



**2022**

Cilt/Volume : **10**

Sayı/Number : **1**

eISSN : 2146 - 8141

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

Türkiye Toprak Bilimi  
Derneği Yayınıdır

# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

( Journal of Soil Science and Plant Nutrition )





# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



## SAHİBİ

Dr. Ayten NAMLI, Ankara Üniversitesi, Ankara

## EDİTÖRLER KURULU BAŞKANLARI

Dr. Coşkun GÜLSER  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

Dr. Rıdvan KIZILKAYA  
Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun

## BÖLÜM EDİTÖRLERİ

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

## EDİTÖRLER KURULU

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

## DERGİ HAKKINDA

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

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



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

(Açık Erişimli Hakemli Bilimsel Dergi)

Türkiye Toprak Bilimi Derneği tarafından yayınlanmaktadır



YIL: 2022

CİLT : 10

SAYI : 1

SAYFA : 1 - 90

## İÇİNDEKİLER

### ARAŞTIRMA MAKALELERİ

- İkinci ürün olarak yetiştirilen fasulye çeşitlerinin bitki aksamının besin değerleri** 1  
*Leyla İdikut, Esra Odabaşoğlu, Duygu Uskutoğlu*
- Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait topraklardan elde edilen *Beet soil-borne virus* izolatlarının kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu** 10  
*Ebru Erkan, Nazlı Dide Kutluk Yılmaz*
- Polimer ve hümik asit uygulamalarının toprağın strüktürel gelişimi üzerine etkileri** 19  
*Hachim Kassım, Nutullah Özdemir*
- Bor uygulamasının şeker pancarında çimlenme ve erken gelişim dönemindeki etkilerinin araştırılması** 29  
*Negar Ebrahim Pour Mokhtari, Nihan Tazebay Asan, Ferhat Kızılgeçi*
- Damla sulama uygulamalarının ceviz bahçelerinde toprak tuzluluğuna etkisinin belirlenmesi** 34  
*Miray Ötken, Tolga Erdem*
- Çok kriterli karar verme ve doğrusal kombinasyon tekniği ile arazilerin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi pilot çalışma; Ankara-Gölbaşı özel çevre koruma alanı ve yakın çevresi** 44  
*Orhan Dengiz, İsmail Fatih Ormancı, Barış Özkan*
- Bursa siyahı incir (*Ficus carica* L.)'de P, K, Ca ve Mg besin elementlerinin mevsimsel değişimleri** 58  
*Derya Bay Erkanat, Atilla Levent Tuna*
- Farklı arazi kullanım türlerinde sınırlandırılmış su aralığının değerlendirilmesi ve makine öğrenme algoritmalarıyla tahmini** 69  
*Pelin Alaboz, Orhan Dengiz, Serkan İç, Fikret Saygın*
- Toprağın bazı ısı parametrelerinin maksimum toprak sıcaklığıyla ilişkisi** 82  
*İmanverdi Ekberli, Coşkun Gülser*



## İkinci ürün olarak yetiştirilen fasulye çeşitlerinin bitki aksamının besin değerleri

**Leyla İDİKUT\***, **Esra ODABAŞIOĞLU**, **Duygu USKUTOĞLU**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kahramanmaraş

### Özet

Fasulye bitkisi taze, konserve ve kuru tanesi için üretimi yapılmaktadır. Kahramanmaraş koşullarında ikinci ürün ekimi yapılan 11 fasulye çeşidi, havaların Kasım ayında soğuması nedeniyle, yeşil baklaları hasat edilmiştir. Baklalar alındıktan sonra kalan bitki aksamının yem veya toprağa sağlayacağı katkılar dikkate alınarak besin değerleri incelenmiştir. Araştırmada kullanılan fasulye çeşitlerinin bitki aksamının kurutulmuş ağırlığı, kuru madde oranı, Protein, Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum), K (Potasyum), P (Fosfor), ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif), ADP (Asit Deterjanda Çözünmeyen Protein), NDF (Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif) oranları araştırılmıştır. Bitki kalıntılarının kurutulmuş bitki ağırlığı 1202.5 – 217.3 kg/da, kuru madde oranı %89.54-88.92, protein oranları %17.09-8.49, Ca %1.91-1.42, Mg %0.67-0.51, K %1.23-0.55, P %0.30-0.21, ADF %76.70-38.03, ADP %1.46-0.9 NDF %66.74-46.39 olarak tespit edilmiştir. Bitki aksamının yem olarak değerlendirilmesinin yanı sıra, toprağa organik madde sağlaması ve bitki köklerinde oluşan nodozite yardımıyla toprağa azot bağlaması sayesinde kışlık ekilecek bitki için çok iyi bir ön bitki olacağı düşünülmüştür.

**Anahtar Kelimeler:** Fasulye, ikinci ürün, bitki kalıntıları, kimyasal içeriği

### Nutritional values of plant residues of bean varieties grown as second crops

### Abstract

Bean plant is produced for fresh, canned and dried grain. The green pods of 11 bean varieties, which were grown in Kahramanmaraş conditions as second crops, were harvested due to the cold weather in November. After the fresh pods are taken, the nutritional values of the plant residues were examined by taking into account the contribution they will make to the feed or soil. In the plant residues of bean varieties used in the research, the dry weight of plant residue, ratio of dry matter, Protein, Ca (Calcium), Mg (Magnesium), K (Potassium), P (Phosphorus), ADF (Fiber Insoluble in Acid Detergent), ADP (Protein Insoluble in Acid Detergent), NDF (Insoluble Fiber in Neutral Detergent) ratios were investigated. At the end of the research, it was noted that the average values were varies plant residues weight from 1202.5 to 217.3 kg/de, dry matter ratio from 89.54 to 88.92%, protein from 17.09 to 8.49%, Ca from 1.91 to 1.42%, Mg from 0.67 to 0.51%, K from 1.23 to 0.55%, P from 0.30 to 0.21%, ADF from 76.70 to 38.03%, ADP from 1.46 to 0.9%, NDF from 66.74 to 46.39%. It was thought that it would be a very good pre-plant for the plant to be planted in winter, as it provides organic matter to the soil and fixes nitrogen to the soil with the help of nodosity formed in the plant roots. In addition to being used as fodder.

**Keywords:** Bean, second crops, residues of plant, chemical content

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Dünyanın çok farklı bölgelerinde yetiştiriciliği olan fasulyenin anavatanının Güney Amerika olduğu, Avrupa'ya 16'ncı yüzyılın başlarında getirildiği, Türkiye'de ise fasulye tarımının yaklaşık 250 yıl öncesinden beri yapıldığı bilinmektedir (Nemli, 2013). İnsanların besin gereksinimini karşılama yönünden, baklagiller grubunda bulunan fasulye bitkisi önemlilik arz etmektedir. Fasulye bitkisi, besin değerinin yüksek olması, taze, konserve ve kuru olmak üzere ticaretinin yapılması, mutfakların vazgeçilmez yemeği olması, Türkiye'de ve dünyada bol miktarda tüketimi yapılan önemli bir tarla bitkisidir.

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (344) 300-2159

E-posta : [leylaidikut@gmail.com](mailto:leylaidikut@gmail.com)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 27 Ağustos 2021

Kabul Tarihi : 19 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.987716

Sürdürülebilir tarım ve çevrecilik yönünden baklagillerin günümüz tarımına katkısı büyüktür. Baklagil bitkileri topraktan besin alımı sırasında, kök nodozitelerini oluşturarak *Rhizobium* bakterileri sayesinde havanın serbest azotunu köklerine bağlayarak, kendi gereksinimini karşılaması yanında kendinden sonraki bitkiye de, bir miktar azot bırakmaktadır (Voisin ve ark., 2014). Genellikle bir baklagil mahsulü ile sabitlenen nitrojenin yaklaşık üçte ikisi, bir baklagil rotasyonundan sonraki büyüme mevsimindeki bitki için kullanışlı hale gelir (Deakin ve Broughton, 2009). Bu nedenle baklagiller iyi bir ekim nöbeti bitkisi olarak görülür. Fasulye bitkisi, diğer tarla bitkileriyle rotasyona tabi tutulması, ekilebilir alanlarda gübre ve enerji kullanımının azalması ve dolayısıyla sera gazı salınımını da azaltmasında önemli rolü üstlenmektedir (Deakin ve Broughton 2009; Stagnari ve ark. 2017). Baklagillerin azotlu ticari gübre kullanımını azaltması, toprağı organik madde yönünden zenginleştirmesi, toprağı havalandırması ve toprağın su tutma kapasitesini arttırmasının yanı sıra, ekim nöbetine giren bitkiler için bir yılda iki ürün alınmasını sağlayarak ekonomik avantaj da oluşturmaktadır. Yemelik dane baklagillerin sap ve samanında düşük selüloz bulunmasıyla, hayvan beslenmesinde de önemli rol oynamaktadır. Bitki artıklarının yem olarak kullanılması da diğer bir katkı katkısını oluşturmaktadır. Fasulye bitkisinin bitki sapı, yaprakları, bakla kabukları küçük ölçekli hayvansal işletmeler için önemli olduğu ve bitki kalıntılarının bileşeninin verimi ve besleyici değeri, iyileştirilmiş genotiplerin seçimi sırasında dikkate alınmalıdır (Asfaw ve Blair, 2014; Beebe ve ark., 2013; Blümmel ve ark., 2012; Mekbib, 2002; Tullu ve ark., 2001; Dejene ve ark. 2018). Bitkilerin aralarındaki farklılığı ortaya koyan bitkilerin anatomik yapısı ve kimyasal kompozisyonlarıdır. Bu nedenle buğdaygiller veya baklagiller arasında serin ve sıcak mevsim bitkileriyle, aynı tür içinde yer alan genotipler arasında besleme değeri farklılığı olabilmektedir. Tanesi için yetiştirilen fasulye bitkisi, birçok buğdaygil bitki türü ile birlikte yetiştirilerek, hayvan beslemede silaj olarak kullanıldığı ve samanı ile öne çıkan alternatif bir kaba yem kaynağı kullanıldığı bilinmektedir. Fasulyenin bitki kalıntılarının kimyasal içeriği üzerinde yapılan çalışmaların oldukça az olduğu dikkate değerdir. Tahıl ve baklagil bitkilerinde tane veriminden öden vermeden, bitki kalıntılarının besin değeri dikkate alınarak yem olarak değerlendirilmelidir (Kafilzadeh ve Maleki, 2012; Nigam ve Blümmel, 2010; Prasad ve ark., 2010; Singh ve ark., 2003). Tarımı yapılan ürünlerin, ticari olarak kullanılan üretim materyallerinden arta kalan bitki aksamalarının toprağı sağlayacağı katkı ve besin değerinin bilinmesi (de Tonissi e Buschinelli de Goes ve ark., 2013) üreticinin kullanım alanları hakkında bilgisini artmasını sağlayacaktır. Fasulye bitkisi soğuga tolerans göstermeyen ılıman iklim bitkisi olduğundan, çimlenme için optimum 18 °C toprak sıcaklığına ve 20-25 °C gelişim sıcaklığına ihtiyaç duymaktadır. Bitki gelişiminin 15 °C nin altındaki sıcaklıkta azalması, 32 °C nin üstünde ise döllenenin engellenmesi, verim kaybına neden olmaktadır (Porch ve Jahn, 2001). Fasulye bitkisinin Akdeniz iklimine sahip yerlerde genellikle ilkbaharda (I. Ürün olarak) yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bu çalışmada, Kahramanmaraş bölgesinde fasulye çeşitleri sonbahar (II. Ürün olarak) yetiştiriciliği yapılarak, kışın ekilecek bitkiye ön bitki olarak katkı sağlaması, tane ürün olarak adaptasyon yeteneğinin araştırılması düşünülerek, fasulye çeşitlerinin baklaları alındıktan sonra, kalan bitki aksamının besin değerleri incelenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

Denemede kullanılan araştırma materyali Türkiye'deki araştırma enstitülerinden ve ticari firmalardan temin edilmiştir. Araştırmada Karacaşehir 98, Bermaz, Önceler 98, Akman 98, Topçu, Noyanbey 98, Göksun, Göynük 98, Aras 98, Yunus 90, Alberto fasulye çeşitleri kullanılmıştır. Araştırmada, Akdeniz iklimi etkisi gösteren Kahramanmaraş koşullarında yürütülmüştür. Deniz seviyesinden 568 m yüksekte olan Kahramanmaraş ilinin 2018 yılında araştırmanın yürütüldüğü Ağustos, Eylül, Ekim ve Kasım aylarına ait aylık minimum (23.2, 21.0, 14.6, 9.2 °C), maksimum (36.8, 34.7, 26.4, 17.6 °C), ortalama sıcaklık (29.1, 27.2, 19.8, 2.7 °C), ortalama nispi nem (% 48.3, 38.4, 51.5, 66.7) ve yağış (4, 8, 45, 70 mm) değerleri kaydedilmiştir (Anonim, 2018a). Toprak özellikleri, saturasyon, pH, tuz (%), kireç (%), organik madde (%), potasyum (mg/kg), fosfor (mg/kg) değerleri 0-30 cm derinlik için sırasıyla 85.80, 7.28, 0.30, 1.00, 2.08, 266.8, 10.46 olarak belirlenmiştir (Anonim, 2018b). Deneme alanının toprak yapısı hafif alkali ve killi bünyeye sahip, organik maddece orta seviyede, hafif tuzlu ve kireçli, fosfor ve potasyumca yeterli seviyeye sahip olduğu tespit edilmiştir.

Deneme alanında ön bitki olarak buğday bitkisi yetiştirilmiştir. Buğday hasadından sonra tarla pullukla sürülmüştür. Ekim öncesi ikinci sınıf tarım aletleriyle sürülerek, sonrasında tapan çekilerek ekime hazır hale getirilmiştir. Araştırma 7 Ağustos 2018 tarihinde, 50 cm sıra arası ve 10 cm sıra üzeri mesafe, 5 metre uzunluğundaki parsellere 4 sıra halinde, üç tekerrürlü olarak el ile ekilmiştir. Ekimden önce 6 kg/da fosfor ve 2,3 kg/da azot gübresi uygulanmıştır. Ekimin tamamlanmasıyla birlikte, damla sulama sistemi kurularak sulama yapılmıştır. Bitkiler 15 cm boyuna ulaştığında 3,7 kg/da azot gübre uygulaması yapılmıştır. Yabancı

ot mücadelesi için 3 kez elle çapası yapılmıştır. Fasulye bitkisinin gelişimini sürdürdüğü dönemde Ağustos ve Eylül aylarında yağışın yok denecek kadar az olması nedeniyle toplam 12 kez damla sulama sistemi yaklaşık 7 saat çalıştırılarak sulanmıştır. Kuru tane hasadı için fasulye çeşitlerinin fizyolojik olumunun yetersiz olması nedeniyle, 6-10 Kasım tarihlerinde yeşil baklaları alınmış her parselin orta iki sıraları topraktan elle sökülerek, bitki aksamı üzerinde gözlem, ölçüm ve analizler yapılmıştır.

Hasat edilen fasulye çeşitlerin baklaları hariç bitki aksamı 105°C sıcaklıkta 72 saat tutularak fırında kurutulmuştur. Kurulmuş örnekler sonra un haline getirilmiştir. Un halinde alınan 48 örneğin Laboratuvar analinde FOSS 6500 NIR sistem cihazında WINISI paket programı kullanılarak yapılmıştır. Çalışmada bitki aksamının kuru ağırlığı, kuru madde miktarı, Protein, Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum), K (Potasyum), P (Fosfor), ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif), ADP (Asit Deterjanda Çözünmeyen Protein), NDF (Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif) oranları araştırılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlarının istatistiksel analizinde, çeşit ortalamaları SAS paket programı kullanılarak, anova prosedürüne göre varyans analizi yapılarak, Duncan (P<0.05) çoklu testine göre ortalamalar karşılaştırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Kahramanmaraş koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen on bir fasulye çeşidinin kurutulmuş ağırlığı, kuru madde oranı, Protein, Ca (Kalsiyum), Mg (Magnezyum), K (Potasyum), P (Fosfor), ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif), ADP (Asit Deterjanda Çözünmeyen Protein), NDF (Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif) oranlarına ait ortalama değerler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Fasulye çeşitlerinin kurutulmuş ağırlığı, kuru madde oranı, protein, kalsiyum, magnezyum oranlarına ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Çeşitler	Bitki aks. kurut. ağırlığı, kg da <sup>-1**</sup>	Kuru madde (%)*	Protein (%)**	Kalsiyum (%)*	Magnezyum (%)*
<b>Karacaşehir 98</b>	623.7 bc	88.92 b	17.09 a	1.86 a	0.59 abc
<b>Bermaz</b>	217.3 d	89.35 ab	10.56 cd	1.50 b	0.52 bc
<b>Önceler 98</b>	1202.5 a	89.39 ab	12.89 bc	1.67 ab	0.56 abc
<b>Akman 98</b>	546.3 cd	88.98 b	14.64 ab	1.86 a	0.62 abc
<b>Topçu</b>	534.0 cd	88.97 b	10.80 bcd	1.91 a	0.67 a
<b>Noyanbey 98</b>	530.0 cd	88.97 b	14.35 abc	1.88 a	0.64 ab
<b>Göksun</b>	509.9 cd	89.32 ab	8.49 d	1.49 b	0.53 bc
<b>Göynük 98</b>	868.7 abc	89.26 ab	13.00 bc	1.74 ab	0.56 abc
<b>Aras 98</b>	711.0 bc	89.44 a	10.59 cd	1.42 b	0.51 c
<b>Yunus 90</b>	960.3 ab	89.54 a	13.58 abc	1.69 ab	0.53 bc
<b>Alberto</b>	474.2 cd	88.93 b	10.95 bcd	1.61 ab	0.52 bc

Çizelge 2. Fasulye çeşitlerinin potasyum, fosfor, ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif), ADP (Asit Deterjanda Çözünmeyen Protein), NDF (Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif) oranlarına ait ortalama değerler ve oluşan gruplar

Çeşitler	Potasyum (%)*	Fosfor (%)*	ADF (%)**	ADP (%)*	NDF (%)**
<b>Karacaşehir 98</b>	1.23 a	0.30 a	38.03 d	1.09 bcd	46.39 c
<b>Bermaz</b>	0.94 abc	0.24 ab	51.78 ab	1.17 a-d	61.69 ab
<b>Önceler 98</b>	0.76 cd	0.25 ab	45.78 bcd	1.06 cd	54.52 bc
<b>Akman 98</b>	0.93 a-d	0.26 ab	42.49 cd	1.15 bcd	52.06 bc
<b>Topçu</b>	0.55 d	0.21 b	51.29 ab	1.40 ab	60.64 ab
<b>Noyanbey 98</b>	0.89 a-d	0.29 a	47.00 bc	1.46 a	55.40 bc
<b>Göksun</b>	1.11 abc	0.21 b	76.70 a	1.27 abc	66.74 a
<b>Göynük 98</b>	0.83 bcd	0.24 ab	44.16 bcd	1.07 cd	52.70 bc
<b>Aras 98</b>	1.12 abc	0.22 b	47.39 bc	1.14 bcd	58.30 ab
<b>Yunus 90</b>	1.19 ab	0.26 ab	40.47 cd	0.9 d	46.55 c
<b>Alberto</b>	0.86 a-d	0.22 b	51.36 ab	1.26 abc	61.77 ab

## Kurutulmuş Bitki Aksamı

Farklı fasulye çeşitleri ile yürütülen araştırmada fasulye bitkisinin yeşil baklaları alındıktan sonra kalan bitki aksamının kurutulmuş ağırlığı 217.0-1202.5 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiği kaydedilmiştir. Çeşitler arasında bitki aksamının kurutulmuş ağırlığı yönünden istatistiki olarak önemli farklılıkların olduğu belirlenmiştir. Önceler 98 çeşidi en yüksek 1202.5 kg da<sup>-1</sup> bitki aksamı ağırlığı ile Göynük 98 ve Yunus 90 çeşitleri hariç diğer çeşitlerden istatistiki olarak önemli derecede farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir. En düşük bitki

aksamının 217.3 kg da<sup>-1</sup> ile Bermaz çeşidinde kaydedildiği, Bermaz çeşidi ile Akman 98, Topçu, Noyanbey 98, Göksun ve Alberto çeşitleri arasında istatistiki olarak önemli farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Karacaşehir 98 ve Aras 98 çeşitleri arasında istatistiki farklılığın olmadığı aynı geçiş grubunda yer aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). [Kılınç ve Uslu \(2021\)](#) Kahramanmaraş-Afşin koşullarında 70 fasulye genotiplerinde kuru ot veriminin 129,7-978,0 kg da<sup>-1</sup>, [Budak \(2017\)](#) fiğ kuru ot verimi Iğdır koşullarında 644,7-741,3 kg da<sup>-1</sup> [Dejene ve ark. \(2018\)](#) Ethiopia'da dört farklı yerde fasulye sap ve bakla kabuğunun ağırlığının 74-254 kg da<sup>-1</sup> arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Yem kaynakları içinde baklagillerin olması hayvansal besini artırmanın yanında, birim alan verimi de artıracaktır.

