to solubilise phosphate. *Journal of Soil Science and Environmental Management* 1(9), 234-242.
- El-Azeem A, Mehana T, Shabayek A, 2007. Response of Faba bean (*Vicia faba* L.) to inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria. *Catrina: The International Journal of Environmental Sciences* 2(1), 67-75.

- Hajnal-Jafari T, Jarak M, Đurić S, Stamenov D, 2012. Effect of co-inoculation with different groups of beneficial microorganisms on the microbiological properties of soil and yield of maize (*Zea mays* L.). *Ratarstvo i povrtarstvo* 49(2), 183-188.
- Haktanır K, Arcak S, 1997. *Toprak Biyolojisi (Toprak Ekosistemine Giriş)*.
- Hridya AC, Byju G, Misra RS, 2014. Effects of microbial inoculations on soil chemical, biochemical and microbial biomass carbon of cassava (*Manihot esculenta* Crantz) growing Vertisols. *Archives of Agronomy and Soil Science* 60(2), 239-249.
- Islam M, Sultana T, Joe MM, Yim W, Cho JC, Sa T, 2013. Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth promoting activities enhances growth of tomato and red pepper. *Journal of Basic Microbiology* 53(12), 1004–1015.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. toprak analizleri, Ankara üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, Ankara No:3.
- Kızılkaya R, 2008. Yield response and nitrogen concentrations of spring wheat (*Triticum aestivum*) inoculated with *Azotobacter chroococcum* strains. *Ecological Engineering* 33(2), 150-156.
- Kim KY, Jordan D, McDonald GA, 1998. Enterobacter agglomerans, phosphate solubilizing bacteria, and microbial activity in soil: effect of carbon sources. *Soil Biology and Biochemistry* 30(8-9), 995-1003.
- Kpombekou K, Tabatabai MA. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Science* 158:442-453.
- Kumar A, Kumar A, Devi S, Patil S, Payal C, Negi S, 2012. Isolation, screening and characterization of bacteria from rhizospheric soils for different plant growth promotion (PGP) activities: an in vitro study. *Recent Research in Science and Technology* 4(2), 1-5.
- Masciandaro G, Ceccanti B, Ronchi V, Bauer C, 2000. Kinetic parameters of dehydrogenase in the assessment of the response of soil to vermicompost and inorganic fertilisers. *Biology and Fertility of Soils* 32(6), 479–483.
- Namlı A, Mahmood A, Sevilir B, Özkır E, 2017. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on some soil properties, wheat yield and nutrient contents. *Eurasian Journal of Soil Science* 6(3), 249.
- Nannipieri P, Grego S, Ceccanti B, 1990. Ecological significance of the biological activity in soil. In: *Soil Biochemistry*. Bollag J (Ed.). Volume 6, Taylor and Francis.
- Nannipieri P, Giagnoni L, Landi L, Renella G, 2011. Role of phosphatase enzymes in soil. In: *Phosphorus in action*. Bünemann E, Oberson A, Frossard E (Eds.). Springer. p. 215–43.
- Ndung'u-Magiroyi KW, Herrmann L, Okalebo JR, Othieno CO, Pypers P, Lesueur D, 2012. Occurrence and genetic diversity of phosphate-solubilizing bacteria in soils of differing chemical characteristics in Kenya. *Annals of Microbiology* 62(3), 897-904.
- Obbard JP, (2001). Ecotoxicological assessment of heavy metals in sewage sludge amended soils. *Applied Geochemistry* 16(11-12), 1405-1411.
- Ouahmane L, Revel JC, Hafidi M, Thioulouse J, Prin Y, Galiana A, Duponnois R, 2009. Responses of *Pinus halepensis* growth, soil microbial catabolic functions and phosphate-solubilizing bacteria after rock phosphate amendment and ectomycorrhizal inoculation. *Plant and Soil* 320(1-2), 169-179.
- Pascual JA, Garcia G, Hernandez T, Moreno JL, Ros M, 2000. Soil microbial activity as a biomarker of degradation and remediation processes. *Soil Biology and Biochemistry* 32: 1877–1883.
- Peper IL, Gerba CP, Brendecke JW, 1995. *Environmental Microbiology: A Laboratory Manual*. Academic Press, New York, 175p.
- Ponmurugan P, Gopi C, 2006. In vitro production of growth regulators and phosphatase activity by phosphate solubilizing bacteria. *African Journal of Biotechnology* 5(4), 348-350.
- Ramesh A, Sharma SK, Sharma MP, Yadav N, Joshi OP, 2014. Inoculation of zinc solubilizing *Bacillus aryabhatai* strains for improved growth, mobilization and biofortification of zinc in soybean and wheat cultivated in Vertisols of central India. *Applied Soil Ecology* 73, 87-96.
- Rashid M, Khalil S, Ayub N, Alam S, Latif F, 2004. Organic acids production and phosphate solubilization by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) under in vitro conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 7(2), 187-196.
- Raza FA, Faisal M, 2013. Growth promotion of maize by desiccation tolerant *Micrococcus luteus*-chp37 isolated from Cholistan desert, Pakistan. *Australian Journal of Crop Science* 7(11), 1693-1698.
- Rossel D, Tarradellas J, 1991. Dehydrogenase activity of soil microflora: Significance in ecotoxicological tests. *Environmental Toxicology and Water Quality* 6(1), 17-33.
- Schlöter M, Dilly O, Munch JC, 2003. Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 98(1-3), 255-262.
- Skujins J, 1976 Extracellular enzymes in soil. *CRC Critical Reviews in Microbiology* 4: 383–421.
- Singh M, Awasthi A, Soni SK, Singh R, Verma RK, Kalra A, 2015. Complementarity among plant growth promoting traits in rhizospheric bacterial communities promotes plant growth. *Scientific Reports* 5, 15500.
- Smith JL, Paul EA, 1990. The significance of soil microbial biomass estimations. In: *Soil Biochemistry*. Bollag JM, Stotzky G (Eds.). Volume 6, Marcel Dekker Inc. pp. 357-396.
- Stephen J, Shabanamol S, Rishad KS, Jisha MS, 2015. Growth enhancement of rice (*Oryza sativa*) by phosphate solubilizing *Gluconacetobacter* sp.(MTCC 8368) and *Burkholderia* sp. (MTCC 8369) under greenhouse conditions. *3 Biotech*, 5(5), 831-837.

- Suleman M, Yasmin S, Rasul M, Yahya M, Atta BM, Mirza MS, 2018. Phosphate solubilizing bacteria with glucose dehydrogenase gene for phosphorus uptake and beneficial effects on wheat. *PloS one*, 13(9), e0204408.
- Tabatabai MA, 1994. Soil enzymes. In: Page AL, Miller RH, Keeney DR (eds) *Methods of soil analysis*. American Society of Agronomy, Madison, WI, pp 775-833.
- Tabatabai MA, Bremner JM, 1969. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity, *Soil Biology and Biochemistry* 1, 301-307.
- Trevors JT, 1984. Dehydrogenase activity in soil: a comparison between the INT and TTC assay. *Soil Biology and Biochemistry* 16(6), 673-674.
- Vacheron J, Desbrosses G, Bouffaud ML, Touraine B, Moënne-Loccoz Y, Muller D, Legendre L, Wisniewski-Dyé F, Prigent-Combaret C, 2013. Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning. *Frontiers in Plant Science* 4, 356.
- Vendan RT, Yu YJ, Lee SH, Rhee YH, 2010. Diversity of endophytic bacteria in ginseng and their potential for plant growth promotion. *The Journal of Microbiology* 48(5), 559-565.
- Wan JH, Wong MH, 2004. Effects of earthworm activity and P-solubilizing bacteria on P availability in soil. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 167(2), 209-213.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel istatistik metotları. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.



TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



Organik düzenleyici uygulanmış toprakta erozyonla oluşacak toprak kaybının tahmini

Elif Öztürk ^{*},¹ , Nutullah Özdemir ²

¹ Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Samsun

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

Özet

Toprak karmaşık süreçler sonucunda oluşan, yeryüzündeki madde döngülerinin gerçekleştiği, canlı ve kompleks bir ekosistemdir. Yaşamın temelini oluşturan bu kompleks sistem erozyonla kaybolmaktadır. Bu çalışma, yapay yağış koşullarında oluşan toprak kaybı değerleri ile erozyona karşı duyarlılığın değerlendirilmesinde kullanılan parametreler ve bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek ve bu özellikleri kullanarak erozyonla oluşabilecek toprak kaybı değerinin tahmin edilmesini sağlayacak bir model geliştirmek üzere yürütülmüştür. Çalışmada Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Minoz Havzası'nda yayılım gösteren Lithic Ustorthent ve Typic Calciustept olarak sınıflandırılan topraklar ile çöp kompostu, çeltik kavuzu kompostu ve ahır gübresi düzenleyicileri kullanılmıştır. Havzaya ait bozulmuş toprak örneklerine organik düzenleyiciler kuru ağırlık esasına göre farklı dozlarda (% 0, 2, 4 ve 6) uygulanarak simülasyon uygulaması yapılmış ve kalite parametrelerinin belirlenebilmesi amacıyla deneme kurulmuştur. Denemeler sonucunda, topraklara uygulanan organik düzenleyicilerin toprak-su kayıplarını azalttığı ve erozyona karşı dayanıklılığı artırdığı belirlenmiştir. Toprak kayıplarının daha az olarak tespit edildiği uygulamalarda kalite parametreleri diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek değerler almıştır. Yapay yağış koşullarında ölçülen ve geliştirilen pedotransfer fonksiyonlar (PTFs) ile tahmin edilen toprak kaybı değerlerinin karşılaştırılmasında determinasyon katsayısı (R^2) kullanılmıştır. Havzada toprak kaybını tahmin etmek için kullanılacak eşitliğin R^2 değeri 0.95 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlar geliştirilen pedotransfer eşitliklerin Minoz Havzası topraklarında gerçekleşen kayıpların tahmin edilmesinde kullanılabileceğini göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Yapay yağış, Erozyona duyarlılık, Toprak düzenleyiciler, Toprak kaybı

Estimation of soil loss by erosion in organic conditioner applied soil

Abstract

Soil is a living and complex ecosystem that is formed as a result of complicated processes and where material cycles on Earth take place. This complex system which forms the base of life, losses with erosion. This study was carried out to determine relationships between soil loss occurring in the artificial rainfall conditions and parameters used in the evaluation of susceptibility to erosion and some physico-chemical soil properties to develop a model to estimate soil loss that may occur with erosion by using these properties. In the study, soils classified as Lithic Ustorthent and Typic Calciustept which were in the Minoz Basin within the borders of Samsun province and conditioners as municipal waste compost, rice husk compost and manure were used. A simulation was done by applying organic conditioners to the degraded soil samples in different doses (0, 2, 4, and 6 %) based on dry weight and a trial was established to determine quality parameters. As a result of the experiments, it was determined that organic conditioners applied to the soils reduce soil-water losses and increase resistance to erosion. In the applications soil losses were determined to be less, quality parameters were found higher compared to the other applications. The determination coefficient (R^2) was used in the comparison of the soil loss values measured and developed with pedotransfer functions (PTFs) under artificial rainfall conditions. The R^2 value of the equation to be used to estimate the soil loss in the basin was obtained as 0.95. These results showed that developed pedotransfer equations could be used in the estimation of soil losses in Minoz basin soils.

Keywords: Artificial rainfall, Susceptibility to erosion, Soil conditioners, Soil loss

© 2020 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

Giriş

Toprak biliminde erozyon diğer bir deyişle toprak aşınımı, doğal kaynakların sürdürülebilir bir biçimde kullanılmasında karşılaşılan başlıca sorunlardan biri olup gerek dünyada gerekse ülkemizde oldukça tehlikeli boyuttadır. Erozyon toprak özellikleri, topoğrafik yapı, vejetasyon, bitki örtüsü ve iklimsel özelliklere bağlı karmaşık bir süreçtir. Bu süreç doğal boyutunda devam ettiği sürece, ekosistemin önemli bir bileşeni olarak

* Sorumlu yazar:

Tel. : 0362 2560514

E-posta : elifozturk@hotmail.com

Geliş Tarihi : 18 Eylül 2020

Kabul Tarihi : 21 Aralık 2020

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.796822

değerlendirilmektedir. Ancak hızlandırılmış erozyon, toprak kalitesini ve su kaynaklarını olumsuz yönde etkilemektedir. Hızlandırılmış toprak erozyonu en zararlı çevre sorunlarından biri olup doğada ve kentsel alanda onarılamaz zararlar meydana getirerek sosyoekonomik sorunlara neden olmaktadır (Wang ve ark., 2013). Diğer taraftan, sürdürülebilir toprak kullanımını ve kırsal alanların gelişimini de kısıtlamaktadır (Jing ve ark., 2005; Cassol ve ark., 2018). Doğal süreçler dışında antropojenik faaliyetlerin neden olduğu bu süreç toprak kaybını ve riskini daha da artırmaktadır (Lal ve Pierce, 1991).