### Kuru Madde Oranı

Fasulye çeşitleri kuru madde yönünden 2 grup oluşturduğu ve %88.92-89.54 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek KM değeri % 89.54 ile Yunus 90 çeşidinde olup onu ikinci sırada %89.44 ile Aras 98 çeşidinin takip ettiği ve aynı grupta yer aldığı kaydedilmiştir. Kuru madde oranı yönünden Önceler 98, Bermaz, Göksun, Göynük 98 çeşitleri sırasıyla %89.39, %89.35, %89.32, %89.26 değerlere sahip olduğu, aynı geçiş grubunda yer aldığı ve istatistiki olarak Yunus 90 ve Aras 98 çeşitlerinden önemli farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. En düşük kuru madde oranı %88.92 ile Karacaşehir 98 çeşidinden elde edilmiştir. Karacaşehir 98 çeşidi Yunus 90 ve Aras 98 çeşitleri ile istatistiki olarak önemli farklılık oluştururken diğer çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 1). Daha önceki yıllarda yapılan; [Kavak \(2019\)](#) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde bazı astragalus taksonlarının hasadından sonra kuru kadde oranını %88.92-91.04 arasında, [Kaplan ve ark. \(2014\)](#) farklı yem bezelyesi genotiplerinde kuru madde oranını %77.73-82.39, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında kuru madde oranının %91.08 – 87.94 arasında değiştiği belirtilmiştir. Kuru madde miktarı bitki türüne, alınma zamanına ve iklim koşullarına göre farklılık gösterdiği daha önceki araştırmacıların bulgularından da anlaşılmaktadır.

### Protein Oranı

Araştırmada kullanılan fasulye çeşitlerinin bitki aksamındaki protein değerleri %8.49-17.09 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek protein değeri %17.09 ile Karacaşehir 98 çeşidinden elde edilmiştir. Protein değerleri bakımından Akman 98, Noyanbey 98, Yunus 90 çeşitleri sırasıyla %14.64, %14.35, %13.58 değerler ile geçiş grubunda yer aldığı istatistiki olarak Karacaşehir 98 çeşidinden önemli farklılık oluşturmadığı belirtilmiştir. En düşük protein değeri % 8.49 ile Göksun çeşidinden elde edildiği, Göksun çeşidi, Bermaz, Topçu, Alberto çeşitleri hariç diğer çeşitlerden istatistiki olarak önemli farklılıklar göstermiştir. Önceler 98 ve Göynük çeşitlerinin aynı geçiş grubunda yer aldığı kaydedilmiştir (Çizelge 1). [Kılınç ve Uslu \(2021\)](#) Kahramanmaraş Afşin bölgesinde çalışmasında fasulye hasadından sonra bitki aksamında protein oranını %5.65-14.64, [Cebeci ve ark. \(2017\)](#) Çanakkale koşullarında farklı sıra aralığında Sakız fasulye çeşidinin sapındaki protein oranı %10.0-13.7, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında protein oranının % 4.40%-7.37 arasında olduğunu belirlemişlerdir. Önceki yıllardaki çalışmalardan bitki türüne, iklim, toprak yapısına ve uygulama faktörlerine göre farklılıklar oluşturduğu görülmektedir.

### Kalsiyum Oranı

İkinci ürün olarak denenen fasulye çeşitlerinde Ca oranı yönünden çeşitlerin 2 grup oluşturduğu ve %1.42-1.91 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek Ca değeri %1.91 ile Topçu çeşidinden elde edildiği, önemsiz bir farkla %1.88 ile Noyanbey 98, %1.86 ile Akman 98 ve Karacaşehir 98 çeşitlerinin izlediği ve aynı grupta yer aldığı kaydedilmiştir. Ca değerleri yönünden Göynük 98, Yunus 90, Önceler 98 ve Alberto çeşitleri sırasıyla %1.74, %1.69, %1.67, %1.61 değerlerinin oluşturduğu, aynı geçiş grubunda yer aldığı belirtilmiştir. Ca değeri yönünden en düşük değer %1.42 ile Aras 98 çeşidinden elde edilmiştir. Aras 98 çeşidini %1.49 Göksun, %1.50 Bermaz, %1.61 Alberto, %1.67 Önceler 98, %1.69 Yunus 90, %1.74 Göynük 98 çeşitlerinin izlediği ve aralarında istatistiki olarak önemli farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir (Çizelge 1). [Özbahçe \(2008\)](#) Konya ekolojik koşullarındaki fasulye çeşitlerine Mangan uygulaması sonucu Ca miktarını %1.32-1.94 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Daha önceki yıllarda yapılan diğer bitki türlerinde, [Çaçan ve ark. \(2012\)](#) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde yeşil ot değerlerinde Ca oranını %1.09-1.61, [Kavak \(2019\)](#) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde bazı astragalus taksonlarının Ca oranını %0.96-2.14, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında Ca oranının % 0.93 3.33 arasında değiştiği kaydedilmiştir. Literatür sonuçları, uygulanan besin element miktarı, bitki taksonları ve ekolojik koşullar Ca oranında değişikliğe neden olduğunu ifade etmektedir.

## Magnezyum Oranı

Fasulye çeşidinin bitki aksamında incelenen Mg değerlerinin %0.51-0.67 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek Mg değeri %0.67 ile Topçu çeşidinden elde edilmiştir. Mg değerleri yönünden Noyanbey 98, Akman 98, Karacaşehir 98, Göynük 98, Önceler 98 çeşitleri sırasıyla % 0.64, %0.62, %0.59, %0.56 değerlerine sahip olduğu, geçiş grubunda yer aldığı ve istatistiksel olarak Topçu çeşidinden önemli farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Yunus 90, Göksun çeşitleri %0.53 ile Alberto, Bermaz çeşitleri %0.52 değerleriyle aynı geçiş grubunda yer almıştır. Mg değeri yönünden en düşük değer %0.51 ile Aras 98 çeşidinden elde edildiği belirtilmiştir (Çizelge 1). [Özbahçe \(2008\)](#) Konya ekolojik koşullarında fasulye çeşitlerine Mangan uygulamasında Mg oranının %0.191-0.266 arasında değiştiğini ifade etmiştir. Önceki yıllarda yapılan diğer bitki türlerinde, [Çaçan ve ark. \(2012\)](#) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde yeşil ot değerlerinde Mg oranını %0.22-0.31, [Kavak \(2019\)](#) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde bazı astragalus hasadından sonra Mg oranını %0.30-0.53, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında Mg oranının % 0.20-1.24 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Daha önceki araştırmalardan anlaşıldığı gibi, uygulanan besin element miktarı, bitki taksonları, ekolojik koşullar, hasat zamanı Mg oranlarında değişiklik oluşturmaktadır.

## Potasyum Oranı

İkinci ürün olarak denenen fasulye çeşitlerinin bitki aksamının K değerleri %0.55-1.23 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek K değeri %1.23 ile Karacaşehir 98 çeşidinden elde edilmiştir. K değerleri yönünden Karacaşehir 98 çeşidi ile Önceler 98, Topçu ve Göynük 98 çeşitleri arasında istatistiksel olarak önemli farklılığın olduğu, diğer çeşitlerle arasında istatistiki önemli farklılığın olmadığı kaydedilmiştir. En düşük %0.55 ile K değerine sahip olan Topçu çeşidi, Noyanbey 98, Akman 98, göynük 98 ve Alberto çeşitleri arasında istatistiksel fark oluşturmaz iken, diğer çeşitler arasında önemli istatistiki farklılık oluşturduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). [Özbahçe\(2008\)](#) Konya ekolojik şartlarında fasulye çeşitlerine Mangan uygulaması sonucu potasyum oranının %0.73-3.82 arasında değiştiğini tespit etmiştir. Diğer bitki türlerinde [Çaçan ve ark. \(2012\)](#) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde yeşil ot değerlerinde K oranını %1.76-2.54 arasında, [Kavak \(2019\)](#) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde bazı astragalus hasadından sonra K oranını %0.57-2.23, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında K oranının % 0.73-2.24 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Yapılan araştırmalardan da görüldüğü gibi K oranının örnekle zamanına, bitki türüne ve uygulanan bitki besin elementine göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

## Fosfor Oranı

Fasulye çeşitlerinin bitki aksamındaki P değerinin %0.21-0.30 arasında değiştiği ve 2 farklı grup oluşturduğu belirlenmiştir. En yüksek P değeri %0.30 ile Karacaşehir 98 çeşidinde olup onu ikinci sırada %0.29 ile Noyanbey 98 çeşidinin takip ettiği ve aynı grupta yer aldığı kaydedilmiştir. En düşük P değeri %0.21 ile Topçu ve Göksun çeşitlerinden elde edildiği, onu ikinci %0.22 ile Alberto ve Aras 98 çeşitlerinin izlediği belirlenmiştir. Topçu çeşidi Karacaşehir 98 ve Noyanbey 98 çeşitleri ile istatistiki olarak önemli farklılık oluştururken diğer çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. Bermaz, Önceler 98, Akman 98, Göynük 98, Yunus 90 çeşitleri P değerleri yönünden kendi aralarında istatistiki farklılık oluşturmayıp, aynı geçiş grubunda yer almışlardır (Çizelge 2). [Özbahçe \(2008\)](#) Konya ekolojik koşullarında fasulye çeşitlerine Mangan uygulamasında P içeriğini %0.27-0.45 arasında değiştiğini belirlemiştir. Diğer bitki türlerinde [Çaçan ve ark. \(2012\)](#) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde yeşil ot değerlerinde P oranını %0.29-0.35, [Kavak \(2019\)](#) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde astragalus hasadından sonra P oranını %0.25-0.45, [Zulkadir ve İdikut \(2021\)](#) Kahramanmaraş koşullarında Kinoa bitki aksamında P oranının % 0.22-0.30 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Daha önceki çalışmalardan da anlaşıldığı gibi P içeriğinin bitki türüne, uygulama faktörlerine, ekolojik koşullara, toprak yapısı ve taksonların yapısına göre farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

## ADF (Asit Deterjanda Çözünmeyen Lif)

Araştırmada kullanılan fasulye çeşitlerinin bitki aksamındaki ADF değerlerinin %38.03-56.70 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ADF değeri %56.70 ile Göksun çeşidinden elde edilmiştir. Bermaz, Alberto ve Topçu çeşitleri sırasıyla %51.78, %51.36, %51.29 değerleri ile aynı geçiş grubunda yer aldığı ve istatistiksel olarak Göksun çeşidinden önemli farklılık oluşturmadığı belirtilmiştir. ADF değeri yönünden en düşük değer ise % 38.03 ile Karacaşehir 98 çeşidinde belirlenmiştir. Karacaşehir 98 çeşidini %40.47 Yunus 90, %42.49 Akman 98, %44.16 Göynük 98, %45.78 Önceler çeşitlerinin izlediği aralarında



istatistiki olarak önemli farklılığın olmadığı, diğer çeşitler ile Karacaşehir 98 çeşit arasında istatistiksel farklılıkların olduğu tespit edilmiştir. Aras 98 ve Noyanbey 98 çeşitleri sırasıyla %47.39, %47.00 değerleri ile aynı geçiş grubunda yer aldığı kaydedilmiştir (Çizelge 2). ADF değerlerinin kaba yem kalite standartlarını belirlemede önemli olduğu, ADF değerlerinde en iyi kalite sınıfının <%31 olduğu, birinci sınıfın %31-35 arasında, 5. Sınıf ise >%45 ile en düşük kaba yem değerine sahip olduğu bilinmiştir (Güney, 2016). Yürütülen araştırmada bazı çeşitlerin ADF değerlerinin orta düzeyde olduğu Çizelge 2'den görülmektedir. Kılınc ve Uslu (2021) Kahramanmaraş Afşin bölgesindeki kuru fasulye hasadından sonra ADF oranının %28.00-58.00, Dejene ve ark. (2018) Ethiopia'da dörk farklı yerde ADF değerlerinin 502-585 g kg-1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. ADF değerleri yemin kalitesini belirlemede önemli bir ölçüt olarak kullanıldığından, diğer bitkilerde daha önce yapılan çalışmalarda ADF değerlerinin Koivisto ve ark. (2003) İngiltere'de yürütülen çalışmada erken ve geç dönem hasadı yapılan soya fasulyesinin ADF oranının %31.5-57.8 arasında değiştiği, Cebeci ve ark. (2017) Çanakkale koşullarında Sakız fasulyesinin farklı sıra aralığındaki ot verim uygulamasında ADF oranının %24.1-21.6, Gebreyowhna ve Gebremeskel (2014) Etiyopya koşullarında bürülcede ADF oranını %47.0-57.2, Çağan ve ark. (2012) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde ADF oranlarını %30.1-37.36, Temel ve ark. (2015) Iğdır ekolojik koşullarında adi fiğin hasadından sonra ADF değerlerini %28.94-35.71 arasında değiştiğini kaydetmişlerdir. Literatür değerlerinin bitki türüne, hasat zamanına, ekolojik koşullara ve taksonların yapısına göre değişiklik gösterdiği belirlenmiştir.

### ADP (Asit Deterjanda Çözünmeyen Protein)

İkinci ürün olarak denenen fasulye çeşitlerinin bitki aksamını ADP değerlerinin %0.9-1.46 değerleri arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek ADP değeri % 1.46 ile Noyanbey 98 çeşidinden elde edilmiştir. ADP değerleri bakımından Topçu, Göksun, Alberto ve Bermaz çeşitleri sırasıyla %1.40, %1.27, %1.26, %1.17 değerlere sahip olduğu, geçiş grubunda yer aldığı ve Noyanbey 98 çeşidinden önemli farklılık oluşturmadığı kaydedilmiştir. ADP değerleri bakımından en düşük % 0.9 değerine Yunus çeşidinin sahip olduğu belirlenmiştir. Akman 98, Aras 98, Karacaşehir 98, Göynük 98, Önceler 98 çeşitleri sırasıyla %1.15, %1.14, %1.09, 1.07, 1.06 değerlere sahip olduğu, aynı geçiş grubunda yer aldığı ve Yunus çeşidi ile aralarında istatistiki olarak önemli farklılık olmadığı görülmüştür (Çizelge 2). Kılınc ve Uslu (2021) Kahramanmaraş-Afşin koşullarında 70 farklı fasulye çeşitlerinin tane hasadından bitki kalıntılarındaki NDF oranı %28.00-58.00 arasında değiştiğini bildirmiştir. Daha önceki yıllarda yapılan diğer bitki türlerinde; Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki çayır mera taksonlarında çiçeklenme döneminde yaş ot örneği alınan bitkilerin kurutulması ile ADP değerlerini Yalçınkaya (2019) %0.38-1.28, Çakıştır (2019) %0.7-1.12, Kavak (2019) Güneydoğu Anadolu Bölgesi bölgesinde bazı astragalus taksonlarının %0.64-1.40, Başbağ (2018) Diyarbakır ekolojik koşullarında buğdaygil yem bitkilerinin çiçeklenme dönemindeki ot analizinde ADP değerlerini %0.08-0.63 arasında değiştiğini belirlemiştir. Literatür sonuçlarında ADP değerlerinin, bitki türüne, bitkinin hasat dönemine, ekolojik koşullara ve toprak yapısına göre değişiklik gösterdiği görülmektedir.

### NDF (Nötral Deterjanda Çözünmeyen Lif)

İkinci ürün olarak yetiştirilen fasulye çeşitlerinin bitki aksamına ait NDF değerlerin %46.39-66.74 arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek NDF değeri %66.74 ile Göksun çeşidinden elde edilmiştir. NDF değeri yönünden Bermaz, Alberto, Topçu ve Aras 98 çeşitleri sırasıyla %61.99, %61.77, %60.64, %58.30 değerlere sahip olduğu, aynı geçiş grubunda yer aldığı ve istatistiksel olarak Göksun çeşidinden önemli farklılık oluşturmadığı belirlenmiştir. NDF değerleri bakımından Noyanbey 98, Önceler 98, Göynük 98 ve Akman 98 çeşitleri sırasıyla %55.40, %54.52, %52.70, %52.06 değerlerine sahip olduğu, aynı geçiş grubunda yer aldığı ve Göksun çeşidinden istatistiki olarak önemli farklılık oluştururken, diğer çeşitler arasında istatistiksel olarak önemli farklılık oluşturmadığı kaydedilmiştir. NDF değeri yönünden en düşük değer %46.39 ile Karacaşehir 98 çeşidinde belirlendiği ve onu ikinci sırada %46.55 ile Yunus 90 çeşidinin izlediği kaydedilmiştir. Karacaşehir 98 ve Yunus 90 çeşitleri Akman 98, Göynük 98, Önceler 98 ve Noyanbey 98 çeşitleri ile istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturmazken diğer çeşitler arasında istatistiki olarak önemli farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Güney (2016) kaba yem kalite standartlarına göre NDF değerlerinde en iyi kalite sınıfının <%40 altı, birinci sınıfın %40-46 arasında, beşinci sınıfın ise >%65 ile en düşük kaba yem değerine sahip olduğunu ifade etmiştir. Araştırmada kullanılan fasulye çeşitlerinin bazılarının bitki artıklarının NDF değerleri yönünde oldukça iyi düzeyde olduğu Çizelge 2'den görülmektedir. Dejene ve ark. (2018) Ethiopia'da fasulye genotiplerinin dörk farklı yerde NDF değerlerinin 648-739 g kg-1, Kılınc ve Uslu (2021) Kahramanmaraş-Afşin koşullarında 70 farklı fasulye çeşitlerinin tane hasadından bitki kalıntılarındaki NDF oranı %48,15-80,00 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. NDF değerleri yemin kalitesini belirlemede önemli bir ölçüt olarak kullanıldığından, diğer bitkilerde daha önce yapılan

çalışmalarda NDF değerlerini Koivisto ve ark. (2003) İngiltere’de yürütülen çalışmada erken ve geç dönem hasadı yapılan soya fasulyesinde NDF oranının %43.5-72.8 arasında değiştiğini, Cebeci ve ark. (2017) Çanakkale koşullarında Sakız fasulyesinde farklı sıra aralıklarındaki ot verimi uygulamasındaki NDF oranını %48.9-37.8 arasında, Gebreyohnas ve Gebremeskel (2014) Etiyopya koşullarında börülce bitkisinde NDF oranı %56.3-60.7, Çakıştır (2019) Güneydoğu Anadolu bölgesindeki çayır mera taksonlarındaki çiçeklenme döneminde alınan yaş otun kurutulmuş örneklerinde NDF oranını %33.68-51.23, Çağan ve ark. (2012) Diyarbakır ekolojik şartlarında doğal meralardan toplanan yonca türlerinde NDF oranını %38.9-49.8 arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Daha önceki çalışmalardan da anlaşıldığı gibi, bitki türüne, alınan materyalin gelişme düzeyine ve alınma zamanına, iklim ve toprak yapısı ve taksonların yapısına göre farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

## Sonuç

Buğday hasadından sonra boş kalan alanın değerlendirilmesi amacıyla, Akdeniz iklimine sahip Kahramanmaraş bölgesinde ikinci ürün olarak 11 fasulye çeşidinin yetiştiriciliği yapılarak, taze fasulye baklaları hasat edildikten sonra kalan bitki aksamının besin içeriği incelenmiştir. Fasulye bitkisinin yeşil baklaları hariç, kurutulmuş bitki aksamında % 8-17 protein değeriyle, buğday samanından daha yüksek protein değerini göstermesi, ADF, ADP ve NDF değerlerinin orta düzeyde kaba yem özelliklerine sahip olması, Akdeniz iklimine sahip bölgelerde yem kaynaklarını artmasına katkı sağlayacaktır. Fasulye bitkisi kazık köklü bir bitki olduğu için kökleri derinlere iner ve toprağın doğal olarak işlenmesine neden olur. Köklerinde oluşan nodoziteler hasatta toprakta kalarak toprağı organik madde yönünden zenginleştirmektedir. Organik tarım açısından toprağı katkı sağladığı ve devamında ekilecek bitki için azot bıraktığı göz önüne alındığında, taze fasulye yetiştiriciliğinin kışlık bitkilerin ön bitkisi olarak yaz mevsiminde tarımının yapılabileceği öngörülmüştür. Fasulye bitkisinin, bitki artıklarının kimyasal içeriği konusunda literatür kısıtlılığı da dikkate alındığında, sonraki çalışmalara yön vermesi ve bilime de katkı sağlayacağı düşünülmüştür.

## Teşekkür

Bu çalışma Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Fonu tarafından (Proje no : 2018/5-9 YLS) desteklenmiştir.

## Kaynaklar

- Anonymous 2018a. Tarım ve Orman Bakanlığı, Kahramanmaraş İl Meteoroloji Müdürlüğü.
- Anonymous 2018b. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Laboratuvarı.
- Asfaw A, Blair MW, 2014. Quantification of drought tolerance in Ethiopian common bean varieties. *Agricultural Sciences* 5:124-139. DOI: 10.4236/as.2014.52016.
- Başbağ M, Çağan E, Sayar SM, 2018 Bazı Buğdaygil Bitki Türlerinin Yem Kalite Değerlerinin Belirlenmesi ve Biplot Analiz Yöntemi ile Özellikler Arası İlişkilerinin Değerlendirilmesi, *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 27 (2): 92-101.
- Beebe S, Rao I, Blair M, Acosta-Gallegos JA, 2013. Phenotyping common beans for adaptation to drought. *Frontiers in Physiology* 4:1-20. DOI: doi:10.3389/fphys.2013.00035.
- Blümmel M, Ratnakumar P, Vadez V, 2012. Opportunities for exploiting variations in haulm fodder traits of intermittent drought tolerant lines in a reference collection of groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Field Crops Research* 126:200-206.
- Budak F, 2017. İğdir ekolojik şartlarında bazı Macar fiğ (*Vicia pannonica* Crantz) çeşitlerinin verim ve verim komponentlerinin belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 2017;20,28-32. Doi : 10.18016/ksudobil.348894.
- Cebeci G, Alatürk F, Gökkuş A, Birer S, 2017. Yen Üretimi Amacıyla Yetiştirilen Sakız Fasulyesinde (*CyamopsisTetragonoloba* (L.) Taub.) Farklı sıra Aralıklarının Ot verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*,(Özel Sayı),126-129,2017.
- Çağan E, Başbağ M, Aydın A, 2012. Diyarbakır İli Doğal Meralarından Toplanan Bazı Tek Yıllık Yonca Türlerinde (*Medicago* spp. ) Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, *Tr. Doğa Fen Derg. Tr. J. Nature Sci.* 1 (1): 34-38.
- Çakıştır Ö, 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çayır-Mera ve Doğal Vejetasyonlarda Yetişen Bazı *Trifolium* Taksonlarında Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, *Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır* 63s.
- Deakin WJ, Broughton WJ, 2009. Symbiotic use of pathogenic strategies: Rhizobial protein secretion systems. *Applied Soil Ecology*. 7:312-320

- Dejene M, Dixon RM, Duncan A J, Wolde-meskel E, Walsh KB, McNeil D, 2018. Variations in seed and post-harvest residue yields and residues quality of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a ruminant feedstuff. *Animal Feed Science and Technology*. 244, 42–55. Doi:10.1016/j.anifeedsci.2018.07.017.
- De Tonissi e Buschinelli de Goes RH, Klein KW, Martinhago LH, de Oliveira ER, da Silva Brabes KC, de Menezes Gressler MG, Yoshiraha MM, de Oliveira RT, Leite dos Santos EM, 2013. Common beans (*Phaseolus vulgaris* L.) in the rations for cattle in feedlot. *Agricultural Sciences* 4:774-780. Doi: 10.4236/as.2013.412106
- Güney M, Bingöl NT, Aksu T, 2016. Kaba Yem Kalitesinin Sınıflandırılmasında Kullanılan Göreceli Yem Değeri ve Göreceli Kaba Yem İndeksi, Atatürk Üni.Vet.Bil.Derg. 2016 11(2) :254-258
- Gebreyowhans S, Gebremeskel K, 2014. ForageProductionPotentialAndNutritive Value Of Cowpea (*VignaUnguiculata*) GenotypesInTheNorthern Of Ethiopia. *Journal Of AgriculturalResearchAnd Development*, Vol. 5 (4) : 66-71s.
- Kafilzadeh F, Maleki E, 2012. Chemical composition, in vitro digestibility and gas production of straws from different varieties and accessions of chickpea. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition* 96:111-118.
- Kavak B, 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çayır-Mera Doğal Vejetasyonlarında Yetişen Bazı *Astragalus*Taksonlarında Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 61s.
- Kaplan M, Kökten K, Arslan M, Özdemir S, Seydoşoğlu S, 2014. Comparison of Forage Contents of Different Forage Pea (*Pisum arvense*) Genotypes, 5. Turkey 5th Seed Congress with International Participation and Sectoral Business Forum, Diyarbakır, Türkiye : 363-368.
- Kılınc İ, Uslu ÖS, 2021. Karasal İklim Şartlarında Bazı Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Genotiplerinin Kuru Otlarının Hayvan Yemi Olarak Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*. 10 (1): 224-235. doi.org/10.46810/tdfd.878801.
- Koivisto JMTE, Devine GPF, Lane C, Sawyer A, Brown HJ, 2003. ForageSoybeans (*Glycinemax* L. Merr.) in the United Kingdom: test of newcultivars. *Agronomie*.
- Mekbib F, 2002. Simultaneous selection for high yield and stability in common bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *The Journal of Agricultural Science* 138:249-253.
- Nemli S, 2013. Determination of Mapping with DNA Markers Controlled Some Agronomic Characters of Economic Important on Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Doctoral Thesis, Ege University Institute of Science and Technology, Izmir.
- Nigam S, Blummel M, 2010. Cultivar-dependent variation in food-feed-traits in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Animal Nutrition and Feed Technology* 10S:39-48. ISSN 0974-181X. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijo>.
- Özbahçe A, 2008. Konya ekolojik koşullarında Akman-98 bodur kuru fasulye çeşidinin verim ve verim unsurları ile besin elementleri içeriğine mangan uygulamasının etkisi , Konya Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü,Toprak Ana Bilim Dalı, Doktora Tezi, 138s
- Prasad KVS, Khan AA, Vellaikumar S, Devulapalli R, Ramakrishna Reddy Ch, Nigam SN, Blummel M, 2010. Observations on livestock productivity in sheep fed exclusively on haulms from ten different genotypes of groundnut. *Animal Nutrition and Feed Technology*. 10(S): 121-126. ISSN 0974-181X. <http://www.indianjournals.com/ijor.aspx?target=ijor:anft&volume=10s&issue=spl&article=014>.
- Porch TG, Jahn MM, 2001. Effects of High TemperatureStress on Microsporogenesis in Heat Sensitive and Heat Tolerant Genotypes of *Phaseolus Vulgaris*. *Plant, Cell and Environment*, 24:723-731. DOI:10.1046/j.1365-3040.2001.00716. xCorpus ID:85601079.
- Singh B, Ajeigbe H, Tarawali SA, Fernandez-Rivera S, Abubakar M, 2003. Improving the production and utilization of cowpea as food and fodder. *Field Crops Research* 84:169-177.
- Stagnari F, Maggio A, Galieni A, Pisante M, 2017. Multiple benefits of legumes for agriculture sustainability. *Chem Biol Technol Agric* 4:2. <https://doi.org10.1186/s40538-016-0085-1>.
- Temel S, Keskin B, Yıldız V, Kır AE, 2015 İğdır Ovası Taban Koşullarında Adi Fiğ (*ViciaSativa* L.) Çeşitlerinin Kuru Ot Verimi ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi, İğdır Üni. Fen Bilimleri Inst. Der. 5(3) : 67-76.
- Tullu A, Kusmenoglu I, McPhee K, Muehlbauer F, 2001. Characterization of core collection of lentil germplasm for phenology, morphology, seed and straw yields. *Genetic Resources and Crop Evolution* 48:143-152.
- Voisin AS, Guéguen J, Huyghe C, Jeuffroy MH, Magrini MB, Meynard JM, Mougé C, Pellerin S, Pelzer E, 2014. Legumes for feed, food, biomaterials and bioenergy in Europe: a review. *Agron. Sustain.* 34:361–380 Doi 10.1007/s13593-013-0189-y.

Yalçinkaya H, 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Çayır-Mera Doğal Vejetasyonlarında Yetişen Bazı Vicia Taksonlarında Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Dicle Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Diyarbakır, 66s.

Zulkadir G, İdikut L, 2021. The impact of various sowing applications on the nutritional value of Quinoa Dry Herb. *Jornal Food Process Preservation*. Doi: 10.1111/jfpp.15730



# Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait topraklardan elde edilen *Beet soil-borne virus* izolatlarının kılıf protein genine göre moleküler karakterizasyonu

✉ Ebru ERKAN, ✉ Nazlı Dide KUTLUK YILMAZ\*

Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, 55139 Atakum Samsun

## Özet

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), Türkiye'de şeker endüstrisinin hammaddesi olup, yaygın olarak yetiştirilmektedir. Pancar bitkisi, plazmodiophorid vektör *Polymyxa betae* tarafından taşınan bazı toprak kaynaklı virüsler tarafından enfekte edilmektedir. Taksonomik olarak *Virgaviridae* familyası içinde yer alan ve *Pomovirus* cinsine ait *Beet soil-borne virus* (BSBV) ve *Beet virus Q* (BVQ) şeker pancarında enfeksiyon oluşturan toprak kökenli virüs türleridir. Bu virüslerden BSBV, Türkiye'de ilk olarak 2003 yılında kayıt edilmiş ve daha sonra şeker pancarı üretim alanlarında oldukça yaygın olduğu (% 49.8) belirlenmiştir. Bu çalışmada, BSBV ile bulaşık 10 toprak örneği coğrafik orjinlerine göre rastgele seçilmiş ve bu toprak örneklerinden tuzak bitki testi yöntemiyle elde edilen izolatlar, moleküler yönden analiz edilmiştir. BSBV kılıf protein (CP) genine spesifik primerler ile uygulanan RT-PCR yöntemi ve elde edilen DNA ürünlerinin baz dizi analizi sonrasında, tüm BSBV izolatlarının CP bölgelerinin 495 nükleotit ve 164 amino asit (aa) içerdiği tespit edilmiştir. İlginç bir şekilde, farklı lokasyonlardan elde edilen 9 BSBV izolatı birbirleriyle karşılaştırıldığında, bu izolatların aa düzeyinde % 100 benzer oldukları saptanmıştır. Bununla birlikte, Yozgat ilinden elde edilen YZT-355S izolatının, diğer izolatlarla aa benzerlik oranının % 98.17 olduğu ve 92., 121. ve 122. pozisyonlarda yer alan aa'lerin diğer Türkiye izolatları ve daha önce tanımlanan BSBV dünya izolatlarından farklılık sergilediği tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra, 24 BSBV izolatının (bu çalışmadan 10 ve GenBank'tan 14) filogenetik analizi, tüm izolatların I, II, III ve IV olmak üzere dört ana grupta toplandığını göstermiştir. Grup I'e ait Türkiye izolatları iki alt gruba (alt grup a ve c) ayrılırken, diğer Türkiye izolatları grup III ve grup IV içerisinde yer almışlardır.

**Anahtar Kelimeler:** BSBV, CP, RNA-2, RT-PCR, Sekans analizi

## Molecular characterization based on coat protein gene of *Beet soil-borne virus* isolates obtained from the soils of sugar beet growing areas in Turkey

## Abstract

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is widely grown in Turkey as a raw material for the sugar industry. The beet plant is infected by some soil-borne viruses, which are transmitted by the plasmodiophorid vector *Polymyxa betae* Keskin. Among the members of the genus *Pomovirus* in the family *Virgaviridae*, *Beet soil-borne virus* (BSBV) and *Beet virus Q* (BVQ) only infect sugar beet. In Turkey, BSBV was the first reported in 2003 and then was found to be very common (49.8%) in the sugar beet production areas. In the current study, 10 BSBV-infested soil samples were randomly selected according to their geographic origin, and the isolates derived from the soil samples by bait plant technique were molecularly analyzed. RT-PCR performed using BSBV-CP specific primers and sequence analysis revealed that the CP regions of all Turkish BSBV isolates consisted of 495 nucleotides and 164 amino acid (aa) residues. Interestingly, 9 BSBV isolates obtained from different locations had the same aa identity (100%) when those isolates were compared with each other. However, the isolate YZT-355S obtained from Yozgat province shared 98.17% aa identity with the corresponding sequences of other isolates, and had differences at the 92., 121. and 122. aa positions of the CP region when compared with other Turkish and previously identified BSBV isolates in the world. Besides this, phylogenetic analysis of 24 BSBV isolates (10 from this study and 14 retrieved from GenBank) showed that all isolates were clustered in four main groups, I, II, III and IV. Turkish isolates belonged to group I were divided into two subgroup (subgroup a, c) while the other Turkish isolates were clustered into group III and group IV.

**Keywords:** BSBV, CP, RNA-2, RT-PCR, Sequencing

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919  
E-posta : nazlik@omu.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 26 Ocak 2022 e-ISSN : 2146-8141  
Kabul Tarihi : 21 Mayıs 2022 DOI : 10.33409/tbbbd.1062915

## Giriş

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.) *Amaranthaceae* familyasında yer alan iki yıllık, yüksek verimli bir endüstri bitkisi olup, Türkiye’de şeker sanayinin hammaddesi olarak kullanılmaktadır. Türkiye, 336.348 ha alanda gerçekleştirilen 23.025 milyon tonluk üretim ile Fransa, Almanya, Amerika Birleşik Devletleri ve Rusya’nın ardından dünyada beşinci sırada yer almaktadır (Anonymous, 2020).

Türkiye’de şeker ve şeker pancarı, kota sistemine göre üretildiğinden, hedeflenen şeker pancarı üretiminin aksamaması büyük önem taşımaktadır. Bu üretimin gerçekleşmesinde en başta verim ve kalitesi yüksek çeşitlerin ekimiyle birlikte, uygun üretim tekniklerini uygulayarak ve bitki koruma tedbirlerini alarak, maksimum verim temini temel hedeftir. Şeker pancarı üretiminde verimi olumsuz etkileyen sebepler arasında hastalıklar önemli bir yere sahiptir. Günümüzde hem ülkemizde, hem de dünyada toprak kökenli virüs hastalıkları pancar üretimini tehdit etmektedir. Nitekim, *Beet soil-borne virus* (BSBV) bu hastalıklara sebep olan başlıca virüsler arasında yer almakta olup, toprakta yaşayan vektör protozoa *Polymyxa betae* Keskin tarafından taşınmaktadır (Ivanovic ve ark., 1983).

BSBV, dar bir konukçu çevresine sahip olup, ıspanak (*Spinacia oleracea* L.), *Chenopodium quinoa* L. ve *Beta* cinsine ait türleri enfekte edebilmektedir (Henry ve ark., 1986). Bu virüs, tarımsal açıdan en önemli konukçusu olan şeker pancarında, ilk olarak 1980’lerin ortalarında İngiltere’de rapor edilmiştir (Henry ve ark., 1986). Takiben, tüm Avrupa (Meunier ve ark., 2003), Türkiye (Meunier ve ark., 2003; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016), Orta Doğu (Mouhanna ve ark., 2002), İran (Farzadfar ve ark., 2002), ABD (Lindsten ve Rush, 1994), Çin (Wang ve ark., 2008), Fas (Nouayti ve ark., 2019), Brezilya (Camelo-Garcia ve ark., 2019) ve yakın zamanda ise Japonya’da (Nakagami ve ark., 2022) varlığı kayıt edilmiştir.

Taksonomik sınıflandırmaya göre BSBV, *Virgaviridae* familyasının *Pomovirus* cinsi içerisinde gruplandırılmıştır (Adams ve ark., 2009). Bu cinsin tipik üyesi *Potato mop-top virus* (PMTV) (Savenkov ve ark., 1999) olup, *Broad bean necrosis virus* (BBNV) (Lu ve ark., 1998), *Colombian potato soil-borne virus* (CPSbV) (Gil ve ark., 2016), şeker pancarını enfekte edebilen bir diğer tür *Beet virus Q* (BVQ) (Koenig ve ark., 1998) cinsin diğer türleri arasında yer almaktadır. Bu türlere ek olarak, patatesten enfeksiyon oluşturan *Pomovirus* benzeri başka bir virüsün de kısmi baz dizisi elde edilmiş, *Soil-borne virus 2* (SbV2) olarak adlandırılmış ve geçici olarak bu gruba dahil edilmiştir (Gil ve ark., 2016).

BSBV, pozitif polariteli, üç adet tek iplikli RNA içeren (RNA-1, RNA-2, RNA-3) rijit çubuk şeklinde partiküllerden oluşmaktadır (Barbarossa ve ark., 1992; Savenkov, 2021). RNA-1, replikasyonla ilgili proteinleri (Koenig ve Loss, 1997); RNA-2, kılıf protein (CP) ve CP-readthrough (CP-RT) proteinlerini kodlamaktadır (Koenig ve ark., 1997). En küçük segment olan RNA-3’den ise üçlü (triple) gen bloğu proteinleri (TGBp 1, 2 ve 3) sentezlenmekte ve bu proteinler virüs partiküllerinin hücreden hücreye taşınmasında görev almaktadır (Koenig ve ark., 1996).

BSBV şeker pancarında tek olarak enfeksiyona neden olabilmekle birlikte, aynı vektör ile taşınan ve rhizomania hastalığının etmeni olan *Benyvirus* cinsinden *Beet necrotic yellow vein virus* (BNYVV) ve/veya bir diğer *Pomovirus* üyesi BVQ ile ortak enfeksiyon da oluşturabilmektedir (Meunier ve ark., 2003). Bu virüslerin karışık enfeksiyonu sonucu bitkilerde oluşan tipik semptomların BNYVV’den kaynaklandığı; BSBV ve/veya BVQ’nun tek olarak pancarda belirgin bir semptom oluşumuna neden olmadığı ifade edilmektedir (McGrann ve ark., 2009). BNYVV ile enfekteli bitkilerin yapraklarının rengi açılarak fıstık yeşili bir renk almakta ve aşırı yan kök gelişiminden dolayı köklerde sakallanma oluşmaktadır (Özgür, 2003). Bununla birlikte, Koenig ve ark. (2000) BSBV’nin çok sayıda mutantının olmasından dolayı, aynı toprak örneğinde yetişen bitkilerde bile patojenisinde farklılık olabileceği ve bu sebeple BSBV’nin pancarda % 0 ile % 70 arasında verim kaybı oluşturabileceğini bildirmişlerdir.