Toprağın erozyona duyarlılığı, yağış veya yüzey akışla toprağın parçalanmaya direnci olarak tanımlanmaktadır (Parlak ve ark., 2014) ve toprak özellikleri, arazi kullanım durumu ile yağışın erosivitesine bağlı olarak değişmektedir (Kanar ve Dengiz, 2015). Toprakların strüktürel dayanıklılığının ve erozyona uğrama eğiliminin belirlenmesinde, strüktür stabilite indeksi (Leo, 1963), kil oranı (Bryan, 1968), dispersiyon oranı ile erozyon oranı (Bryan, 1968, Ngatunga ve ark., 1984), toprak aşınım faktörü (K) (Wischmeier ve Smith, 1978) ve agregat stabilitesinin (Miller ve Baharrudin, 1987) iyi birer ölçüt olabileceği farklı araştırmacılar tarafından ortaya konulmuştur. Toprakların aşınmaya karşı duyarlılıkları sahip oldukları özelliklerin farklılığından ileri gelmektedir. Aşınımı etkileyen en önemli toprak özellikleri ise toprak bünyesi, toprak strüktürü, hidrolik geçirgenlik ve organik madde içeriği olarak tanımlanmaktadır (Cebel ve ark., 2013). Toprak ve su kaynaklarının korunması ve geliştirilmesine ilişkin çalışmalarda erozyon sonucu meydana gelebilecek toprak kayıplarının ve taşınan sediment miktarlarının bilinmesi gerekmektedir. Bu kayıpların saptanması uygun toprak, arazi, bitki yönetimi ile toprak koruma önlemlerinin seçilmesi ve arazi yönetimi açısından önem arz etmektedir (Karagöktaş ve Yakupoğlu, 2014). Erozyonla meydana gelebilecek toprak kayıplarını ve potansiyel arazi bozulma risklerini belirlemek üzere çeşitli kalitatif yaklaşımlar ve model çözümler geliştirilmiştir. Günümüzde pedotransfer fonksiyon terimi, toprak biliminin tüm alanlarında toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin matematiksel ifadesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Candemir ve Gülser, 2012; Gülser ve Candemir, 2014; Gülser ve Ekberli, 2019). Pedotransfer fonksiyonlar, araştırmalardan elde edilen veriler kullanılarak bazı toprak özelliklerinin tahmin edildiği modellerdir (Bouma, 1989). Bu fonksiyonlar belirli bir model veya kalite değerlendirmesinde mevcut veriler ile daha faydalı veya gerekli görülen özellikler arasındaki boşluğu doldurmaktadır (Gomes ve ark., 2017). Yakupoğlu ve ark. (2012), Kahramanmaraş Narlı Ovası topraklarında yürüttükleri çalışmalarında, Ova topraklarının aşınabilirliğinin tahminlenmesinde pedotransfer yaklaşımının kullanılabilirliği belirtmişlerdir. Kars ve Ekberli (2019), buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki ilişkilerin irdelenmesinde pedotransfer modellerin uygulanabilirliği üzerine yaptıkları araştırmada, yetiştirilen buğday bitkisinin verim parametrelerinin tahmin edilmesinde modellerin uygulanabilirliğinin mümkün olduğunu belirtmişlerdir.

Canbolat (1999) Erzurum yöresi toprakları üzerinde yürüttüğü çalışmasında, tarla kapasitesindeki değişimin basit regresyon modelleri ile % 79.3'ünün, çoklu regresyon modeli ile % 96'sının, devamlı solma noktasındaki değişimin basit regresyon modelleri ile % 89.5'inin çoklu regresyon modeli ile % 97'sinin, yarıyıllı nem kapasitesindeki değişimin de basit regresyon modelleri ile % 59'unun ve çoklu regresyon modeli ile de % 78'inin temsil edilebileceğini belirlemiştir. Daba Fufa ve ark. (2002), yapay yağış koşullarında toprak kaybı ve tahmin eşitlikleri kullanılarak elde edilen toprak kayıplarını karşılaştırarak, bu sonuçlar ile bazı erodibilite parametreleri (agregat stabilitesi ve kesme direnci) arasındaki ilişkileri irdemişlerdir. Araştırmacılar, Cambisol, Fluvisol ve Regosol topraklar üzerinde yürüttükleri çalışmaları sonucunda, eşitlikler kullanılarak tahmin edilen aşınabilirlik değerleri ile agregat stabilitesi arasında kuvvetli ilişki belirlerken, toprak kaybının ise kesme direnci ile daha yakın korelasyon gösterdiğini tespit etmişlerdir. Kılıç ve Yönter (2005) çalışmalarında oluşturdukları modelde, yağışla meydana gelen toprak kaybının, yağış süresi ve yüzey akış miktarına bağlı olduğunu ve söz konusu parametreler arasında önemli düzeyde bir ilişkinin bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Toprağın strüktürel özellikleri ve dolayısıyla erozyona karşı direnci, organik madde ilavesiyle önemli ölçüde arttırılabilir. Organik materyaller, hem toprağı erozyondan korumakta hem de toprağın yapısını iyileştirerek verimliliği arttırmaktadır (Akalın, 1974). Martinez ve ark. (2003), bozulmuş toprakta biyokatı ve kompostlaştırılmış kentsel katı atık uygulamalarının yarı kurak bir çevrede yüzey akış ve sediment miktarını önemli ölçüde azalttığını, biyokatı ile muamele edilen parsellerde yüzey akışın daha geç başladığını ifade etmişlerdir. Faucette ve ark. (2004), çeşitli kompost ve malç materyallerinin yapay yağış koşulları altında erozyonla meydana gelecek toprak kaybı üzerindeki etkilerini inceledikleri çalışmalarında, uygulamaların yüzey akışla meydana gelen toprak kaybını azaltmada etkili olduğunu belirlemişlerdir.

Bu araştırma, 3 farklı organik düzenleyici (ahır gübresi, çöp kompostu ve çeltik kavuzu kompostu) uygulanmış topraklarda, erozyona karşı duyarlılık parametreleri ve bazı toprak özelliklerinden yararlanılarak oluşacak toprak kayıplarının tahmininde pedotransfer modellerin kullanılabilirliğinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada, Samsun ili sınırları içerisinde bulunan Minoz Havzası'ndan alınan ve Lithic Ustorthent (Entisol) ile Typic Calciustept (Inceptisol) olarak sınıflandırılan toprak örnekleri kullanılmıştır. Araştırma için bu alanlardan toprak örnekleri alınarak laboratuvara getirilmiştir. Araştırma yüzey akışla meydana gelen toprak kayıplarının ve kalite parametrelerinin belirlenmesi amacıyla 2 farklı deneme kurularak yürütülmüştür. Denemelerde, organik düzenleyici olarak Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Hayvancılık Ünitesinden temin edilen ahır gübresi (AG) ve çeltik kavuzu kompostu (ÇKK) ile İstanbul Büyükşehir Belediyesi Kemerburgaz Tesislerinden temin edilen çöp kompostu (ÇPK) kullanılmıştır. Kullanılan bu atıkların pH, EC ve organik madde değerleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Denemelerde kullanılan organik düzenleyicilerin bazı özellikleri

Materyal	pH (1:10)	EC (1:10), dS m ⁻¹	Organik madde, %
Ahır gübresi	7.48	4.29	28.32
Çöp kompostu	8.07	3.10	35.71
Çeltik kavuzu kompostu	7.81	0.51	19.82

EC: Elektriksel iletkenlik

Denemelerde kullanılan toprak örnekleri 8 mm'lik elek, organik düzenleyiciler ise 4.75 mm'lik elekten geçirilerek kullanılmışlardır (Karaoğlu ve Çanga, 2002). Organik düzenleyiciler topraklara kuru ağırlık esasına göre % 0, 2, 4 ve 6 oranlarında uygulanmıştır. Çalışma üç tekrarlamalı olarak faktöriyel düzende yürütülmüştür. Denemelerde 12 haftalık inkübasyon süresi esas alınmış, tava ve saksıların nem içerikleri izlenerek elverişli nemin % 50' si tükenince tekrar su ilavesi yapılmıştır.