Ülkemizde, daha önce yürütülen çalışmalarla, pancar üretim alanlarında toprak kökenli virüslerden BSBV, BNYVV ve BVQ’nun varlığı belirlenmiştir (Meunier ve ark., 2003; Kutluk Yılmaz ve Arli-Sökmen, 2010; Kutluk Yılmaz ve ark., 2016; Erkan ve Kutluk Yılmaz, 2017). Ayrıca, bu virüslerden, özellikle BNYVV’nin farklı genom segmentlerinin moleküler karakterizasyonları üzerinde detaylı çalışmalar yürütülmüştür (Kutluk Yılmaz ve ark., 2007, 2016, 2018; Özmen ve ark., 2020). Ancak, BSBV dünyada ve ülkemizde yaygın bir virüs türü olmasına rağmen, genetik çeşitliliği hakkındaki bilgiler sınırlıdır (Koenig ve ark., 1996, 1997; Koenig ve Loss, 1997; Moradi ve ark., 2021). Bu çalışmada, Türkiye’nin farklı coğrafik bölgelerinden elde edilen BSBV izolatlarının kılıf protein genom bölgesine göre moleküler karakterizasyonu hedeflenmiştir.

## Materyal ve Yöntem

### Toprak örnekleri

Daha önce yürütülen çalışma ile, Türkiye şeker pancarı üretim alanlarına ait incelenen toprak örneklerinin % 49.8'inin BSBV ile bulaşık olduğu saptanmıştır (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016). Bir önceki çalışmada BSBV ile bulaşık olarak belirlenen örnekler içerisinde, Türkiye'de 9 ilden coğrafik orjinlerine göre seçilen 10 toprak örneği bu çalışmanın ana materyalini oluşturmuştur (Şekil 1, Çizelge 1).



Şekil 1. Çalışmada kullanılan toprak örneklerinin temin edildiği iller. Kırmızı renkli ve numaralı alanlar, örneklerin temin edildiği illeri göstermektedir. 1:Edirne, 2:Bursa, 3:Eskişehir, 4:Afyonkarahisar, 5:Ankara, 6:Konya, 7:Yozgat, 8:Elazığ, 9:Iğdır.

Çizelge 1. Tuzak bitki testi çalışmalarında kullanılan toprak örnekleri ve temin edildikleri lokasyonlar

İl	İlçe	Köy	Örnek no
Afyonkarahisar	Dinar	İshaklı	259
Ankara	Ayaş	Mucar	617
Ankara	Türbealtı	Merkez	625
Bursa	Yenişehir	Çardak	148
Edirne	Merkez	Bosna	125
Elazığ	Kovancılar	Yazıbaşı	38
Eskişehir	Çifteler	Merkez	225
Iğdır	Karakoyunlu	Taşburun	9
Konya	Çeltik	Hacıosmanoğlu	373
Yozgat	Yenifakılı	Merkez	355

### Şeker pancarı tohumları

Bu çalışmada kullanılan şeker pancarı tohumları (cv. Ansa) Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Şeker Enstitüsü'nden temin edilmiştir.

### Tuzak bitki testi yöntemi

BSBV ile bulaşık 10 toprak örneği, tuzak bitki testi çalışmalarında kullanılmıştır (Şekil 1, Çizelge 1). Ayrıca, BSBV ve diğer toprak kökenli virüsler (BNYVV ve BVQ) ile bulaşık olmadığı bilinen (Kutluk Yılmaz ve ark., 2016), bir toprak örneği de negatif kontrol olarak denemelere dahil edilmiştir. Bu topraklar 1: 1 oranında steril kum ile karıştırılmıştır. Takiben, bu toprak-kum karışımları plastik saksılara doldurularak, her birine 10'ar adet şeker pancarı (cv. Ansa) tohumu ekilmiştir. Saksılar iklim odasına yerleştirilip, altı hafta süre ile 25°C gündüz ve 20°C gece sıcaklığında tutulmuş ve haftada bir kez Hoagland besin solüsyonu (Dijkstra ve De Jager, 1998) ile sulanmıştır. Daha sonra, her bir saksıda gelişen şeker pancarı bitkileri hasat edilmiş ve bitki kökleri musluk suyunda yıkanarak topraktan arındırılmıştır (Meunier ve ark., 2003). Takiben, bu bitkilerin kök bölgeleri alınmış ve RNA izolasyon çalışmalarında kullanılmak üzere ayrı ayrı etiketlenerek -80°C'deki derin dondurucuda muhafaza edilmiştir.

## Reverse-transkripsiyon-polimeraz zincir reaksiyonu (RT-PCR)

BSBV ile enfekteli (10 adet) ve sağlıklı bitkilerin köklerinden toplam RNA'lar RNeasy RNA İzolasyon Kiti (Qiagen) kullanılarak firmanın önerilerine göre izole edilmiştir. RNA-2 segmenti tarafından kodlanan CP geninin çoğaltılmasında, [Lennefors ve ark. \(2005\)](#)'nın belirttikleri BSBV/F (5'-CATTACGTCATCTGTTAAGATG-3') ve BSBV/R (5'-GGCGGAGCAGTTGATTGCTA-3') primerleri kullanılmıştır. RT-PCR çalışmaları iki aşamalı olarak yürütülmüştür. Öncelikle, RT basamağında Omniscript RT kiti (Qiagen) kullanılmış ve kit protokolü takip edilerek çalışmalar gerçekleştirilmiştir. Daha sonra, cDNA'ya dönüştürülmüş olan izolatların kılıf protein bölgesi, bu bölgeye spesifik primerler kullanılarak çoğaltılmıştır. Bu basamakta ise Phusion High-Fidelity DNA Polymerase (Thermo Fischer Scientific) enzimi kullanılmıştır. PCR reaksiyonu; 2.5 µl cDNA, 10 µl 5X GC Buffer, 1 µl dNTP mix (10 mM), her bir primerden (10 µM) 2.5 µl, 1.5 µl DMSO, 0.5 µl Phusion DNA Polymerase enziminden oluşmuştur. Toplam reaksiyon hacmi, RNase içermeyen su ile 50 µl'ye tamamlanmıştır. Amplifikasyonlar, 25 döngü olacak şekilde 98°C'de 30 s başlangıç denatürasyon basamağından sonra, 98°C'de 10 s, 54.2°C'de 30 s, 72°C'de 30 s ve 1 döngü 72°C'de 5 dk ile tamamlanmıştır.

PCR ürünleri TBE tampon çözeltisinde hazırlanan % 1'lik agaroz jelde (0.5 µg/ml ethidium bromür içeren) 90 mA sürekli akımda elektroforez yöntemi ile analiz edilmiştir. Jeldeki PCR fragmentlerinin analizi ise GelDoc 2000 (Biorad) görüntüleme sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

## Nükleotit dizi analizleri ve *Beet soil-borne virus* izolatlarının filogenetik ilişkilerinin araştırılması

Çoğaltımı sağlanan BSBV izolatlarına ait PCR ürünlerinden 40'ar µl ve önerilen konsantrasyonda hazırlanan (5 pmol) BSBV-spesifik primerler sekans analizinde kullanılmıştır. Sekans analizleri, Sanger Dizileme Yöntemine göre ticari bir firma (Genoks, Ankara) tarafından gerçekleştirilmiştir. Sekans analizi sonrasında, MEGA 7 programında ([Kumar ve ark., 2016](#)) Clustal W ([Thompson ve ark., 1994](#)) yöntemi kullanılarak BSBV izolatlarına ait her iki yönde (ileri ve geri) elde edilen ham sekans verileri hizalanmış, düzgün okunan kısımlar alınarak konsensus nükleotit dizileri oluşturulmuştur. Daha sonra, BSBV izolatlarına ait bu konsensus diziler; hem kendi aralarında, hem de NCBI'dan indirilen dünyadaki diğer BSBV izolatlarına ait sekans verileri ile BLAST analizine tabi tutularak genetik benzerlik veya farklılıkları ortaya konulmuştur. Ayrıca, Mega 7 yazılımında yer alan Tamura-Nei Modeli ([Tamura ve Nei, 1993](#)) kullanılarak izolatların genetik uzaklıkları belirlenmiş ve Maximum Likelihood (ML) algoritmasına göre ([Felsenstein, 1981](#)) filogenetik ağaç oluşturulmuştur. Filogenetik analizde 24 farklı BSBV izolatına ait sekans verisi (bu çalışmaya ait 10 ve GenBank'tan 14) kullanılmıştır (Çizelge 4). Bootstrap değeri olarak 1.000 alınmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

Doğada vektör *P. betae* ile taşınan ve taksonomik olarak *Benyvirus* ve *Pomovirus* cinsleri içerisinde sınıflandırılan toprak kökenli virüsler, önemli patojen gruplarından biri olup, şeker pancarında büyük ölçüde verim kaybına neden olabilmektedirler. Ayrıca bu virüsler vektörleri olan *P. betae*'nin kalın duvarlı dinlenme sporları içerisinde toprakta en az 15 yıl canlı kalabilmektedirler ([Mehrvar, 2009](#)). Nitekim toprak kaynaklı virüs türlerinden biri olan BVQ'nun ülkemiz pancar üretim alanlarında oldukça yaygın (% 88.35) olduğu tespit edilmiştir ([Erkan ve Kutluk Yılmaz, 2017](#)). Daha önce yürütülen bir diğer çalışma ile de, Türkiye'de yoğun olarak şeker pancarı yetiştirilen 32 ile ait, incelenen 632 toprak örneğinin % 49.8'inin BSBV ve % 38'inin ise BNYVV ile bulaşık olduğu saptanmıştır ([Kutluk Yılmaz ve ark., 2016](#)). Bu çalışmada, BSBV ile bulaşık olarak belirlenen örnekler içerisinde, coğrafik orjinlerine göre seçilen 10 örnekte (Çizelge 1) BSBV'nin CP bölgesine spesifik primerler ile yürütülen RT-PCR çalışmaları sonucunda, incelenen örneklerin tamamında BSBV için beklenen büyüklükte (495 bp) DNA ürünü elde edilmiştir (Sonuç gösterilmedi).

Daha sonra, farklı lokasyonlara ait 10 BSBV izolatının CP bölgesine ait PCR ürünlerinin nükleotit dizileri elde edilmiş ve bu diziler NCBI'a gönderilerek, OL870481-OL870490 kayıt numaraları altında GenBank'a kayıt edilmiştir (Çizelge 4). Bu çalışmada kullanılan BSBV izolatlarının RNA-2 genomik segmentine ait sekans analizi yapılan bölgenin uzunluğu 495 baz kadar olup, 164 aa kodlamakta ve CP bölgesinin tamamını içermektedir. İzolatların kendi aralarındaki genetik benzerliklerin incelenmesi amacıyla NCBI'daki BLASTn algoritması kullanılmıştır. Buna göre; IGR-9S ile ELZ-38S izolatlarının birbirleriyle, ESK-225S, AFY-259S ve ANK-625S izolatlarının ise kendi aralarında CP genine göre nükleotit düzeyinde % 100 benzer oldukları belirlenmiştir. Diğer beş BSBV izolatının ise nükleotit düzeyinde yüksek oranda (% 97.17-% 99.80) birbirleriyle benzerlik gösterdikleri tespit edilmiştir. Farklı coğrafik alanlardan elde edilen 10 BSBV izolatının CP gen bölgesinde farklılık belirlenen nükleotit pozisyonları Çizelge 2'de gösterilmiştir.



Almanya'ya ait Ahlum izolatu (U64512) referans alınarak oluşturulan bu çizelgede, Türkiye izolatlarının maksimum 17 pozisyonda birbirlerinden farklılık sergilediği tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. BSBV izolatlarının kılıf protein bölgesinde farklılık belirlenen nükleotit pozisyonları [Almanya'ya ait Ahlum izolatu (U64512) referans olarak kullanılmıştır]

Ülke	İzolatu adı	Nükleik asit pozisyon numaraları																
		33	36	60	72	99	120	153	168	171	183	192	194	201	204	207	225	227
Almanya	Ahlum	A	T	A	T	T	C	G	A	G	T	T	C	C	C	A	T	A
Türkiye	EDR-125S	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	A	.	.	.	.	.
Türkiye	BRS-148S	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	.	A	.	T	.	.	.
Türkiye	YZT-355S	.	.	.	A	C	.	.	G	.	.	.	A	.	T	.	C	.
Türkiye	IGR-9S, ELZ-38S	.	.	.	.	C	.	.	G	.	.	.	A	.	T	.	C	.
Türkiye	KNY-373S	.	.	.	.	C	.	.	G	.	.	.	A	.	.	.	.	.
Türkiye	ANK-617S	G	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.
Türkiye	ESK-225S, AFY-259S, ANK-625S	.	.	.	.	C	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.

Çizelge 2.Devam

Ülke	İzolatu adı	Nükleik asit pozisyon numaraları																
		246	264	274	297	318	329	351	360	361	364	393	396	415	441	447	456	495
Almanya	Ahlum	G	A	G	G	C	T	A	G	G	G	C	C	A	T	C	A	G
Türkiye	EDR-125S	.	.	.	.	T	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Türkiye	BRS-148S	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Türkiye	YZT-355S	.	.	A	.	.	.	.	A	A	A	.	T	.	A	T	.	.
Türkiye	IGR-9S, ELZ-38S	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	A	T	.	.
Türkiye	KNY-373S	.	.	.	A	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	T	G	.
Türkiye	ANK-617S	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	T	G	.
Türkiye	ESK-225S, AFY-259S, ANK-625S	.	.	.	.	.	.	.	A	.	.	.	.	.	.	T	G	.

Kılıf protein genom bölgesi için bu çalışmada incelenen BSBV izolatlarının dünya izolatları ile BLASTn analizi ile nükleotit düzeyinde karşılaştırılması sonucu; EDR-125S (Edirne) ve BRS-148S (Bursa) izolatları, Polonya'ya ait WSBcp izolatu ile sırasıyla % 99.36 ve % 99.39 oranları ile en yüksek benzerliğe sahip olmuştur. Yozgat ili şeker pancarı üretim alanından elde edilen YZT-355S izolatu en yüksek genetik benzerliğe Türkiye'ye ait (Tokat) TR1 izolatu ile (% 99.19); IGR-9S ve ELZ-38S izolatları ise Türkiye'den TR1 ve TR3 izolatları ile (% 99.39) göstermiştir. KNY-373S izolatu nükleotit düzeyinde en yüksek benzerliği Çin'e ait pBSBV-cp061027-1 izolatu ile (% 99.39); ANK-617S izolatu, Polonya'ya ait PL izolatu ile (% 99.19) sergilemiştir. Diğer taraftan, ESK-225S, AFY-259S ve ANK-625S izolatları ise % 99.39 oran ile Polonya'ya ait PL ve JBScp izolatları ve ayrıca Çin'e ait pBSBV-cp061027-1 izolatu ile benzerlik göstermişlerdir.

İzolatlarının kendi aralarındaki amino asit (aa) düzeyindeki benzerliklerini incelemek amacıyla ise NCBI'daki Blastp analizi uygulanmış ve İğdır (IGR-9S), Elazığ (ELZ-38S), Edirne (EDR-125S), Bursa (BRS-148S), Eskişehir (ESK-225S), Afyonkarahisar (AFY-259S), Ankara (ANK-617S ve ANK-625S) ve Konya (KNY-373S) illerinden elde edilen dokuz BSBV izolatının birbirleriyle aa düzeyinde % 100 benzer oldukları saptanmıştır. Ayrıca, Yozgat ilinden elde edilen YZT-355S izolatının ise, diğer izolatlarla benzerlik oranının % 98.17 olduğu belirlenmiş olup 92. [Aspartat (D) → Asparagin (N)], 121. [Glutamat (E) → Lizin (K)] ve 122. [Aspartat (D) → Asparagin (N)] pozisyonlarda yer alan aa'lerin diğer izotlardan farklılık sergilediği tespit edilmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Türkiye şeker pancarı üretim alanlarından elde edilen BSBV izolatlarının kılıf protein gen bölgesinde farklılık belirlenen amino asit pozisyonları [Almanya'ya ait Ahlum izolatu (U64512) referans olarak kullanılmıştır]

Ülke	İzolatu adı	Amino asit pozisyon numaraları			
		65	92	121	122
Almanya	Ahlum	T	D	E	D
Türkiye	IGR-9S, ELZ-38S, EDR-125S, BRS-148S, ESK-225S, AFY-259S, KNY-373S, ANK-617S, ANK-625S	N	.	.	.
Türkiye	YZT-355S	N	N	K	N

Bu çalışmadaki BSBV izolatları kılıf protein bölgesi bakımından dünya izolatları ile BLASTp yöntemi ile karşılaştırıldığında, ülkemizin farklı coğrafik bölgelerden elde edilen 9 BSBV izolatı, Çin'e ait pBSBV-cp061027-1 izolatı ile % 100 benzer bulunmuştur. YZT-355S izolatı ise diğer incelenen 9 BSBV izolatından farklı olarak Çin, Almanya Polonya, Brezilya ve Türkiye'ye ait bahsedilen sıraya göre; pBSBV-cp061027-1 ve XJ, Ahlum, PL, Brazilian ve TR3 izolatları ile % 98.17 oran ile en yüksek benzerliği göstermiştir. Ayrıca, bu çalışmada incelenen BSBV izolatlarının tamamının, [Lennefors ve ark. \(2005\)](#), [Wang ve ark. \(2008\)](#) ve [Moradi ve ark. \(2021\)](#)'nın belirttikleri gibi, Almanya'ya ait Ahlum izolatında 65. aa pozisyonunda belirtilen Treonin (T) ([Koenig ve ark., 1997](#)) yerine, Asparagin (N) içerdikleri belirlenmiştir (Çizelge 3).

BSBV dünyada yaygın bir virüs olmasına rağmen, tam genom dizisi ve genetik çeşitliliği hakkındaki bilgiler sınırlıdır. Bununla birlikte, BSBV'nin şu ana kadar, bir Alman izolatı (BSBV-G), iki Çin (BSBV-XJ ve BSBV-IM) ([Koenig ve ark., 1996; 1997; Koenig ve Loss, 1997; Wang ve ark., 2008](#)) ve yakın zamanda ise iki Türkiye izolatının (TR1 ve TR2) tam genom dizi analizleri gerçekleştirilmiştir ([Moradi ve ark., 2021](#)). Tokat iline ait iki Türkiye izolatı ile yürütülen genom analizi çalışmasında, diğer gen bölgeleri ile kıyaslandığında, en fazla genetik varyasyonun RNA-3 tarafından kodlanan TGB-3'de görüldüğü bildirilmiştir ([Moradi ve ark., 2021](#)). Ayrıca, aynı çalışmada, Türkiye izolatlarının CP'nin karboksilik ucunda korunmuş <sup>121</sup>EDSALNVAHQL<sub>131</sub> şeklinde aa diziliminin bulunduğu dikkat çekilmiştir ([Moradi ve ark., 2021](#)). Bu çalışmada ise, incelenen 9 BSBV izolatının benzer şekilde aa dizilimi içerdiği tespit edilmekle birlikte; YZT-355S izolatının <sup>121</sup>KNSALNVAHQL<sub>131</sub> şeklindeki motif ile incelenen tüm dünya izolatlarından farklılık sergilediği belirlenmiştir.

Kılıf protein bölgesine ait nükleotit dizileri, virüslerin intraspesifik değişkenliği ve filogenetik ilişkilerini araştırmak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır ([Lennefors ve ark., 2005](#)). Bu çalışmada, farklı lokasyonlara ait 10 BSBV izolatının CP bölgesine ait PCR ürünlerinin nükleotit dizileri elde edilmiş ve NCBI veri tabanındaki diğer BSBV izolatlarının dizileri ile Clustal W yöntemi kullanılarak hizalanmıştır. Daha sonra BSBV izolatları arasındaki filogenetik ilişki ML yöntemine göre Mega 7 yazılımı ile analiz edilmiştir. Clustal W analizi ve filogenetik çalışmalarda kullanılan BSBV izolatlarına ait bilgiler, Çizelge 4'de verilmiştir.