Toprak örneklerinin fiziksel özelliklerinden tane büyüklük dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993), agregat stabilitesi ıslak eleme yöntemi (Demiralay, 1993), tarla kapasitesi (TK) ve devamlı solma noktasındaki nem içeriği (SN) basınçlı tabla yöntemi (Black, 1965), faydalı su miktarı tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası arasındaki farktan hesap yoluyla, hidrolik iletkenlik sabit seviyeli permeametre yöntemi (Özdemir, 1998) ile belirlenmiştir. Toprakların strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılıklarını değerlendirmek amacıyla kullanılan dispersiyon oranı (DO) ve erozyon oranı (EO) parametreleri aşağıdaki eşitlikler kullanılarak hesaplanmıştır (Özdemir, 2013).

$$DO = \frac{\text{süspansiyonda ölçülen silt + kil (\%)}}{\text{mekanik analizde ölçülen silt + kil (\%)}} \times 100$$

$$EO = DO \times \frac{\text{toprağın nem eşdeğeri (\%)}}{\text{mekanik analizde ölçülen kil (\%)}} \times 100$$

Örneklerin kimyasal analizlerinden organik madde içeriği modifiye Walkley-Black metodu (Kacar, 1994), kireç içeriği Scheibler kalsimetre yöntemi (Kacar, 1994), değişebilir katyonlar (Ca, Mg, Na ve K) amonyum asetat ekstraksiyon yöntemi (Kacar 1994), katyon değişim kapasitesi (KDK) Bower metodu (Kacar, 1994), pH ve EC değerleri 1:1 oranında toprak-saf su süspansiyonunda cam elektrotlu pH-metre ve EC-metreyle (Bayraklı, 1987) belirlenmiştir. Kullanılan organik düzenleyicilerin, pH ve EC değerleri 1:10 oranındaki karışımlarda cam elektrotlu pH-metre ve EC-metreyle (Rowell, 1996), organik madde içerikleri ise kuru yakma metodu (Kacar, 1972) kullanılarak belirlenmiştir. Yapay yağışla oluşan toprak kayıplarının belirlenmesinde Erpul ve Çanga (2001) 'dan modifiye edilen laboratuvar tipi damla oluşturu düzenek kullanılmıştır (Yakupoglu, 2010).

Araştırmada incelenen toprak özellikleri arasındaki doğrusal ilişkilerin belirlenmesinde korelasyon analizi yöntemi, pedotransfer eşitliklerin ve modellerin belirlenmesinde ise Stepwise çoklu regresyon analizi kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında SPSS yazılımından yararlanılmıştır.

$$TTK = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n + u$$

TTK : Yüzey akış ve sıçrama ile oluşan toplam toprak kaybı

b₀ : Regresyon sabiti

b₁...b_n: Regresyon katsayıları

x₁-x_n : Toprak özelliklerini ifade eden değişkenler

n : Değişken sayısı

u : TTK değerine ait hata değişkeni

Bulgular ve Tartışma

Genel Toprak Özellikleri

Denemelerde kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Örneklerin tekstür bileşenleri incelendiğinde, Entisol ordosunda yer alan toprağın kum içeriğinin % 67.70, silt içeriğinin % 22.40 ve kil içeriğinin ise % 9.90 olduğu ve kumlu tın (SL) tekstür sınıfına girdiği belirlenmiştir. Ayrıca bu toprak, nötr reaksiyonlu, tuzsuz, kireçli, az organik madde, çok düşük K, az Ca ve iyi seviyede Mg içermektedir. Inceptisol ordosunda yer alan toprağın kum, silt ve kil içerikleri ise sırasıyla % 34.60, % 33.90 ve % 31.50 olup killi tın (CL) bir bünyeye sahiptir. Bu toprak ise nötr reaksiyonlu, tuzsuz, kireçsiz, az organik madde, orta K, iyi Ca ve iyi düzeyde Mg içermektedir. [Metson \(1961\)](#)’e göre toprakların katyon değişim kapasiteleri Entisol grubu toprak için düşük, Inceptisol grubu toprak için ise yüksek sınıfta yer almaktadır.

Toprakların erozyona uğrama eğilimlerinin değerlendirilmesinde kullanılan parametrelerden agregat stabilitesi değeri Inceptisol toprakta % 49.30, Entisol toprakta % 37.60 olarak belirlenmiştir. Agregat stabilitesi (AS) ölçümleri toprak agregatlarının bozulmaya neden olan çevresel etmenlere karşı direncinin belirlenmesinde önemli bir gösterge olarak dikkate alınmaktadır ([Hillel, 1982](#)). İyi bir agregatlaşma, toprakta verimin artmasına yardımcı olduğu gibi, toprağın erozyona karşı direncini de artırmaktadır ([Eraslan ve ark., 2016](#)). Agregat stabilitesi değerinin artması ile erozyona karşı dayanıklılık artmaktadır ([Yakupoglu ve ark., 2015](#)). Dispersiyon oranı, topraktaki doğal agregatların su ile temas ettiğinde çözülme (dispersleşme) derecesini gösteren önemli bir parametredir. Dispersiyon oranı % 15’ten büyük olan toprakların erozyona karşı dayanıksız oldukları belirtilmektedir ([Bryan 1968; Lal, 1988](#)). Toprakların erozyona uğrama duyarlılıklarının belirlenmesinde kullanılan bir diğer özellik olarak bilinen erozyon oranı için % 10 sınır değeri olarak kabul edilmekte ve bu değerin üzerindeki topraklar erozyona duyarlı, altındaki topraklar ise erozyona dirençli olarak sınıflandırılmaktadır ([Akalan, 1967](#)). Topraklar aşınabilirlik göstergeleri açısından değerlendirildiğinde ise, her iki gruptaki toprak da %15’in üzerinde DO ve % 10’un üzerinde EO değerlerine sahip oldukları için erozyona karşı duyarlı bir yapıdadırlar.

Çizelge 2. Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak özellikleri		Entisol	Inceptisol
Kum	%	67.70	34.60
Silt	%	22.40	33.90
Kil	%	9.90	31.50
Tarla kapasitesi	%	16.10	33.60
Solma noktası	%	7.40	20.10
Faydalı su	%	8.70	12.30
Hidrolik iletkenlik	cm h ⁻¹	56.60	9.60
Agregat stabilitesi	%	37.60	49.30
Dispersiyon oranı	%	40.20	16.80
Erozyon oranı	%	65.60	17.90
pH	-	7.18	7.08
EC	dS m ⁻¹	0.221	0.439
CaCO ₃	%	3.98	0.81
Organik madde	%	1.68	1.97
Katyon değişim kapasitesi	cmol kg ⁻¹	7.39	33.20
Değişebilir Na	me 100g ⁻¹	0.59	0.19
Değişebilir K	me 100g ⁻¹	0.21	0.42
Değişebilir Ca	me 100g ⁻¹	5.12	20.24
Değişebilir Mg	me 100g ⁻¹	1.83	12.34

EC: Elektriksel iletkenlik

Toprak Kalite Parametreleri ile Toprak Kaybı Arasındaki İlişkiler

Yapay yağış koşullarında yüzey akışla oluşan toprak kaybının tahmin edilmesini sağlayacak bir ilişki ortaya koymak üzere yürütülen bu çalışmada toprağın reaksiyonu, elektriksel iletkenliği, organik madde içeriği, nem karakteristikleri (tarla kapasitesi ve solma noktası), katyon değişim kapasitesi, değişebilir Na ile değişebilir Ca+Mg kapsamları, AS, DO ve EO parametreleri belirlenmiş ve bu özelliklere ait analiz sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere, kalite parametre değerleri, topraklara uygulanan organik düzenleyici çeşit ve doz miktarlarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Entisol toprakta tarla kapasitesi % 18.09-% 19.51, solma noktası % 8.57-% 9.70, organik madde içeriği % 2.72- % 3.58, elektriksel iletkenlik değeri 0.479-2.500 dS m⁻¹, pH 6.69-7.56, katyon değişim kapasitesi 18.34-28.14 cmol kg⁻¹, değ. Na 0.08-0.97 me 100g⁻¹ ve değ. Ca+Mg 18.13-27.33 me 100g⁻¹ arasında olarak belirlenmiştir.

Inceptisol toprakta tarla kapasitesi % 22.20 -% 23.60, solma noktası % 9.97-% 11.01, organik madde içeriği % 2.31- % 3.39, elektriksel iletkenlik değeri 0.841-2.867 dS m⁻¹, pH 7.38-7.73, kation değişim kapasitesi 33.96-42.20 cmol kg⁻¹, değ. Na 0.08-1.09 me 100g⁻¹ ve değ. Ca+Mg 33.29-41.04 me 100g⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Genel olarak dozların artışına paralel şekilde parametre değerleri artış göstermiş ve en düşük değerler düzenleyici içermeyen kontrol uygulamalarından elde edilmiştir.

Çizelge 3. Entisol ve Inceptisol toprakların bazı kalite parametre değerleri ile yapay yağış altında ölçülen toprak kayıpları (ortalamalar)

ENTISOL												
Uygulama	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
Kontrol	18.09	8.66	2.72	0.479	6.69	18.34	0.08	18.13	65.81	27.32	19.36	13524
ÇKK2	18.44	8.86	2.87	0.532	6.84	18.95	0.10	18.67	71.36	24.28	17.74	12849
ÇKK4	18.89	9.25	3.01	0.654	6.96	20.44	0.11	20.13	72.88	22.72	16.90	12431
ÇKK6	19.51	9.69	3.26	0.793	7.14	21.84	0.12	21.50	75.62	20.78	15.86	11140
ÇPK2	18.47	8.57	2.86	1.133	7.39	21.16	0.38	20.63	71.02	26.96	19.17	12335
ÇPK4	19.02	8.74	3.11	1.490	7.48	23.92	0.63	23.13	72.16	24.77	18.00	11823
ÇPK6	19.11	8.75	3.58	2.027	7.56	25.82	0.97	24.67	74.13	23.76	17.46	11545
AG2	18.27	9.08	2.76	1.165	6.97	21.69	0.23	21.29	67.53	31.93	19.16	12889
AG4	19.51	9.17	3.15	1.899	7.02	24.76	0.38	24.16	70.92	25.34	18.31	11672
AG6	19.36	9.70	3.49	2.500	7.08	28.14	0.54	27.33	71.37	22.28	16.67	11006
INCEPTISOL												
Uygulama	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
Kontrol	22.20	10.04	2.31	0.841	7.73	34.12	0.08	33.79	44.92	28.34	19.97	15429
ÇKK2	22.85	10.24	2.48	0.942	7.52	34.23	0.11	33.83	46.81	26.80	19.44	14871
ÇKK4	23.05	10.48	2.87	1.016	7.55	35.66	0.12	35.21	47.43	23.44	17.15	14281
ÇKK6	23.20	10.74	3.11	1.043	7.64	39.43	0.13	38.96	50.19	21.85	16.09	12865
ÇPK2	22.52	9.97	2.64	1.287	7.51	33.96	0.43	33.29	50.88	27.80	19.07	13914
ÇPK4	23.60	10.03	3.03	1.984	7.59	35.56	0.67	34.62	56.62	25.24	18.91	13183
ÇPK6	23.40	10.17	3.39	2.181	7.60	37.69	1.09	36.25	57.93	22.53	16.74	12758
AG2	22.82	10.41	2.74	1.692	7.38	37.25	0.33	36.62	47.81	27.87	19.19	14748
AG4	22.70	10.51	2.99	2.261	7.46	39.13	0.43	38.33	49.70	26.79	19.03	14228
AG6	23.30	11.01	3.35	2.867	7.56	42.20	0.65	41.04	54.59	25.33	18.74	13156

AG: Ahır gübresi, ÇKK: Çeltik kavuzu kompostu, ÇPK: Çöp kompostu, TK: Tarla kapasitesi (%), SN: Solma noktası (%), OM: Organik madde (%), KDK: Kation değişim kapasitesi, cmol kg⁻¹, Na: Değişebilir Na, me 100g⁻¹, Ca+Mg: Değişebilir Ca+Mg, me 100g⁻¹, AS: Agregat stabilitesi (%), DO: Dispersiyon oranı (%), EO: Erozyon oranı (%), TTK: Yapay yağış koşulları ve % 15 eğim altında ölçülen toplam toprak kaybı, kg da⁻¹

Yüzey akışla meydana gelen toprak kayıp miktarları Entisol toprakta 11006-13524 kg da⁻¹, Inceptisol toprakta 12758-15429 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. AS değerleri % 65.81-% 75.62, DO % 20.78-% 31.93 ve EO % 15.86-% 19.36 olarak Entisol toprakta belirlenirken aynı parametreler sırasıyla % 44.92-% 57.93, % 21.85-% 28.34 ve % 16.09-% 19.97 olarak Inceptisol toprakta elde edilmişlerdir. Toprak kayıplarının daha düşük olarak belirlendiği % 6 doz uygulamalarında analiz edilen kalite parametreleri en yüksek değerlerini alırken erozyona karşı duyarlılığın da buna paralel olarak azaldığı görülmüştür. Ancak yapılan düzenleyici uygulamalarının toprakların erozyona karşı duyarlılıkları açısından incelenen, DO (% 15) ve EO (% 10) parametre değerlerini ifade edilen sınır değerlerinin altına düşürmede ise yetersiz kaldıkları tespit edilmiştir. Çalışmada bağımsız değişken olarak değerlendirmeye alınan ve analiz edilerek belirlenen bazı kalite parametreleri ile meydana gelen toplam toprak kaybı (bağımlı değişken) arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları Çizelge 4'de verilmiştir. Yapay yağış koşullarında elde edilen toprak kayıpları ile tarla kapasitesi, organik madde içeriği, kation değişim kapasitesi, değişebilir Na, değişebilir Ca+Mg, AS, DO ve EO parametreleri arasında pozitif ve negatif yönde farklı önem seviyelerinde korelasyonlar elde edilmiştir. Bağımlı değişken ile en yüksek ilişki AS (r²: -0.876**) arasında belirlenmiştir. Bu ilişkilere ilaveten, incelenen diğer parametreler arasında da % 1 ve % 5 seviyesinde önemli doğrusal ilişkiler tespit edilmiştir. Toprakların OM içerikleri ile EC, değişebilir Na ve AS değerleri arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif, DO ve EO değerleri arasında ise % 1 düzeyinde önemli negatif ilişkiler belirlenmiştir. Toprakların TK ve SN nem içeriği değerleri ile pH, KDK ve değişebilir Ca+Mg kapsamları arasında % 1 düzeyinde önemli pozitif korelasyonlar elde edilmiştir. Toprakların kation değişim kapasiteleri ile değişebilir Ca+Mg içeriği arasında % 1 seviyesinde pozitif ve AS arasında % 1 seviyesinde negatif ilişkiler tespit edilmiştir. Toprak reaksiyonu ile KDK, değişebilir Ca+Mg ve AS arasında, elektriksel iletkenlik ile de KDK, değişebilir Na ve değişebilir Ca+Mg kapsamları arasında da önemli ilişkiler belirlenmiştir.