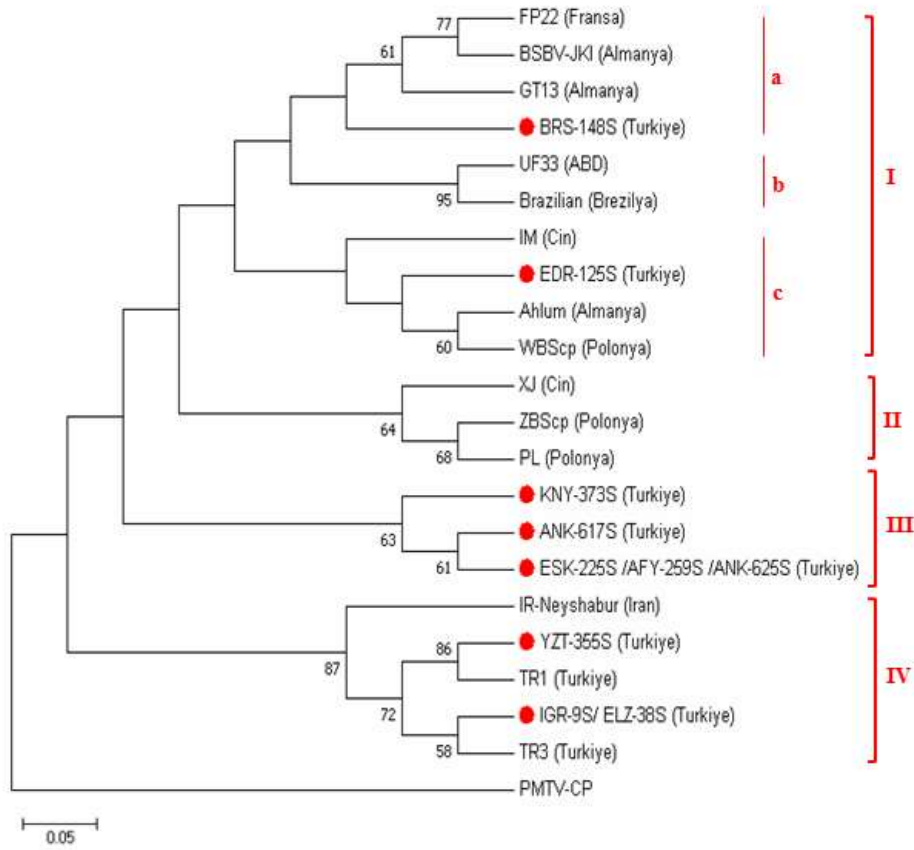
BSBV izolatlarına ait ML dendogramı incelendiğinde, bu izolatların dört ayrı dala ayrıldığı belirlenmiştir (Şekil 2). Buna göre, Türkiye'ye ait BSBV izolatlarının, 3 ayrı dalda kümelendikleri gözlenmiştir (Grup I, Grup III ve Grup IV). Marmara bölgesine ait BSBV izolatları Grup I içerisinde toplanmıştır. Grup I'in kendi içerisinde de, 3 alt kola ayrıldığı görülmüştür. Buna göre; Bursa ilinden elde edilen BRS-148S izolatının Almanya (BSBV-JKI ve GT13) ve Fransa (FP22) izolatları ile (Grup I-a); Edirne ilinden elde edilen EDR-125S izolatının ise Almanya'dan Ahlum ve Polonya'dan WBScp izolatları ile (Grup-I-c) ilişkili olduğu tespit edilmiştir. Grup I-b'de ise ABD (UF33) ve Brezilya (Brazilian)'ya ait izolatlar yer almıştır (Şekil 2). Dendogramda Grup III olarak işaretlenen alt dal, % 63 bootstrap değeriyle desteklenen ayrı soydan köken alarak ayrılmış ve sadece İç ve Batı Anadolu Bölgesi'lerine ait Türkiye izolatlarından oluşmuştur. Bu grup içerisinde; Konya (KNY-373S), Ankara (ANK-617S ve ANK-625S), Eskişehir (ESK-225S) ve Afyonkarahisar (AFY-259S) illerinden elde edilen BSBV izolatları yer almıştır (Şekil 2). ML ağacı incelendiğinde; Grup IV'ün % 87'lik bootstrap değeriyle desteklenen ayrı soy hattından kaynaklandığı saptanmıştır. Bu grup içerisinde, Doğu Anadolu Bölgesi'nden, Iğdır (IGR-9S) ve Elazığ (ELZ-38S) illerine ait izolatlar ile İç Anadolu Bölgesi'nden Yozgat (YZT-355S) izolatı ve bir diğer çalışma ile Tokat ilinden elde edilen (TR1 ve TR3) izolatlar ([Moradi vd, 2021](#)) ve İran'a ait IR-Neyshabur izolatı gruplanmıştır (Şekil 2). Grup II ise, Çin (XJ) ve Polonya'ya ait iki BSBV izolatından (ZBscp ve PL) oluşmuştur (Şekil 2).

## Sonuç

Yürütülen moleküler çalışmalar sonucunda, 10 BSBV izolatının CP genom bölgesinin nükleotit dizileri elde edilmiştir. BSBV izolatlarının Dünya izolatları ile BLASTn analizi ve elde edilen filogenetik ağaç, Türkiye şeker pancarı üretim alanlarından elde edilen izolatların üç farklı gruba ayrıldıklarını göstermiştir. Elde edilen bu sonuç, CP geni bakımından BSBV Türkiye izolatlarının coğrafik orjinlerine göre genetik farklılıklarının olduğunu ortaya koymuştur.

## Teşekkür

Bu çalışma, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Proje Yönetim Ofisi (PYO.ZRT.1904.12.015) tarafından desteklenmiş olup, çalışmada kullanılan toprak örnekleri TÜBİTAK (TOVAG: 1100188) projesi kapsamında toplanmıştır.



Şekil 2. Beet soil-borne virus (BSBV) izolatlarının ve GenBank (NCBI) veri tabanında kayıtlı bazı BSBV izolatlarının kılıf protein genine göre nükleotid dizileri esas alınarak oluşturulan filogenetik ağaç. Filogenetik analizde, Maximum Likelihood yöntemi ve Tamura-Nei modeli kullanılmıştır. Dendogramda bootstrap değerleri, dallarda % olarak gösterilmiş ve % 50'nin altındaki değerler ağaçta yer almamıştır. Ölçek, aynı pozisyon için baz değişim miktarını göstermektedir (0.05). Pomovirus cinsi üyesi Potato mop-top virus (PMTV), filogenetik ağacın oluşturulmasında dış grup olarak kullanılmıştır. Referans izolatlara ait bilgiler Çizelge 4'te yer almaktadır.

Çizelge 4. Çalışmada kullanılan *Beet soil-borne virüs* izolatları

Ülke	Lokasyon	İzolat	GenBank Kayıt No	Literatür
Türkiye	Iğdır	IGR-9S	OL870481	Bu çalışma
Türkiye	Elazığ	ELZ-38S	OL870482	Bu çalışma
Türkiye	Edirne	EDR-125S	OL870483	Bu çalışma
Türkiye	Bursa	BRS-148S	OL870484	Bu çalışma
Türkiye	Eskişehir	ESK-225S	OL870485	Bu çalışma
Türkiye	Afyonkarahisar	AFY-259S	OL870486	Bu çalışma
Türkiye	Yozgat	YZT-355S	OL870487	Bu çalışma
Türkiye	Konya	KNY-373S	OL870488	Bu çalışma
Türkiye	Ankara	ANK-617S	OL870489	Bu çalışma
Türkiye	Ankara	ANK-625S	OL870490	Bu çalışma
Türkiye	Tokat	TR1	MN087412	Moradi ve ark. (2021)
Türkiye	Tokat	TR3	MN087415	Moradi ve ark. (2021)
İran	Neyshabur	IR-Neyshabur	FN386613	Crutzen ve ark. (2009)
Almanya	-*	Ahlum	U64512	Koenig ve ark. (1997)
Almanya	Thurnhof	GT13	AJ810287	Lennefors ve ark. (2005)
Almanya	-	BSBV 1825732	MK731955	Gaafar ve Ziebell (yayınlanmamış veri)
Fransa	Pithiviers	FP22	AJ810286	Lennefors ve ark. (2005)
Polonya	-	WBScp	EU785965	Borodynko ve ark. (2009)
Polonya	-	ZBScp	EU785967	Borodynko ve ark. (2009)
Polonya	-	PL	FJ971718	Borodynko ve ark. (2009)
Çin	Xinjiang	XJ	EF545141	Wang ve ark. (2008)
Çin	Inner Mongolia	IM	EF545140	Wang ve ark. (2008)
ABD	Fort Morgan	UF33	AJ810288	Lennefors ve ark. (2005)
Brezilya	-	Brazilian	MH106715	Camelo-Garcia ve ark. (2019)

**Kaynaklar**

- Adams MJ, Antoniv JF, Kreuze J, 2009. Virgaviridae: a new family of rod-shaped plant viruses. *Archives of Virology*, 154: 1967-1972.
- Anonymous, 2020. Food and Agriculture Organization Statistics Division. Available from URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (Erişim Tarihi: 20 Ocak 2022)
- Barbarossa L, Vetten HJ, Kaufmann A, Lesemann DE, Koenig R, 1992. Monoclonal antibodies to beet soil-borne virus. *Annals of Applied Biology*, 121: 143-150.
- Borodynko N, Rymelska N, Hasiow-Jaroszewska B, Pospieszny H, 2009. Molecular characterization of three soil-borne sugar beet-infecting viruses based on the coat protein gene. *Journal of Plant Pathology*, 91 (1): 191-193.
- Camelo-Garcia VM, Rezende JAM, Nagata T, 2019. First report of beet soil-borne virus on red table beet in Brazil. *Plant Disease*, 103: 2146.
- Crutzen F, Mehrvar M, Gilmer D, Bragard C, 2009. A full-length infectious clone of beet soil-borne virus indicates the dispensability of the RNA-2 for virus survival in planta and symptom expression on *Chenopodium quinoa* leaves. *Journal of General Virology*, 90: 3051-3056.
- Dijkstra J, De Jager CP. 1998. *Practical Plant Virology. Protocols and Exercises*. The Netherlands: Department of Virology, Wageningen Agricultural University.
- Erkan E, Kutluk Yilmaz ND, 2017. Prevalence of Beet virus Q in sugar beet production areas of Turkey. *Journal of Turkish Phytopathology*, 46: 53-60.
- Felsenstein, J., 1981. Evolutionary trees from DNA sequences: a maximum likelihood approach. *Journal of Molecular Evolution*, 17 (6): 368-376.
- Farzadfar S, Pourrahim R, Golnaraghi AR, Shahraeen N. 2002. First report of beet soil-borne virus on sugar beet in Iran. *Plant Disease*, 86: 187.
- Gil JF, Adams I, Boonham N, Nielsen SL, Nicolaisen M, 2016. Molecular and biological characterization of two novel pomovirus-like viruses associated with potato (*Solanum tuberosum*) fields in Colombia. *Archives of Virology*, 161: 1601-1610.
- Henry CM, Jones RAC, Coutts RHA, 1986. Occurrence of a soil-borne virus of sugar beet in England. *Plant Pathology*, 35: 585-591
- Ivanovic M, Macfarlane I, Woods RD, 1983. Viruses of sugar beet associated with *Polymyxa betae*. *Ann. Rep. Rothamstead Exp. Stn.*, 189-190.
- Koenig R, Beier C, Commandeur U, Lüth U, Kaufmann A, Lüddecke P, 1996. Beet soil-borne virus RNA-3- a further example of the heterogeneity of the gene content of furovirus genomes and of triple gene block-carrying RNAs. *Virology*, 216: 202-207.
- Koenig R., Loss S., 1997. Soil-borne virus RNA-1: genetic analysis enabled by a starting sequence generated with primers to highly conserved helicase-encoding domains. *Journal of General Virology*, 78: 3161-3165.
- Koenig R, Commandeur U, Loss S, Beiner C, Kaufmann A, Lesemann DE, 1997. Soil-borne virus RNA-2: similarities and dissimilarities to the coat protein gene-carrying RNAs of other furoviruses. *Journal of General Virology*, 78: 469-477.
- Koenig R, Pleij C WA, Beier C, Commandeur U, 1998. Genome properties of Beet virus Q, a new furo-like virus from sugar beet, determined from unpurified virus. *Journal of General Virology*, 79: 2027-2036.
- Koenig R, Pleij CW, Büttner G, 2000. Structure and variability of the 3' end of beet soil-borne pomovirus: a virus with uncertain pathogenic effects. *Archives of Virology*, 145: 1173-1181.
- Kumar S, Stecher G, Tamura K. 2016. MEGA7: Molecular Evolutionary Genetics Analysis version 7.0 for bigger datasets. *Molecular Biology and Evolution*, 33: 1870-1874.
- Kutluk Yilmaz ND, Meunier A, Schmit JF, Stas A, Bragard C, 2007. Partial nucleotide sequence analysis of Turkish isolates of Beet necrotic yellow vein virus (BNYVV) RNA-3. *Plant Pathology*, 56: 311-316.
- Kutluk Yilmaz ND, Arlı Sökmen M, 2010. Occurrences of sugar beet soilborne viruses transmitted by *Polymyxa betae* Northern and Central Parts of Turkey. *Journal of Plant Pathology*, 92 (2): 497-500.
- Kutluk Yilmaz ND, Arlı Sokmen M, Kaya R, Sevik MA, Tunali B, Demirtas S, 2016. The widespread occurrences of Beet soil-borne virus and RNA-5 containing Beet necrotic yellow vein virus isolates in sugar beet production areas in Turkey. *European Journal of Plant Pathology*, 144: 443-455.
- Kutluk Yilmaz ND, Arlı-Sökmen M, Kaya R, 2018. P25 pathogenicity factor deletion mutants of Beet necrotic yellow vein virus occurring in sugar beet fields in Turkey. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 125: 89-98.
- Lennefors L, Savenkov EI, Mukasa SB, Valkonen JPT, 2005. Sequence divergence of four soilborne sugar beet-infecting viruses. *Virus Genes* 31: 57-64.

- Lindsten, K, Rush CM, 1994. First report of Beet soilborne virus in the United States. *Plant Disease*, 78: 316.
- Lu X, Yamamoto S, Tanaka M, Hibi T, Namba S. 1998. The genome organization of the broad bean necrosis virus (BBNV). *Archives of Virology*, 143: 1335-1348.
- McGrann GRD, Grimmer MK, Mutasa-Gottgens ES, Stevens M. 2009. Progress towards the understanding and control of sugar beet rhizomania diseases. *Molecular Plant Pathology*, 10: 129-141.
- Mehrvar M, 2009. Diversity of soil-borne sugar beet viruses in Iran: a comprehensive study of Beet necrotic yellow vein virus, Beet black scorch virus and other pomoviruses in Iran. Ph.D. Thesis. Universite Catholique de Louvain, Belgium, 160 pp.
- Meunier A, Schmit JF, Stas A, Kutluk N, Bragard C, 2003. Multiplex reverse transcription for simultaneous detection of Beet Necrotic Yellow Vein Virus, Beet Soilborne Virus, and Beet Virus Q and their vector *Polymyxa betae* KESKIN on sugar beet. *Applied and Environmental Microbiology*, 69 (4): 2356-2360.
- Moradi Z, Maghdoori H, Nazifi E, Mehrvar M, 2021. Complete genomic characterization of two Beet soil-borne virus isolates from Turkey: Implications of comparative analysis of genome sequences. *Plant Pathology Journal*, 37 (2): 152-161.
- Mouhanna AM, Nasrallah A, Langen G, Schlösser E. 2002. Surveys for beet necrotic yellow vein virus (the cause of Rhizomania), other viruses, and soil-borne fungi infecting sugar beet in Syria. *Journal of Phytopathology*, 150: 657-662.
- Nakagami R, Chiba S, Yoshida N, Senoo Y, Saito M, Iketani S, Kondo H, Tamada T, 2022. Epidemic progress of beet necrotic yellow vein virus: Evidence from an investigation in Japan spanning half a century. *Plant Pathology*. 71:715-728.
- Nouayti F, Tahiri A, Madani I, Blenzar A, Lahlali R, 2019. Detection and prevalence of viruses associated with sugar beet in the Tadla region of Morocco. *Journal of Plant Pathology*, 101: 173-177.
- Özgür OE, 2003. Türkiye Şeker Pancarı Hastalıkları (1. Basım). Ankara: Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Özmen CY, Khabbazi SD, Khabbazi AD, Gürel S, Kaya R, Oğuz MÇ, Turan, F, Rezaei F, Kibar U, Gürel E, Ergül A, 2020. Genome composition analysis of multipartite BNYVV reveals of genetic re-assortment in the isolates of Asia Minor and Thrace. *Scientific Reports*, 10: 4129.
- Savenkov, E, Sandragen M, Valkonen JPT, 1999. Complete sequence of RNA 1 and presence of tRNA-like structures in all RNAs of potato mop-top virus, genus Pomovirus. *Journal of General Virology*, 80: 2779-2784.
- Savenkov E, 2021. Pomoviruses (Virgaviridae). In: Bamford, D.H, Zuckerman, M. (Eds.) *Encyclopedia of Virology (Fourth Edition)*, Academic Press, Elsevier, Volume 3, pp. 603-611.
- Tamura K, Nei M. 1993. Estimation of the number of nucleotide substitutions in the control region of mitochondrial DNA in humans and chimpanzees. *Molecular Biology and Evolution*, 10: 512-526.
- Thompson JD, Higgins DG, Gibson TJ, 1994. Clustal W: Improving the sensitivity of progressive multiple sequence alignment through sequence weighting, position-specific gap penalties and weight matrix choice. *Nucleic Acids Research*, 22: 4673-4680.
- Wang B, Li M, Zhang J, Han C, Li D, Yu J, 2008. First report of beet soil-borne virus on sugar beet in China. *Plant Pathology*, 57: 389.



# Polimer ve hümik asit uygulamalarının toprağın strüktürel gelişimi üzerine etkileri

● Hachim Kassım, ● Nutullah ÖZDEMİR\*

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

## Özet

Günümüzde kullanılan tarımsal yöntemler sebebiyle topraklar üretim kapasitelerini kaybedip önemli düzeyde bozulmaya maruz kalmaktadırlar. İyi gelişmiş bir strüktür ve yüksek agregat stabilitesine sahip bir toprak yapısı, verimliliğin artırılması ve aşınabilirliğin azaltılması açısından oldukça önemlidir. Bu çalışma, polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının toprakta bazı strüktürel parametrelerin (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sera şartlarında yürütülmüştür. Araştırmada üç farklı tekstüre sahip (kil, tın ve kumlu tın) yüzey toprak örnekleri kullanılmıştır. Serada, 1 kg'lık saksılara aktarılan toprak örneklerine PVA, PAM ve HA sırasıyla 500, 100 ve 500 ppm dozlarında uygulanmış ve dört farklı periyotta (0, 15, 30 ve 45 gün) inkübasyona tabi tutulmuştur. İnkübasyon sırasında topraklardaki elverişli nemin %50'si tükenince sulama yapılmıştır. İnkübasyon tamamlandıktan sonra toprakların yapısal parametreleri üzerinde analizler ve değerlendirmeler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlar; killi, tınlı ve kumlu tınlı topraklara PVA, PAM ve HA uygulamasının suya dayanıklı agregatlar miktarını denete göre (ortalama) sırasıyla %5,38, %6,34 ve %12,91 oranında artırdığını göstermektedir. Dispersiyon oranı değerlerini (ortalama olarak) ise sırasıyla %46,56, %8,11 ve %12,91 oranında azalttığını göstermektedir. Agregat stabilitesini arttırmada 1 nolu periyot (24.52), dispersiyon oranı değerini düşürmede 2 nolu periyot (29.92) en etkili dönemler olarak belirlenmiştir. Süre uzadıkça etkinliğin düştüğü tespit edilmiştir. Her üç toprak grubunda da PVA'nın en etkili düzenleyici olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak düzenleyiciler, toprak tekstürü, aşınabilirlik, strüktürel gelişim parametreleri

## Effects of polymer and humic acid applications on the structural development of soil

### Abstract

Due to the agricultural methods used today, soils lose their production capacity and are exposed to significant degradation. A well-developed structure and a soil structure with high aggregate stability are very important in terms of increasing productivity and reducing erodibility. This study was carried out in three replications according to the full chance block design in greenhouse conditions in order to determine the effects of polyvinyl alcohol (PVA), polyacrylamide (PAM) and humic acid (HA) applications on the structural development of the soil. Surface soil samples with three different textures (clay, loam and sandy loam) were used in the study. In the greenhouse, PVA, PAM and HA were applied at doses of 500, 100 and 500 ppm, respectively, to the soil samples transferred to 1 kg pots and incubated in four different periods (0, 15, 30 and 45 days). Irrigation was done when 50% of the available moisture in the soil was depleted during incubation. After the completion of the incubation, analyzes and evaluations were made on the structural parameters of the soils. The obtained results show that application of PVA, PAM and HA to clay, loamy and sandy loam soils increased (on average) the water-stable aggregate values by 5.38%, 6.34% and 12.91%, respectively. It shows that the dispersion ratio values decreased (on average) by 46.56%, 8.11%, and 12.91%, respectively. Period 1 (24.52) in increasing the aggregate stability and period 2 (29.92) in decreasing the dispersion ratio value were determined as the most effective periods. It has been determined that the efficiency decreases as the period gets longer. It was determined that PVA was the most effective regulator in all three soil groups.

**Keywords:** Soil conditioners, soil texture, erodibility, structural development parameters

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919

E-posta : [nutullah@omu.edu.tr](mailto:nutullah@omu.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 9 Şubat 2022

Kabul Tarihi : 22 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1070567

## Giriş

Toprak parçacıklarının organizasyonunu ve düzenlenmesini ifade eden toprak strüktürü önemli bir kalite parametresi olup (Ghezzehei, 2012; Brevik ve ark., 2015) toprağın üretkenliği ve erozyona uğraması ile yakından ilişkilidir. İyi bir strüktürel yapıya sahip toprakta biyolojik aktivite yüksek olup mineral ve organik gübrelerin etkinliği artmaktadır (Breune ve ark., 2000). Toprak strüktürü, topraktaki suyun ve havanın hareketini etkiler, toprağın yaşamı sürdürme ve diğer hayati işlevlerini yerine getirme yeteneği büyük ölçüde strüktürel yapı ile ilişkilidir. İyi gelişmiş bir strüktür ve yüksek agregat stabilitesine sahip bir toprak yapısı, verimliliğin artırılması ve aşınabilirliği azaltması açısından oldukça önemlidir (Aksakal ve Öztaş, 2010a).

Toprağın yapısal stabilitesini geliştirmek ve agregasyon derecesini yükseltmek için doğaldan kaynaklanan organik materyal kullanımının yanı sıra kısa sürede sonuç verebilen yapay organik polimerlerin uygulanması önemli yararlar sağlamaktadır (Harris ve ark., 1966). Bu amaçla son yıllarda polivinil alkol (PVA), poliakriamid (PAM) ve hümik asit (HA) gibi organik kökenli çeşitli toprak stabilizatörleri üzerinde durulmaktadır. Yapılan araştırmalar sentetik organik polimerlerin çok düşük konsantrasyonlarda bile uygulandıklarında agregat stabilitesi ve toprağın yapısal özellikleri üzerinde olumlu etkileri olduğunu göstermektedir (Sojka ve Lentz, 1994; Nadler ve ark., 1996; Imbufe ve ark., 2005; Houndonougbo ve Yönter, 2020).

Aksakal ve Öztaş (2010b) PVA, HA ve PAM uygulamalarının vertisol, entisol, mollisol ve aridisol sınıflarına ait dört farklı toprak grubunda strüktürel stabilite ve toprak kayıpları üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışma sonucunda, PVA, PAM ve HA uygulamalarının agregat stabilitesini, su geçirgenliğini, hidrolik iletkenliğini, geometrik ortalama çapı ve tarla kapasitesi değerlerini önemli düzeyde arttırdığını, dispersiyon oranını, hacim ağırlığı, yüzey akış ve toprak kayıplarını ise önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Kukul ve ark., (2007) ise farklı dozlarda PVA uygulamalarının tarım, orman ve mera olarak kullanılan toprakların aşınabilirlik değerleri üzerine etkilerini irdeledikleri araştırmada, PVA uygulamalarının agregatların stabilitesini önemli düzeyde arttırdığını belirlemişlerdir. PAM ve PVA uygulamalarının toprak erozyon sürecinin ilk aktivasyonu üzerindeki etkilerini araştıran Yakupoğlu ve ark., (2019) kumlu kil bünyeye sahip toprakta polimerlerin yüzey akışın başlamasını geciktirmediğini, toplam yüzey akışını, sediment verimini ve sıçrama ile taşınan toprağı azalttığını gözlemişlerdir. Araştırmacılar PVA'nın ilk yağış sırasında toplam yüzey akışını azaltmada etkili olmadığını, PAM'ın ise daha etkili olduğunu vurgulamışlardır. Benzer bir araştırma yürüten Houndonougbo ve Yönter (2020), sıvılaştırılmış hümik madde, PAM ve PVA uygulamalarının yüzey akışını ve buna bağlı olarak toprak kayıplarını sırasıyla %0,8-29, %0,6-44 ve %5-24 azalttığını, PAM'ın toprak kaybını azaltmada diğerlerinden daha etkili olduğunu ifade etmişlerdir.

Sojka ve Lentz (1996) tarafından yapılan çalışmalarda, karık sulamada 10 ppm (%18 anyonik formu) dozunda uygulanan PAM'ın ıslak agregat stabilitesini %63'ten %84'e ve infiltrasyonunu %50'ye kadar arttırdığını, yüzey akışı ise %94'e kadar azalttığını belirlemişlerdir. Benzer doğrultuda Teo ve ark., (2006), laboratuvar koşullarında yürüttükleri çalışmada çeşitli oranlarda kuru ve çözelti olarak PAM uyguladıkları ve simüle yağışa tabi tuttukları toprak örneklerinde yüzey akışla ve sıçrama ile sediment miktarını azaltmada PAM'ın etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Dodd ve ark., (2004), alkali ve alkali olmayan topraklarda farklı konsantrasyonlarda (%0.2, %0.001 ve %0.00005) PAM ve polimer uygulamalarının suya stabil agregat yüzdesini, sızma oranını ve hidrolik iletkenliği artırdığını belirlemişlerdir. Laz (2011) ise polimer (PVA, PAM, HJ) ve HA uygulamalarının bazı toprak özellikleri ile bitki gelişimine etkilerini incelemiştir. Tınlı bir toprağın ve 0.0, 0.0005, 0.0010, 0.0015 ve 0.0020 g g<sup>-1</sup> dozlarının ve buğday bitkisinin kullanıldığı araştırma sonucunda, polimerler ve HA uygulamalarının hidrolik iletkenliğini, tarla kapasitesi ile yarayışlı nem miktarını, geometrik ortalama çapını, agregat stabilitesini yükselttiğini ve yeni agregatlar oluşturulduğunu, uygulamaların verimi önemli ölçüde artırdığını, etkili dozların 0.0015 ile 0.0020 g g<sup>-1</sup> olduğunu ifade etmişlerdir.

Günümüzde kullanılan tarımsal yöntemler sebebiyle topraklar üretim kapasitelerini kaybedip önemli düzeyde bozulmaya maruz kalmaktadırlar. Sürdürülebilir bir arazi kullanımı için yapısal bozulmanın önlenmesi oldukça önemlidir. Bu amaçla farklı yapısal düzenleyicilerden istifade edilebilir. Bu çalışma, polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının kil, tın ve kumlu tın tekstüre sahip topraklarda bazı strüktürel partametrelerin (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

Bu araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı 41°36'-36°18' ile Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra uygulama arazisinden 41°55'-35°86'; 41°50'-35°82' alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri üzerinde yürütülmüştür. Sera koşullarında yürütülen çalışmada, hümik asit (HA), polivinilalkol (PVA) ve poliakrilamid (PAM) olmak üzere üç farklı toprak düzenleyici kullanılmıştır. Hümik asit olarak piyasada ticari olarak satılan, içerisinde %15 humik madde içeren materyal kullanılmıştır. PVA olarak organik çözücülerde çözünmeyen ve özellikle sıcak suda çözünebilen PVA kullanılmıştır. PAM olarak suda çözünür yapıda olan ve ACROS firmasından temin edilen PAM kullanılmıştır.

Araziden alınan yüzey (0-20 cm) toprak örnekleri 4,75 mm'lik elekten geçirildikten sonra denemede kullanılmıştır. Çalışmada fırın kurusu ağırlıklar esas alınmış ve 1 kg'lık saksılar kullanılmıştır. Etiketlenen saksılara PVA, PAM ve HA ilgili düzenleyicilerin etkin olma dozları dikkate alınarak sırasıyla 500, 100 ve 500 ppm dozlarında (Aksakal ve Öztaş, 2010b; Özdemir ve ark., 2015; Yakupoğlu ve Öztaş, 2016) olmak üzere, PAM ve HA saf su ile karıştırılarak, PVA ise saf suda 80 °C'de çözelti haline getirildikten sonra uygulanmışlardır. Dört farklı periyodun (0, 15, 30, ve 45 gün) esas alındığı çalışma, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait serada 30 Eylül 2020 tarihinde kurulmuştur. Deneme süresince saksılar günlük olarak tartılarak topraktaki elverişli nemin %50'si tükenince sulama yapılmıştır. Her periyodun bitiminden sonra toprak örnekleri havada kurutularak elle ufalanmış ve analize hazır hale getirilmişlerdir.

Toprak tekstürü Bouyoucos hidrometre yöntemi (Demiralay, 1993); toprak reaksiyonu (pH) 1:2,5'lük toprak-su karışımında pH metre ile (Kacar, 2016); elektriksel iletkenlik (EC) değeri toprak-su karışımında (1:2.5) cam elektrotlu elektriksel iletkenlik aleti ile (Kacar, 2016); toprakların kireç kapsamları Scheibler kalsimetre yöntemi (Kacar, 2016); toprak organik maddesi Walkley-Black yöntemi (Kacar, 2016); tarla kapasitesi (Demiralay, 1993); kation değişim kapasitesi Bower metodu (Kacar, 2016) belirlenmiştir. Toprakların agregat stabilitesi değerleri ıslak eleme yöntemi (Demiralay, 1993); dispersiyon oranı değerleri toprağın su içerisinde dispers edilmesinden önce ve sonra belirlenen silt+kil içekleri (Özdemir, 2013) esas alınarak belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi SPSS bilgisayar paket programı kullanılarak yapılmıştır. Çoklu karşılaştırmalarda Duncan testinden yararlanılmıştır (IBM SPSS statistics 21.0).

## Bulgular ve Tartışma

### Toprak Özellikleri

Sera koşullarında yürütülen çalışmada kullanılan toprakların deneme öncesi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri ile strüktürel ve mekaniksel parametreleri

Toprak No*:	Toprak özellikleri								
	Kum	Silt	Kil	Tekstür sınıfı	pH (1:2.5)	EC dS m <sup>-1</sup>	CaCO <sub>3</sub> %	OM %	KDK me 100g <sup>-1</sup>
1	31.70	23.14	45.16	C	6.97	0.1497	2.22	1.54	65.48
2	36.18	41.57	22.25	L	7.40	0.4924	8.47	3.02	38.26
3	58.91	29.34	11.75	SL	7.92	0.1173	8.26	0.77	31.66
Strüktürel parametreler									
	AS, %	DO, %							
1	69.74	13.10							
2	34.73	36.43							
3	46.39	54.07							

Toprak No\* 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, OM: organik madde, KDK: kation değişim kapasitesi, AS: agregat stabilitesi DO: dispersiyon oranı.



Bu çizelgenin incelenmesinden de görüleceği üzere Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanından alınan (1 nolu örnek) kil bünyeli, nötr reaksiyonlu, az kireçli, organik madde içeriği orta; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan (2 nolu örnek), tın bünyeli, hafif alkalın reaksiyonlu, orta kireçli, organik madde içeriği fazla; Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan (3 nolu örnek) kumlu tın bünyeli, orta derecede alkalın reaksiyonlu, orta kireçli, organik madde içeriği az olan topraklardır. Toprakların pH değerleri 8.5'in altında olup topraklarda alkalilik sorunu bulunmamaktadır (Soil Survey Staff, 1993).

Araştırma konusu toprakların deneme öncesi belirlenen strüktürel dayanıklılık ve erozyona duyarlılıklarına ilişkin agregat stabilitesi (AS) ve dispersiyon oranı (DO) değerlerine ilişkin veriler irdelendiğinde agregat stabilitesi değerlerinin %34.73 ile %69.74 arasında değiştiği, kil tekstür sınıfına sahip 1'nolu örneğin en yüksek (%69.74) stabilite değerine sahip olduğu, tın tekstür sınıfına sahip olan 2'nolu örneğin ise en düşük (%34.73) stabilite değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Toprakların dispersiyon oranı değerlerinin ise %13.10 ile %54.07 arasında değiştiği görülmüştür. Dispersiyon oranı (DO) değeri strüktürel dayanıklılığın ve erozyona karşı duyarlılığın değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup, oran değeri ( $DO < \%15$ ) %15'den az olan topraklar erozyona karşı dayanıklı olarak değerlendirilirler (Morgan, 2009). Bu sınır değer dikkate alındığında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanından alınan 1 nolu toprak örneğinin dispersiyon oranı değeri ( $\%13.10 < \%15$ ) sınır değerinin altında olması nedeniyle erozyona karşı dirençli olduğu ifade edilebilir (Özdemir, 2013). Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisinden alınan 2 ve 3 nolu örneklerin ise söz konusu oran değerleri, sınır değerlerin üzerinde ( $DO > \%15$ ) bulunduğu için topraklar erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilebilirler. Diğer taraftan dispersiyon oranı değeri düşük olan toprakların agregat stabilitesi değerlerinin daha yüksek oldukları saptanmıştır (Çizelge 1).

## Strüktürel Parametreler

### Agregat Stabilitesi

Deneme konusu topraklara polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) karıştırılarak dört farklı periyotta inkübasyona tabi tutulması sonrasında belirlenen agregat stabilitesi değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de, agregat stabilitesi değerlerindeki ortalama değişimler (üç değerlerin ortalaması) ve çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları ise Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelge 2'deki Varyans analiz sonuçlarının incelenmesinden görüleceği gibi, deneme topraklarının agregat stabilitesi değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ( $p < 0.01$ ) çıkmıştır. Başka bir deyişle, topraklar deneme sonundaki agregat stabilitesi değerleri bakımından farklılık göstermişlerdir.

Çizelge 2. Toprakların agregat stabilitesi değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları.

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P Değeri
A	2	24297.173	12148.587	3385,709	0.000
B	2	5942.578	2971.289	828,073	0.000
C	3	1911.699	637.233	177,591	0.000
A*B	4	281.336	70.334	19,602	0.000
A*C	6	1056.424	176.071	49,069	0.000
B*C	6	65.264	10.877	3,031	0.011
A*B*C	12	328.688	27.391	7,634	0.000
Hata	72	258.350	3.588		
Genel	108	351088.40			

A: Topraklar, B: Düzenleyiciler, C: Periyotlar

Yine aynı çizelgeden düzenleyicilerin ve uygulanan periyotların kareler ortalamasının da önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu görülmektedir. Bu sonuç, denemede kullanılan PVA, PAM ve HA gibi düzenleyiciler ile uygulanan periyotların agregat stabilitesi üzerindeki etkilerinin farklı olduğunu ortaya koymaktadır. Varyans analizi sonuçlarından A\*B (topraklar x düzenleyiciler), A\*C (topraklar x periyotlar), B\*C düzenleyiciler x periyotlar ve A\*B\*C (topraklar x düzenleyiciler x periyotlar) interaksyonlarının da önemli olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3'teki verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulanan düzenleyiciler agregat stabilitesi değerlerinde denete göre belirgin artışlara neden olmuşlardır. Meydana gelen artış toprak, düzenleyici çeşidi ve uygulama periyotlarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kontrole göre oluşan değişimler (artışlar) dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 3. Toprakların agregat stabilitesi değerleri (ortalama) ile Duncan Çoklu karşılaştırma testi sonuçları

Topraklar	Düzenleyiciler	Periyotlar				Toprak ortalamaları
		1	2	3	4	
1	PVA	85.11	88.13	86.81	85.69	73.49a
	PAM	74.81	70.18	70.77	64.65	
	HA	71.33	64.54	59.38	60.51	
2	PVA	58.92	42.05	41.99	37.31	36.93b
	PAM	52.58	34.71	29.87	28.45	
	HA	41.38	29.96	24.91	21.05	
3	PVA	64.13	64.01	58.73	56.93	52.093c
	PAM	53.24	50.02	47.59	46.98	
	HA	44.51	48.1	49.2	41.68	
Periyot ortalamaları		60.67a	54.63b	52.14c	49.25d	
Düzenleyici ortalamaları	PVA	64.15a				
	PAM	51.98b				
	HA	46.38c				

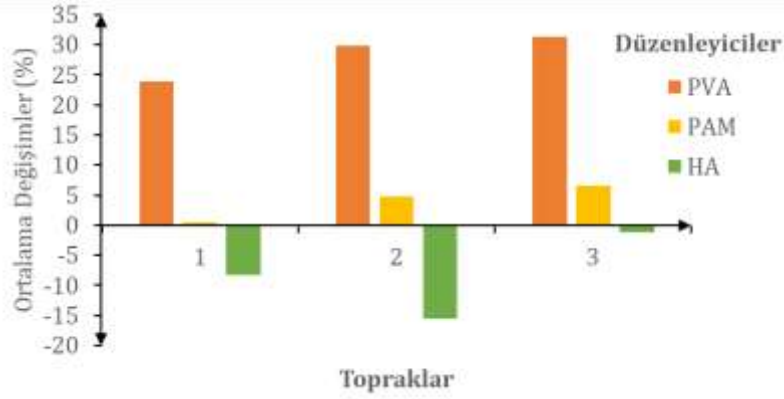
Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır.

Deneme topraklarının ve uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki agregat stabilitesi değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere uygulanan Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki agregat stabilitesi ortalamaları bakımından önemli derecede farklılık gösterdikleri görülmüştür. Yine adı geçen test uygulanarak düzenleyici periyotlarının deneme sonundaki agregat stabilitesi ortalamalarına göre Çizelge 3'de verildiği gibi sıralandıkları belirlenmiştir. Bu grupta periyotlar arasındaki farkların önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu ve periyot süresi uzadıkça etkinliğin düştüğü görülmektedir (Farklı harflerle gösterilen değerler adı geçen teste göre %1 düzeyinde önemlidir).