Toprakların kalite durumlarının değerlendirilmesinde yararlanılan parametreler arasındaki farklı düzeylerdeki korelasyonlar pek çok araştırmacı tarafından da benzer şekilde ortaya konulmuştur. Çimrin ve Boysan (2006), Van İli tarım topraklarında yürüttükleri çalışmalarında, toprakların toplam azot ile kum içerikleri, alınabilir fosfor ile pH ve kireç içerikleri arasında önemli negatif ilişkiler, değişebilir K ile kil, silt, KDK ve organik madde içerikleri arasında ise önemli pozitif korelasyonlar saptamışlardır. Kara (2012), çeltik kavuzu kompostunun bitki su tüketimi ve toprak kalitesine etkisini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada, söz konusu toprak özellikleri arasında % 1 ve % 5 düzeylerinde önemli pozitif ve negatif korelasyonlar elde etmiştir. Sağlam (2013), toprakların 14 farklı fiziko-kimyasal kalite parametrelerini kullanarak yürüttüğü çalışmada, AS ile EC ve OM, pH ile kil, kum, SN, OM ile SN ve EC ile TK, yarayışlı su içeriği ve pH arasında % 1 ve % 5 düzeylerinde önemli pozitif ve negatif korelasyonlar tespit edilmiştir.

Çizelge 4. Bağımlı değişken (TTK) ile bağımsız değişkenler arasındaki ilişkilere ait korelasyon katsayıları

Parametre	TK	SN	OM	EC	pH	KDK	Na	Ca+Mg	AS	DO	EO	TTK
TK	1	0.925**	-0.117	0.398	0.803**	0.966**	0.208	0.969**	-0.843**	0.045	0.053	0.528**
SN		1	-0.027	0.415*	0.669**	0.933**	0.073	0.939**	-0.769**	-0.091	-0.089	0.432*
OM			1	0.651**	-0.077	-0.009	0.703**	-0.039	0.573**	-0.786**	-0.757**	-0.842**
EC				1	0.382	0.548**	0.809**	0.521**	-0.027	-0.237	-0.195	-0.306
pH					1	0.817**	0.340	0.814**	-0.656**	0.043	0.054	0.374
KDK						1	0.296	0.999**	-0.805**	0.036	0.038	0.456*
Na							1	0.260	0.192	-0.306	-0.273	-0.435*
Ca+Mg								1	-0.823**	0.051	0.051	0.479*
AS									1	-0.459*	-0.436*	-0.876**
DO										1	0.981**	0.724**
EO											1	0.704**
TTK												1

TK: Tarla kapasitesi (%), SN: Solma noktası (%), OM: Organik madde (%), KDK: Katyon değişim kapasitesi, cmol kg⁻¹, Na: Değişebilir sodyum, me 100g⁻¹, Ca+Mg: Değişebilir kalsiyum+ değişebilir magnezyum, me 100g⁻¹, AS: Agregat stabilitesi (%), DO: Dispersiyon oranı (%), EO: Erozyon oranı (%), TTK: Yapay yağış koşulları ve % 15 eğim altında ölçülen toplam toprak kaybı, kg da⁻¹. *p< 0.05, ** p< 0.01

Toprak Kayıplarını Belirlemek için Geliştirilen Pedotransfer Eşitlikler

Toprak kaybı değerlerini, ölçülen erozyona karşı duyarlılık parametreleri ile bazı fiziko-kimyasal toprak özelliklerinden yararlanarak belirlemek üzere Stepwise analizi yapılmıştır. Bu analiz sonuçları ve korelasyon matrisleri dikkate alınarak toprak kaybını tahmin etmek üzere Çizelge 5’de sunulan 6 adet pedotransfer eşitlik geliştirilmiş ve bu tabloda eşitliklerin performanslarını ölçmede kullanılan determinasyon katsayıları (r²) da verilmiştir. Elde edilen eşitliklerin bileşenleri AS, DO ve EO parametrelerinin yanında kimyasal toprak özelliklerinden OM, KDK ve değişebilir Ca+Mg olmuştur. Benzer şekilde pek çok araştırmacı tarafından da PTF fonksiyonlar kullanılarak tahmin edilmeye çalışılan çeşitli parametreler için söz konusu toprak özelliklerinden yararlanılmıştır (Bagarello ve ark., 2009; Gomes ve ark., 2017; Qiao ve ark., 2018; Alaboz ve İşıldar, 2019).

Çizelge 5. Toprak kayıplarını tahmin etmek için geliştirilen pedotransfer eşitlikler

Pedotransfer eşitlikler	r ²
[Eş.1] $TK = 19511.61 - 103.89AS$	0.77
[Eş.2] $TK = 12214.70 - 81.72AS + 233.76DO$	0.90
[Eş.3] $TK = 11726.99 - 81.94AS + 175.27DO + 108.32EO$	0.90
[Eş.4] $TK = 18611.47 - 69.46AS - 33.97DO + 216.61EO - 1473.89OM$	0.95
[Eş.5] $TK = 21513.91 - 155.96AS - 108.38DO + 369.20EO + 19.20OM - 103.65Ca + Mg$	0.96
[Eş.6] $TK = 23732.08 - 159.98AS - 121.32DO + 339.28EO + 310.01OM + 380.23KDK - 496.28Ca + Mg$	0.97

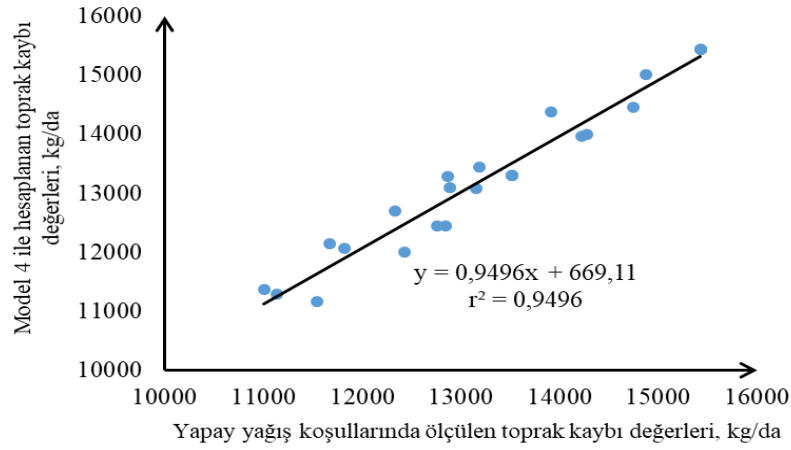
TK: Toprak kaybı

Çizelge 5’de görüldüğü üzere Eşitlik 1’in bileşenini agregat stabilitesi oluşturmuş ve bu eşitliğin r² değeri 0.77 olarak belirlenmiştir. Eşitlik 2 oluşturulurken Eşitlik 1’in denklem bileşenine DO parametresi eklenmiş ve r² değeri 0.90’a yükselmiştir. Eşitlik 3’de AS, DO ve EO aşınabilirlik parametreleri birlikte yer alırken r² değeri sabit kalmıştır. Eşitlik 4’de aşınabilirlik parametrelerine kimyasal toprak özelliklerinden OM eklenmiş ve r² değeri 0.95’e yükselmiştir. Eşitlik 5’de OM ve değişebilir Ca+Mg olmak üzere iki tane kimyasal toprak özelliği

yer alırken r^2 değeri 0.96 olmuştur. Son olarak da Eşitlik 5'e KDK parametresi ilave edilerek Eşitlik 6 elde edilmiş ve bu çalışmada r^2 değeri 0.97 olarak hesaplanmıştır.