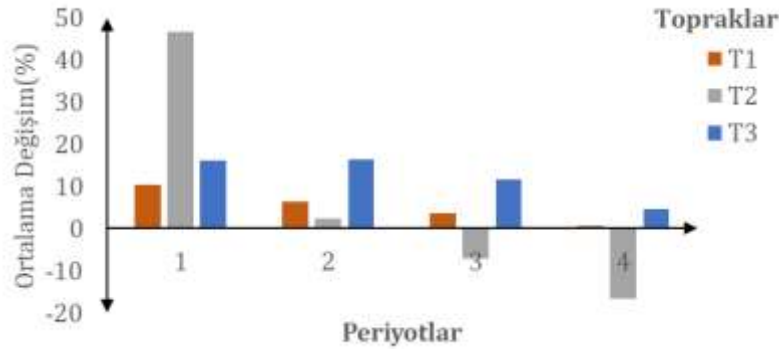
Denemede uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki agregat stabilitesi değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu test sonucuna göre düzenleyiciler arasındaki farklar önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur (Bu grupta periyotlar arasındaki farklar ( $p < 0.01$ ) önemli bulunmuştur).

Topraklarda düzenleyici uygulamasının agregat stabilitesi değerinde denete göre oluşturduğu oransal ortalama değişimler (Şekil 1) dikkate alındığında her üç düzenleyicinin de uygulama periyotlarına bağlı olarak agregat stabilitesi değerinde artışlar sağladığı belirlenmiştir. Bu artış kil tekstür sınıfındaki toprakta %5.38, tın tekstür sınıfındaki 2'nolu toprakta %6,34 ve kumlu tın tekstür sınıfındaki 3'nolu toprakta ise %12.06 düzeyinde olmuştur. Bir başka ifade ile düzenleyicilerin etkinlikleri tekstüre bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu bakımdan 3>2>1 şeklinde etkilenmişlerdir. Diğer taraftan; PVA etkisinin 3 nolu toprak (31.38)> 2 nolu toprak (29.77)>1 nolu toprak(23.94), PAM'ın etkisinin 3 nolu toprak ( 6.59)> 2 nolu toprak 4.80)>1 nolu toprak (0.50), HA'in etkisinin 3 nolu toprak (-1.12)>1nolu toprak (-8.31) >2 nolu toprak (-15.54) şeklinde gerçekleşmiştir (Şeki,1). Bu veriler hümik asit uygulamasının her üç toprakta da stabilize değerini kontrole göre düşürdüğü, PVA'ise agregat stabilitesi üzerinde en etkili düzenleyici olduğunu ifade etmektedir. Kil tekstürüne sahip toprakta düzenleyicilerin oluşturduğu etkinin düşük düzeyde kalması muhtemelen kil ile söz konusu düzenleyiciler arasındaki etkileşimden kaynaklanmış olabilir. Aksakal ve Öztaş (2010a) kumlu tın ve killi tın tekstüre sahip iki toprakta ıslak agregatların stabilitesi üzerine PVA, PAM ve HA'in etkilerini araştırdıkları bir çalışmada her üç düzenleyicinin de kumlu tın tekstüre sahip toprakta killi tın tektüre sahip toprağa oranla daha etkili olduğunu ve etkinlik açısından PVA'nın en etkili düzenleyici olduğunu vurgulamışlardır.

Polivinil alkol, poliakrilamid ve hümik asit uygulamaları toprakların agregat stabilitesinde periyotlara bağlı olarak önemli farklılıklar oluşturmuştur. Bu farklılıklara ilişkin ortalama değişimler (%) Şekil 2'de verilmiştir. Bu şeklin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere periyotların etki bakımından 1. periyot ( 24.52) > 2.periyot (8.47) > 3. periyot (2.78) > 4.periyot (-3.62) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile polimer ve hümik asitinin agregat stabilitesi üzerindeki olumsuz etkisi süre uzadıkça azalmaktadır.



Şekil 1. Agregat stabilitesi değerinde düzenleyicilere göre belirlenen ortalama değişimler (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA:hümik asit)



Şekil 2. Agregat stabilitesi değerinde kontrole göre periyotlara göre belirlenen ortalama değişimler

Agregat stabilitesi değerleri tarımsal uygulama ve işlemlerin toprak kalite parametreleri üzerindeki etkileri ile erozyona karşı dayanıklılıklarının değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup agregat stabilitesi değeri yükseldikçe kalite parametrelerinde iyileşme meydana gelmekte ve erozyona karşı duyarlılık azalmaktadır. Günümüze kadar bu parametre ile bağlantılı bir sınır değer henüz tespit edilememiştir (Özdemir, 2013). Deneme bulguları bu doğrultuda irdelendiğinde agregat stabilitesi değerleri üzerinde kullanılan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA şeklinde etkili olduğu ve uygulama sonrası süreç uzadıkça etkinliğin giderek azaldığı tespit edilmiştir.

Laz (2011) topraklara PVA, PAM, HA uygulamalarının etkilerini belirlemek üzere yürüttüğü çalışma sonucunda söz konusu toprak düzenleyicilerinin agregat stabilitesi üzerindeki iyileştirici etkilerinin toprak özelliklerinden etkilendiğini saptamışlardır. Kukul ve ark., (2007) ile Sarı ve Öztaş (2017) yaptıkları araştırmalarda farklı tekstür sınıflarındaki (kil, tın, kumlu tın) topraklara PVA uygulamasının agregat stabilitesini artırdığını, yüzey akışla oluşan toprak kayıplarını azalttığını, etkinin toprak tekstüründen önemli ölçüde etkilendiğini vurgulamışlardır.

### Dispersiyon Oranı

Deneme konusu toprakların, PVA, PAM ve HA karıştırılarak dört farklı periyotta inkübasyona tabi tutulması sonrasında belirlenen dispersiyon oranı değerlerine ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4'de, dispersiyon oranı değerlerindeki ortalama değişimler (üç değerlerin ortalaması) ile çoklu karşılaştırma (Duncan) testi sonuçları ise Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 4'deki varyans analiz sonuçlarının incelenmesinden görüleceği gibi, deneme topraklarının dispersiyon oranı değerlerine ilişkin kareler ortalaması önemli ( $p < 0.01$ ) çıkmıştır. Başka bir ifade ile topraklar deneme sonundaki dispersiyon oranı değerleri bakımından farklılık göstermişlerdir.

Çizelge 5'deki verilerin incelenmesinden de anlaşılacağı üzere uygulanan düzenleyiciler dispersiyon oranı değerlerinde denete göre belirgin düşüşlere neden olmuşlardır. Meydana gelen düşüş toprak, düzenleyici çeşidi ve uygulama periyotlarına bağlı olarak değişkenlik göstermiştir. Kontrole göre oluşan değişimler (düşüşler) dikkate alındığında PVA uygulaması her üç toprak grubunda da en etkili düzenleyici olmuştur.

Çizelge 4. Toprakların dispersiyon oranı değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynaklar	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F değeri	P değeri
A	2	28903.723	14451.862	12575.757	0.000
B	2	1198.462	599.231	521.440	0.000
C	3	352.780	117.593	102.328	0.000
A*B	4	40.539	10.135	8.819	0.000
A*C	6	257.639	42.940	37.365	0.000
B*C	6	50.259	8.377	7.289	0.000
A*B*C	12	278.231	23.186	20.176	0.000
Hata	72	82.741	1.149		
Genel	108	121462.259			

Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır. (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

Çizelge 5. Toprakların dispersiyon oranı değerleri (ortalama) ile Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları

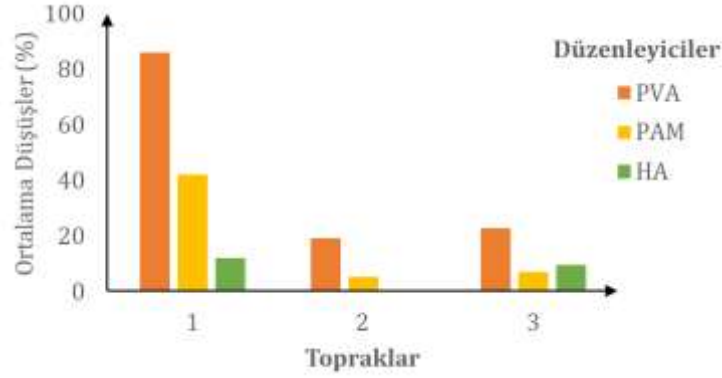
Topraklar	Düzenleyiciler	Periyotlar				Toprak ortalamaları
		1	2	3	4	
1	PVA	2.51	0.84	1.85	2.19	6.98c
	PAM	5.18	6.14	9.39	9.68	
	HA	9.24	9.95	13.36	13.67	
2	PVA	25.68	29.35	29.98	32.88	33.51b
	PAM	34	34.48	33.31	36.31	
	HA	32.43	36.05	38.28	38.39	
3	PVA	45.24	33.46	48.07	40.76	46.25a
	PAM	43.56	46.46	53.67	53.74	
	HA	50.71	43.01	51.01	51.36	
Periyot ortalamaları		27.72c	26.64d	31.10a	30.20b	
Düzenleyici ortalamaları	PVA	24.38c				
	PAM	30.08b				
	HA	32.29a				

Topraklar 1: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanı, 2: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, 3: Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bafra Uygulama arazisi, Düzenleyiciler PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA: hümik asit, Periyotlar 1: 0, 2: 15, 3: 30 ve 4: 45 gün. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır. (Ayrı harflerle gösterilen ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testine göre farklıdır)

Deneme topraklarının ve uygulanan düzenleyicilerin deneme sonundaki dispersiyon oranı değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere uygulanan Duncan'ın Çoklu karşılaştırma testi sonuçları irdelendiğinde, toprakların deneme sonundaki dispersiyon oranı ortalamaları bakımından önemli derecede farklılık gösterdikleri görülmüştür. Uygulama periyotlarının deneme sonundaki dispersiyon oranı ortalamalarında oluşturdukları etki bakımından Çizelge 5'deki gibi sıralandıkları tespit edilmiştir. Bu gruplandırmada topraklar ve periyotlar arasındaki farklar önemli ( $p < 0.01$ ) bulunmuştur.

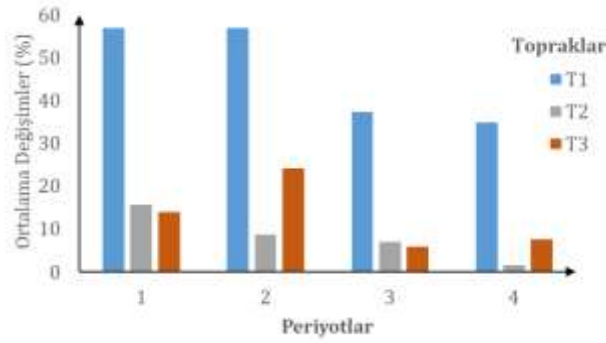
Denemede kullanılan düzenleyicilerin deneme sonundaki dispersiyon oranı değeri ortalamalarına göre karşılaştırılması için verilere, Duncan'ın çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu test sonucuna göre düzenleyiciler arasındaki farklar önemli ( $p < 0.01$ ) çıkmıştır.

Dispersiyon oranı değerinde kontrole göre belirlenen ortalama (%) düşüşler Şekil 3'de verilmiştir. Söz konusu düşüşler (%) kil tekstür sınıfında yer alan 1 nolu toprakta 46.56, tınlı tekstürdeki 2 nolu toprakta 8.11 ve kumlu tın tekstürdeki 3 nolu toprakta ise 12.91 düzeyinde gerçekleşmiştir. Bir başka ifade ile düzenleyicilerin etkinlikleri tekstüre bağlı olarak değişim göstermiş olup topraklar bu bakımdan 1>3>2 şeklinde etkilenmişlerdir. PVA etkisinin 1 nolu toprak (85.90)> 3 nolu toprak (22.54)>2 nolu toprak(19.10), PAM'ın etkisinin 1 nolu toprak (42.0)> 3 nolu toprak (6.87)> 2 nolu toprak (5.23), HA'nın etkisinin 1 nolu toprak (11.79)>3 nolu toprak (9.33) >2 nolu toprak (0.00) belirlenmiştir (Şekil 1). Bu veriler hümik asit uygulamasının her üç toprakta da dispersiyon oranı değerini kontrole göre düşürdüğü, PVA'nın dispersiyon oranı değerini düşürmede ve erozyona karşı direnci artırmada en etkili düzenleyici olduğunu ifade etmektedir.



Şekil 3. Dispersiyon oranı değerinde düzenleyicilere göre belirlenen ortalama düşüşler, (PVA: polivinil alkol, PAM: poliakrilamid, HA:hüyük asit)

PVA, PAM ve HA uygulamaları toprakların dispersiyon oranında neden olduğu ortalama (%) değişimler, adı geçen düzenleyiciler arasında önemli farklılıklar göstermiştir. Bu üç düzenleyiciye ilişkin periyot uygulamalarının dispersiyon oranında ortaya çıkardığı düşüşler (%) Şekil 4'de sunulmuştur. Bu verilerden de görüleceği üzere, periyotların etki bakımından 2. periyot ( 29.92) > 1.periyot (28.88) > 3. periyot (16.76) > 4.periyot (14.73) şeklinde sıralandıkları tespit edilmiştir. Diğer bir ifade ile polimer ve hüyük asit uygulamalarının etkileri 2 periyotta en yüksek olup süre uzadıkça etkinlik azalmaktadır.



Şekil 4. Dipersiyon oranı değerinde kontrole göre periyotlarda belirlenen ortalama düşüşler

Dispersiyon oranı değeri toprakların erozyona karşı dirençlerinin değerlendirilmesinde kullanılan bir parametre olup oran değeri 15'in altında olan topraklar erozyona karşı dayanıklı, büyük olanlar ise erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilmektedir (Morgan, 2009; Özdemir, 2013). Deneme toprakları bu açıdan değerlendirildiğinde başlangıçta 1nolu örnek erozyona karşı dayanıklı, 2 ve 3 nolu örnekler ise erozyona karşı duyarlı olarak değerlendirilebilir. Uygulanan düzenleyiciler uygulama periyotlarına bağlı olarak oran değerini düşürerek toprakların erozyona karşı dirençlerini artırmakla birlikte dayanıklılık için verilen sınır değerin (<15) altına düşürmede 2 ve 3 nolu toprakta yeterli olamamışlardır. Diğer taraftan deneme bulguları bu doğrultuda irdelendiğinde dispersiyon oranı değerlerinin kullanılan düzenleyici türünden (PVA>PAM>HA) ve uygulama periyotlarından (1>2>3>4) şeklinde etkilendikleri ifade edilebilir (Çizelge 5).

Painuli ve Abrol (1988) kumlu tınlı tekstüre sahip sodik topraklar üzerinde PVA, PAM ve organik atıkları kullanarak yürüttükleri bir araştırmada PVA'nın dispersiyonu azaltmada etkili olduğunu belirlemişlerdir. Aksakal ve Öztaş (2010b) ise yürüttükleri bir araştırmada PVA, HA ve PAM uygulamalarının vertisol (kil), entisol (kil), mollisol (killi tın) ve aridisol (tın) sınıflarına ait dört farklı toprak grubunda strüktürel stabilite ve toprak kayıpları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar PVA, PAM ve HA uygulamalarının agregat stabilitesini, su geçirgenliğini, hidrolik iletkenliğini, geometrik ortalama çapı ve tarla kapasitesi değerlerini önemli düzeyde arttırdığını, dispersiyon oranını, hacim ağırlığı, yüzey akış ve toprak kayıplarını ise önemli ölçüde azalttığını belirlemişlerdir. Benzer bir araştırma yürüten Hacımüftüoğlu ve Canbolat (2020) ise PVA uygulamasının üç farklı tekstüre sahip (kumlu tın, killi tın ve kil) toprakta dispersiyon oranı değerlerini kontrole göre önemli ölçüde düşürdüğünü vurgulamışlardır.

## Sonuç ve Öneriler

Polivinil alkol (PVA), poliakrilamid (PAM) ve hümik asit (HA) uygulamalarının toprakta agregatlaşma ve dispersiyon oranı parametrelerinin gelişim süreci üzerine etkilerini belirlemek amacıyla sera koşullarında yürütülen bu çalışma sonucunda;

1. Deneme topraklarına uygulanan PVA, PAM ve HA, toprağın agregat satibilitesi değerini önemli ölçüde arttırmış, PVA'nın diğer düzenleyicilerden daha etkili olduğu, söz konusu artışların killi toprakta oransal olarak daha düşük düzeyde kaldığı belirlenmiştir. Uygulanan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA ve uygulama periyotlarının 1>2>3>4 şeklinde etkili oldukları belirlenmiştir.

2. Deneme konusu topraklarından killi tekstüre sahip 1 nolu toprağın erozyona karşı dayanıklı ( $DO < \%15$ ), tınlı ve kumlu tın tekstüre sahip 2 ve 3 nolu toprakların ise ( $DO > \%15$ ) erozyona karşı duyarlı oldukları tespit edilmiştir. PVA, PAM ve HA uygulamaları uygulama periyotlarına ve toprak bünyesine bağlı olarak oran değerlerinde belirgin düşüşler meydana getirerek toprakların erozyona karşı dirençlerini arttırmışlardır. Dispersiyon oranı değerinde 2 ve 3 nolu topraklarda meydana gelen değişimler bu toprakları erozyona karşı dirençli kılan değerlerin altına düşürmede yeterli olamamışlardır. Uygulanan düzenleyicilerin PVA>PAM>HA ve uygulama periyotlarının 1>2>3>4 şeklinde etkili oldukları görülmüştür.

Sonuç olarak, PVA, PAM ve HA uygulamalarının toprakta strüktürel parametrelerin gelişimini (agregat stabilitesi ve dispersiyon oranı) olumlu yönde etkilediği, etkinliğin adı geçen düzenleyicilerin kendi özelliklerine, toprak tekstür sınıfına ve periyot süresine bağlı olduğu, süre uzadıkça etkinliğin azaldığı saptanmıştır. Uygulamada bu hususa dikkat edilmesinde yarar vardır.

## Kaynaklar

- Aksakal EL, Öztaş T, 2010a. Effects of PVA, PAM and HA on Mean Weight Diameter and Wet Aggregate Stability of Soils. 45th Croatian & 5th International Symposium on Agriculture, 1201-1205.
- Aksakal EL, Öztaş T, 2010b. Polivinilalkol, Hümik Asit ve Poliakrilamid Uygulamalarının Strüktürel Stabilitate ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkileri. III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi, 953-962.
- Breune I, Forest L, Jobin P, Petit J, 2000. La Structure Du Sol Un Élément Clé De Sa Fertilité. Bibliothèque Nationale Du Québec.
- Brevik EC, Cerdà A, Mataix-Solera J, Pereg L, Quinton JN, Six J, Van Oost K, 2015. The interdisciplinary nature of soil. *Soil*, 1, 117-129.
- Demiralay İ, 1993. Toprak fiziksel analiz yöntemleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Erzurum.
- Dodd K, Guppy CN, Lockwood P, Rochester I, 2004. Comparison of applications of sand and polyacrylamide for separating the impact of the physical and chemical properties of sodic soils on the growth and nutrition of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *Supersoil 2004: Proceedings of the 3rd Australian New Zealand Soils Conference, University of Sydney, Australia, 5-9 December*.
- Ghezzehei T A, 2012. Soil Structure. *Handbook of Soil Sciences: Vol. 1. Properties and Processes*, 1-17.
- Hacımuftuoğlu F, Canbolat MY, 2020. Polivinil Alkol Uygulamasının Toprak Fiziksel Özellikleri ve Mısır Bitkisi (*Zea mays* L.) Gelişimi Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 51 (1), 32-43.
- Harris RF, Chesters G, Allen ON, 1966. Dynamics of soil aggregation. *Advances in Agronomy*, 18: 107-169.
- Houndonougbo MH, Yönter G, 2020. Comparing of the Effects of Liquefied Humic Substance (LHS), Polyacrylamide (PAM) and Polyvinylalcohol (PVA) on Runoff and Soil Losses. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57 (3): 351-358, 10.20289/zfdergi.580533.
- Imbue AU, Patti AF, Burrow D, Surapaneni A, Jackson WR, Milner AD, 2005. Effects of potassium humate on aggregate stability of two soils from Victoria, Australia. *Geoderma*, 125(3-4): 321-330.
- Kacar B, 2016. Biki, Toprak ve Gübre Analizleri, Fiziksel ve Kimyasal toprak Analizleri. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No.1524.
- Kukul SS, Kaur M, Bawa SS, Gupta N, 2007. Water-drop stability of PVA-treated natural soil aggregates from different land uses. *Catena*, 70: 475-479.
- Laz O, 2011. Toprak Düzenleyici Polimer (PVA, PAM & HJ) ve Hümik Asit (HA) Uygulamalarının Bazı Toprak Özellikleri ile Bitki Gelişimi Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı, 79, Erzurum.
- Morgan RPC, 2009. *Soil erosion and conservation*. ISBN1-4051-1781-8. P:45-320. John Wiley & Sons.
- Nadler A, Perfect E, Kay BD, 1996. Effect of polyacrylamide application on the stability of dry and wet aggregates. *Soil Science Society of America Journal*, 60(2): 555-561.
- Özdemir N, Öztürk E, Ekberli İ, 2015. Effects of organic and inorganic amendments on soil erodibility. *Eurasian Journal of Soil Science*, 4(4), 266-271.