Eşitliklere ait determinasyon katsayıları incelendiğinde, hepsinin istatistiksel olarak önemli bulunduğu fakat toprak kaybı değerini tahmin etmede r^2 değerlerinin farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Toprakların erozyona karşı duyarlılıklarını değerlendirmede kullanılan parametreler ve toprak kayıplarını tahmin etme güçleri irdelendiğinde söz konusu parametrelerin etkinliklerinin AS ($r^2 = 0.77$) > DO ($r^2 = 0.52$) > EO ($r^2 = 0.50$) şeklinde sıralandıkları saptanmıştır. Bir başka ifade ile AS parametresi diğer parametrelere göre daha etkin bulunmuştur. Agregat stabilitesi toprakların aşınabilirliğini kontrol eden temel toprak özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Cerdá, 1996). Daba Fufa ve ark. (2002), yapay yağış koşullarında tahmin eşitlikleri kullanılarak hesaplanan kayıp miktarı ile AS arasında yüksek bir ilişki belirlemiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre, bu çalışmada toprak kayıplarını belirlemek üzere Eşitlik (4) " $TPK = 18611.47 - 69.46AS - 33.97DO + 216.61EO - 1473.89OM$ " tercih edilebilir. Eşitlik 5 ve Eşitlik 6 daha yüksek r^2 değerine sahip olmalarına rağmen determinasyon katsayısındaki artış çok küçük olup toprak kayıplarındaki değişimi açıklama oranına katkısı da düşük seviyededir. Diğer taraftan değişken sayısının artması standart hatanın da büyümesine neden olmaktadır. Bu nedenlerden dolayı 0.95 r^2 değerine sahip Eşitlik 4'ün seçimi Havza toprakları için uygun görülmüştür. Çalışmada ölçülen toprak kaybı değerleri ile seçilen modelle tahmin edilen toprak kaybı değerleri arasındaki ilişki ve bu ilişkiye ait determinasyon katsayısı ise Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Ölçülen ve kullanılması önerilen toprak kaybı tahmin eşitliği ile belirlenen toprak kaybı değerleri arasındaki ilişkiler

Sonuç

Bu çalışmada, belirli koşullar altında yağışla meydana gelen toprak kaybının, bazı aşınabilirlik göstergeleri ile toprak özellikleri kullanılarak pedotransfer eşitlikleri ile tahmin edilebilirliği araştırılmıştır. Araştırma sonucunda, tek başına toprak kayıp miktarını en iyi açıklayan bileşenin AS olduğu ve doğru denklem parametrelerinin seçimi ile geliştirilecek olan PTFs'in yöre topraklarında meydana gelecek kayıpları gerçeğe yakın bir şekilde tahmin edebileceği ortaya konulmuştur. Eşitlikteki bağımsız değişkenlerle bağımlı değişken arasındaki ilişkiyi ortaya koymak için determinasyon katsayıları (r^2) hesaplanmıştır. Elde edilen pedotransfer eşitliklerinin tahminleme performansları seçilen bağımsız değişkenlere göre farklılık göstermiştir.

Topraklar yaşayan dinamik sistemlerdir. Toprakların karmaşık doğası ve ölçüm tekniklerine bağımlı olarak veri kümelerinin farklı özellikler taşıması nedeniyle, toprak kayıplarını kalite parametreleri ve pedotransfer eşitlikleri kullanarak belirlemek üzere yürütülecek çalışmalarda değişik sonuçlarla karşılaşılabilirliği düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Akalan İ, 1967. Toprak fiziksel özellikleri ve erozyon. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yıllığı, (3-4): 490-503.
 Akalan İ, 1974. Toprak ve su muhafazası. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 532, Ankara.
 Alaboz P, Işıldar AA, 2019. Pedotransfer fonksiyonların (Ptf's) bazı toprak fiziksel özellikleri için değerlendirilmesi. Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi, 1(1): 28-34.
 Bagarello V, Di Stefano C, Ferro V, Giordano G, Iovino M, 2009. A pedotransfer function for estimating the soil erodibility factor in Sicily. J. of Ag. Eng. - Riv. di Ing. Agr. 3: 7-13.
 Bayraklı F, 1987. Toprak ve bitki analizleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Yayın no:17, s:77.

- Black CA, 1965. Methods of soil analysis: Part I, physical and mineralogical properties. American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Bouma J, 1989. Using soil survey data for quantitative land evaluation. *Advances in Soil Science*, 9: 177-213.
- Bryan RB, 1968. The development, use and efficiency of indices of soil erodibility. *Geoderma*, 2(1): 5-26.
- Canbolat M, 1999. Bazı toprak nem karakteristiklerinin tane büyüklük dağılımı ve organik karbon içeriğinden tahmin edilmesi. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 30(2): 113-119.
- Candemir F, Gülser C, 2012. Influencing factors and prediction of hydraulic conductivity in fine-textured alkaline soils. *Arid Land Research and Management*, 26(1): 15-31.
- Cassol EA, da Silva TS, Eltz FLF, Levien R, 2018. Soil erodibility under natural rainfall conditions as the K factor of the universal soil loss equation and application of the nomograph for a subtropical Ultisol. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 42:e0170262.
- Cebel H, Akgül S, Doğan O, Elbaşı F, 2013. Türkiye büyük toprak gruplarının erozyona duyarlılık "K" faktörleri. *Toprak Su Dergisi*, 2(1): 30-45.
- Cerdá A, 1996. Soil aggregate stability in three Mediterranean environments. *Soil Technology*, 9(3): 133-140.
- Çimrin KM, Boysan S, 2006. Van yöresi tarım topraklarının besin elementi durumları ve bunların bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(2): 105-111.
- Daba Fufa S, Strauss P, Schneider W, 2002. Comparison of erodibility of some Hararghe soils using rainfall simulation. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 33 (3-4): 333-348.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.
- Eraslan S, İmamoğlu A, Coşkun A, Saygın F, Dengiz O, 2016. İnebolu Havzası topraklarının erozyon duyarlılıklarını belirlenmesinde agregat ve strüktür stabilite durumları, arazi örtüsü ile olan ilişkileri. *TÜCAUM Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14 Ekim, Ankara.
- Erpul G, Çanga MR, 2001. Toprak erozyon çalışmaları için bir yapay yağmurlama aletinin tasarım prensipleri ve yapay yağış karakteristikleri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 7(1): 75-83.
- Faucette LB, Risse LM, Nearing MA, Gaskin JW, West LT, 2004. Runoff, erosion and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall. *Journal of Soil and Water Conservation*, 59(4), 154-160.
- Gomes A da S, Ferreira AC de S, Pinheiro EFM, de Menezes MD, Ceddia MB, 2017. The use of pedotransfer functions and the estimation of carbon stock in the Central Amazon Region. *Sci. Agric.* 74(6): 450-460.
- Gülser C, Candemir F, 2014. Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3(1): 77-81.
- Gülser C, Ekberli İ, 2019. Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.
- Hillel D, 1982. Introduction to soil physics. Elsevier Academic Press, U.S.A.
- Jing K, Wang WZ, Zheng FL, 2005. Soil erosion and environment in China. Science Press, Beijing.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3.
- Kacar B, 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, No: 453.
- 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(2): 123-134.
- Kara Z, 2012. Farklı orijinli organik atıklardan ayrılan bazı mineral maddelerin toprak profili boyunca taşınımı. Yüksek Lisans Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Karagöktaş D, Yakupoğlu T, 2014. Erozyon araştırma sahasına dönüştürülmesi planlanan bir alanda aşınabilirlik ve toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 2(1): 6-12.
- Karaoğlu M, Çanga MR, 2002. The consecutive simulated rainfall, slope and phosphogypsum's effects on runoff and erosion. *International Conference on Sustainable Land Use and Management*, 282-289, 10-13 June, Çanakkale, Turkey.
- Kars N, Ekberli İ, 2019. Buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerin uygulanabilirliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 153-164.
- Kılıç M, Yönter G, 2005. Yağışla meydana gelen toprak kaybının yüzey akış miktarı ve süresine bağlı değişiminin modellenmesi. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.* 42(1): 97-106.
- Lal R, 1988. Soil erosion research methods. Soil and Water Conservation Society, Iowa-USA.
- Lal R, Pierce FJ, 1991. Soil management for sustainability. Soil and Water Conservation Society, Ankeny, Iowa, U.S.A.
- Leo WM, 1963. A rapid method for estimating structural stability of soils. *Soil Science*, 96(5): 342-346.
- Martinez F, Casermeiro MA, Morales D, Cuevas G, Walter I, 2003. Effects of run-off water quantity and quality of urban organic wastes applied in a degraded semi-arid ecosystem. *Sci. Total Environ.* 305(1-3): 13-21.
- Metson AJ, 1961. Methods of chemical analysis for soil survey samples. Soil Bureau Bulletin No: 12, New Zealand Department of Scientific and Industrial Research, pp. 168-175, Government Printer: Wellington, New Zealand.
- Miller WP, Baharuddin MK, 1987. Interrill erodibility of highly weathered soils. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 18: 933-945.
- Ngatunga ELN, Lal R, Singer MJ, 1984. Effect of surface management on runoff and soil erosion from some plot Milangano, Tanzania. *Geoderma*, 33:1-12.
- Özdemir N, 1998. Toprak fiziği. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Yayınları, Ders Kitabı No: 30.

- Özdemir N, 2013. Toprak ve su koruma. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 22, Samsun.
- Parlak M, Yiğini Y, Ekinci H, 2014. Çanakkale Umurbey Ovası topraklarının erozyona duyarlılığının mevsimsel değişimi. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 2 (1): 123-131.
- Qiao J, Zhu Y, Jia X, Huang L, Shao M, 2018. Development of pedotransfer functions for predicting the bulk density in the critical zone on the Loess Plateau, China. Journal of Soils and Sediments, <https://doi.org/10.1007/s11368-018-2040-1>.
- Rowell DL, 1996. Soil science methods and applications. Wesley Longman Limited, Harlow, U.K.
- Sağlam M, 2013. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler ile toprak özelliklerinin gruplandırılması. Toprak Su Dergisi, 2(1): 7-14.
- Wang B, Zheng F, Römkens MJM, Darboux F, 2013. Soil erodibility for water erosion: a perspective and Chinese experiences. Geomorphology, 187:1-10.
- Wischmeier WH, Smith DD, 1978. Predicting rainfall erosion losses: a guide to conservation planning. The USDA, Agricultural Handbook, No: 537, Maryland.
- Yakupoğlu T, 2010. Samsun ili Minoz ve Gölet Havzalarında yaygınlık gösteren toprakların su erozyonuna duyarlılıklarının laboratuvar koşullarında belirlenmesi. Doktora Tezi, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Yakupoğlu T, Saltalı K, Karagöktaş M, 2012. Narlı Ovası'nda toprak aşınabilirliğinin pedotransfer yaklaşım ile tahminlenmesi. KSÜ Doğa Bil. Dergisi, 15(2): 59-67.
- Yakupoğlu T, Şişman AÖ, Gündoğan R, 2015. Toprakların agregat stabilitesi değerlerinin yapay sinir ağları ile tahminlenmesi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 2(2): 83-92.

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.

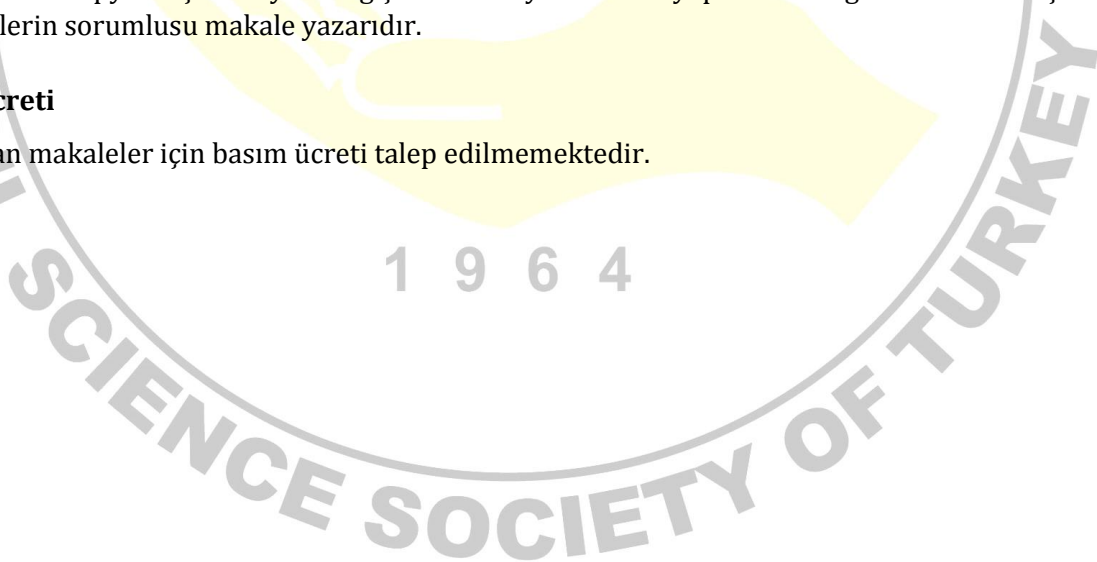
Kabul Sonrası

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.