- Özdemir N, 2013. Toprak ve Su Koruma. OMÜ Ziraat Fakültesi Ders kitabı No. 22. Samsun.
- Painuli DK, Abrol IP, 1988. Improving aggregate stability of sodic sandy loam soils by organics. *Catena*, 15(3-4), 229-239.
- Sarı S, Öztaş T, 2017. Polivinilalkol (PVA) Uygulamasının Strüktürel Stabilité Ölçütleri ve Yüzey Akış Kayıpları Üzerine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(1): 17-24.
- Soil Survey Staff. 1993. Soil survey manual. IICA CO 631.4 S6831s 1952.
- Sojka RE, Lentz RD, 1994. Time for yet another look at soil conditioners. *Soil Science*, 158: 233-234.
- Sojka RE, Lentz RD, 1996. A PAM primer: A brief history of PAM and PAM related issues. Symp. Managing Irrigation Induced Erosion and Infiltration with Polyacrylamide May 6-8, Twin Falls ID, University of Idaho, Miscellaneous Publication, 101/96, 11-20.
- Teo JA, Ray C, El-Swaf SA, 2006. Screening of polymers on selected Hawaii soils for erosion reduction and particle settling. *Hydrological Processes*, 20(1): 109-125.
- Yakupoğlu T, Öztaş T, 2016. Düzenleyici Olarak Kullanılan Bazı Polimerlerin Toprak ve Su Kayıpları Üzerine Etkilerinin Agregat Büyüklüğüne Bağlı Olarak Yapay Ardıl Yağışlar Altında Araştırılması. TÜBİTAK MFAĞ Projesi.
- Yakupoglu T, Rodrigo-Comino J, Cerdà A, 2019. Potential Benefits of Polymers in Soil Erosion Control for Agronomical Plans: A Laboratory Experiment. *Agronomy*, 9(6), 276.



## Bor uygulamasının şeker pancarında çimlenme ve erken gelişim dönemindeki etkilerinin araştırılması

İD Negar Ebrahim Pour MOKHTARİ<sup>1</sup>, İD Nihan Tazebay ASAN<sup>2</sup>, İD Ferhat KIZILGEÇİ<sup>3\*</sup>

<sup>1</sup>Gaziantep Üniversitesi, İslahiye MYO, Organik Tarım Bölümü, Gaziantep

<sup>2</sup>Şırnak Üniversitesi, İdil MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Şırnak

<sup>3</sup>Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe MYO, Tohumculuk Bölümü, Hayvansal Üretim Bölümü, Mardin

### Özet

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), küresel ölçekte önemli ve stratejik bir üründür. Pancar bitkisinin bor (B) ihtiyacının yüksek olmasına rağmen, B uygulamalarının çimlenme ve fide gelişimine etkisi hakkında fazla bir veri bulunmamaktadır. Bu araştırma, B elementinin şeker pancarı tohumlarının çimlenme ve fide gelişmesine etkilerini incelemek için laboratuvar koşullarında yürütülmüştür. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada 'BR1' şeker pancarı çeşidine beş farklı dozda B (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ppm) uygulanmıştır. Varyans analizine (ANOVA) göre çalışmada incelenen kök uzunluğu, fide yüksekliği, fide kuru ağırlığı ile sürme hızı ve sürme gücü bor uygulamalarından önemli ölçüde etkilenmiştir. Çalışma sonunda 0.2 ppm B uygulamasının BR1 şeker pancarı çeşidinin kök uzunluğu, fide uzunluğu, fide kuru ağırlığı, sürme hızı ve sürme gücü özellikleri üzerine olumlu etkisi olduğu belirlenmiştir. Bununla birlikte, 1.6 ppm B uygulamasının ise incelenen parametrelerin tamamında şeker pancarı fidelerinde olumsuz etki oluşturduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Şeker pancarı, çimlenme, kök, fide, sürme hızı, tohum

### Investigation of the effects of boron application on germination and early seedling development of sugar beet

### Abstract

Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) is a major source of sugar on a global scale. Despite the fact that the sugar beet crop has a high need for boron (B), there is little data on the effect of B applications on germination and seedling growth. A laboratory experiment was conducted to examine the effects of boron application on sugar beet germination, and seedling stage. The experiment was arranged in completely randomized design with three replications. Cultivar 'BR1' was treated with five levels of boron (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ppm) for the experiment. According to analysis of variance (ANOVA). It was found that the root length, seedling height, seedling dry weight as well as seedling emergence rate and seedling emergence vigour were considerably affected by boron administrations. As a result, 0.2 ppm boron application had a positive effect on the root length, seedling height, seedling dry weight, seedling emergence rate and seedling emergence vigour. However, 1.6 ppm boron application had a negative effect on investigated traits.

**Keywords:** Sugar beet, germination, root, seedling, seedling emergence rate, seed

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Günlük yaşamımızda önemli bir yere sahip olan şeker, hammadde olarak dünya coğrafyasında birçok bitkide bulunmasına rağmen, en fazla şeker pancarı ve şeker kamışında bulunmaktadır. Dünyada şeker üretilen en önemli ekonomik ürünlerden birisi olan şeker pancarı, ham şeker rezervlerinin % 40'ını sağlamaktadır (Elliot ve ark., 1996). TÜİK (2020) verilerine göre Türkiye'de 2019 yılında şeker pancarı 292 bin hektar alanda 17.436 ton üretim yapılmıştır. Şeker pancarı yetiştiriciliğinde toprakta azot, fosfor ve potasyum gibi makro elementlerin varlığı kadar, mikro besin elementlerinin de mevcudiyeti, şeker pancarının üretimini ve

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (533) 603-1545

E-posta : [ferhatkizilgeci@artuklu.edu.tr](mailto:ferhatkizilgeci@artuklu.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 17 Şubat 2022

Kabul Tarihi : 23 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1075272



kalitesini büyük ölçüde etkilemektedir (Malakouti and Tehrani, 2000; Dordas, ve ark., 2007). Mikro besin elementleri içerisinde yer alan B, bitkilerin üretimini belirleyen ve geliştiren birçok fizyolojik olayda yer almasının yanı sıra; proteinlerin, karbohidratların ve nükleik asitlerin asimilasyonunda önemli rol oynamakla birlikte eksikliğinde bitkide büyümede yavaşlama, verim ve kalite de düşüşe yol açmaktadır (Singh, 1998). B noksanlığı aynı zamanda bitkide şeker birikimine, fotosentez veriminin düşmesine ve dolayısıyla köklerdeki şeker oranının azalmasına, büyüme geriliğine neden olmakta ve bazı besin elementlerinin topraktan emilimini engellemektedir (Saenz, 2001). Bu nedenle söz konusu bitkiler tüm büyüme periyodu boyunca belli bir düzeyde B gereksinimi duymaktadır (Turan ve Horuz, 2012). B eksikliği şeker pancarında büyümede gerileme, genç yapraklar birbirine yakın bir şekilde oluşur ve alt kısma doğru daralmaktadır. Yaprak damarlar arasında sarımsı yeşil ve sarı renkli lekeler meydana gelmektedir. Armin ve Asgharipour (2012), %17 B içeren borik asit ( $H_3BO_3$ ) solüsyonunu 4 farklı dozda (% 0.0, 0.4, 0.8 ve 0.12) yapraklardan uyguladıkları çalışmalarında şeker pancarının verimi üzerine en yüksek etkinin % 0.8 B uygulamasında olduğunu bildirmişler. Bu çalışma, laboratuvar BR1 şeker pancarı çeşidine farklı dozlarda B uygulamasının çimlenme ve fide dönemindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

## Materyal ve Yöntem

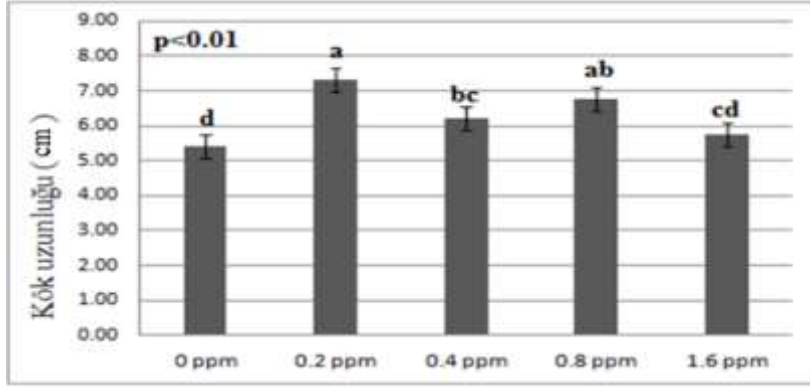
Araştırma Tarım ve Orman Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne ait laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Çalışmada BR1 şeker pancarı çeşidi kullanılmıştır. Çimlendirme öncesinde; tohumlar % 10 hidrojen peroksit solüsyonu ile 3 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve daha sonra saf su ile 3 kez durulanmıştır. Her bir uygulama için  $50 \times 3 = 150$  adet tohum sayılıp hazırlandıktan sonra, tohumlar Petri kaplarına muntazam bir şekilde yerleştirilmiştir. Araştırmada 5 farklı dozda (0, 0.2, 0.4, 0.8, 1.6 ppm) hazırlanan borik asit ( $H_3BO_3$ ) her bir petriye 5 ml uygulanmıştır. Daha sonra, petri kapları  $20 \pm 1^\circ C$  sıcaklıktaki çimlendirme kabinlerine yerleştirilmiştir. Uluslararası Tohum Test Birliği (International Seed Testing Association-ISTA) kurallarına göre dördüncü ve on dördüncü günde çimlenen tohumlar sayılarak, sırasıyla çimlenme hızı ve çimlenme gücü % olarak belirlenmiştir. Ayrıca on dördüncü günün sonunda, kök ve fide uzunluğu (cm), kök ve fide yaş ağırlığı (g) hassas terazide tartılmıştır. Kök ve fide kuru ağırlığının hesaplanması için, yaş ağırlıkları hesaplanan örnekler  $70^\circ C$  sıcaklığa ayarlanmış etüvde 48 saat süre ile inkübe edilmiştir. Numuneler 48 saat sonra erdikten sonra, desikatörde soğutulmuş hassas terazi ile tartılmış ve fide kök ve fide kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Sürme hızı ve sürme gücü testi için  $40 \times 40 \times 10$  cm büyüklüğünde ve kapaklı kaplar kullanılmıştır. Yetiştirme ortamı olarak her kap için 2000 g steril kum kullanılmıştır. Her bor dozu uygulaması için 2000 g steril kuma 100 mL bor dozu uygulanıp karıştırıldıktan sonra kaplara doldurulmuştur. Her uygulama (3x50 tohum) olacak şekilde ayarlanıp tohumlar 5 cm derinlikte ekilmiştir. Kaplar iyice kapandıktan sonra hazırlanan kaplar  $25 \pm 1^\circ C$  ve % 70 neme sahip olan iklim dolabına yerleştirilip 14 ve 21'inci günde çıkış yapan tohumlar sayılarak sırayla sürme hızı ve sürme gücü olarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler JMP 10. istatistik paket programı kullanılarak varyans analizi uygulanmıştır. Daha sonra, LSD çoklu karşılaştırma testi kullanılarak parametreler arasındaki farklılıklar önem derecesine göre gruplandırılmıştır.

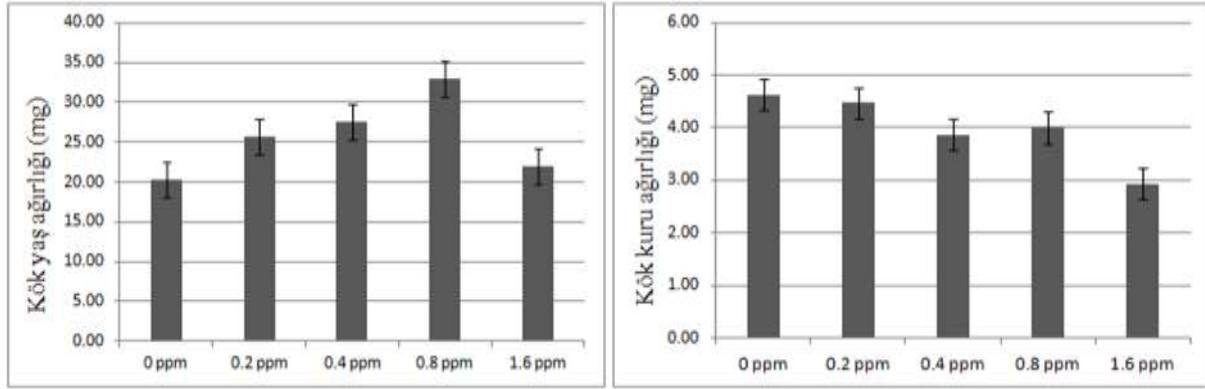
## Bulgular ve Tartışma

### Kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı

Bor uygulamasının şeker pancarının kök özellikleri üzerine etkileri Şekil 1 ve 2'de verilmiştir. Yapılan varyans analizi sonucuna göre, B'un incelenen özelliklerden sadece kök uzunluğu üzerine etkisinin istatistiksel olarak önemli ( $p < 0.01$ ) olduğu görülmüştür. Kök uzunluğu 5.41 cm ile 7.33 cm arasında değişim göstermiş olup, 0.2 ppm bor uygulamasının kök uzunluğunu artırıcı yönde etkiye sahip olduğu tespit edilmiştir. Ancak, 1.6 ppm bor uygulamasında kök uzunluğunda azalma meydana gelmiştir (Şekil 1). Bor fitotoksitesinin önemli belirtilerinden biri, kök büyümesinin inhibe edilmesidir (Choi ve ark., 2007). B, hücre bölünmesinden daha ziyade hücre uzamasını sınırlamayı kök büyümesini engellemektedir (Brown ve ark., 2002). Kök yaş ağırlığı değeri 20.30 ile 32.90 mg aralığında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kök kuru ağırlığı 2.93-4.63 mg arasında değerlere sahip olduğu görülmüştür.



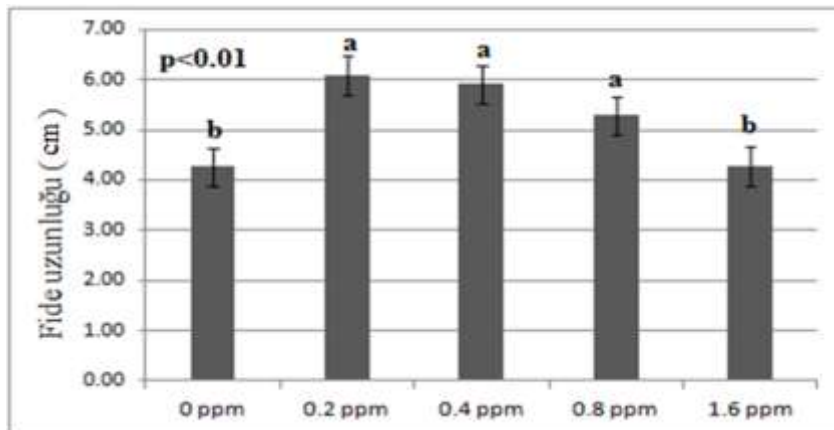
Şekil 1. Borun şeker pancarında kök uzunluğuna etkisi (Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez)



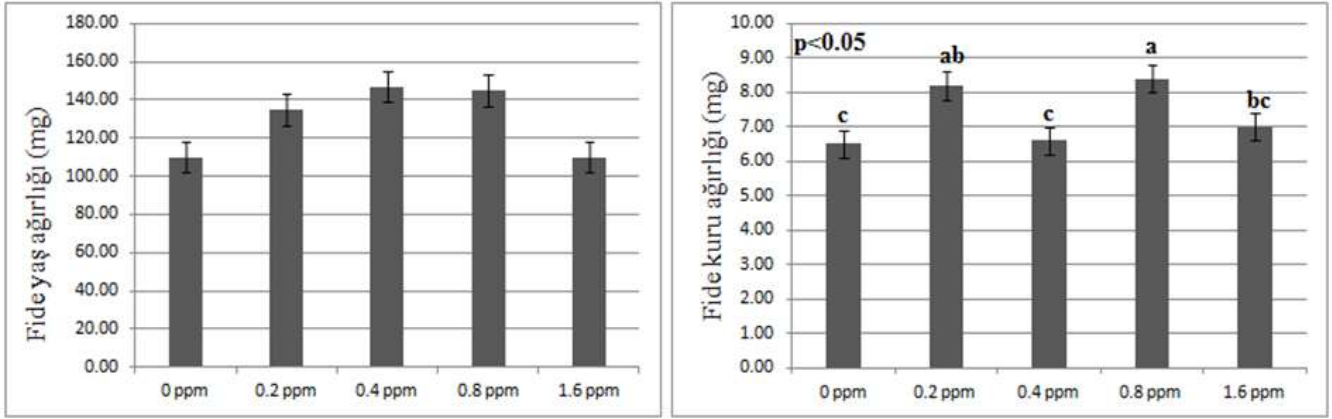
Şekil 2. Borun şeker pancarında kök yaş ve kök kuru ağırlığına etkisi

### Fide uzunluğu, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı

Bor uygulamasın şeker pancarı tohumlarının fide özelliklerine ait ortalama değerleri Şekil 3 ve 4'te verilmiştir. Fide uzunluğu ve fide kuru ağırlıkları sırasıyla % 1 ve % 5 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar oluştuğu görülmüştür. Fide yaş ağırlığında ise istatistiksel olarak farklılık belirlenmemiştir. En yüksek fide uzunluğu 0.2 ppm B uygulamasında belirlenmesine rağmen (6.09 cm); istatistiksel olarak 0.4 ppm (5.91 cm) ve 0.8 ppm (5.28 cm) doz uygulamalarıyla aynı grupta yer almışlardır. 1.6 ppm doz uygulaması ise kontrol ile aynı grupta yer almıştır (Şekil 3). Bu sebeple, fide uzunluğu üzerine yüksek doz bor uygulamasının olumsuz etkiye neden olduğu görülmüştür. Scivittaro ve Machado (2004) B'un eksiklik ve toksisite aralığının oldukça dar olması nedeniyle uygulamada dikkatli olunması gerektiğini rapor etmişlerdir. Ayvaz ve ark. (2012)'da benzer şekilde arpaya uygulanan bor dozundaki artışa paralel olarak fide uzunluğunda azalma oluştuğunu bildirmişlerdir. Fide yaş ağırlığı 110 mg ile 147 mg değerleri aralığında değişim göstermiş olmakla birlikte istatistiksel olarak bu fark önemli bulunmamıştır. Shelp ve Shattuck (1987) lahanada yaptıkları çalışmalarında yaş ağırlığının en yüksek 1 ppm B uygulamasında elde ettiklerini bildirmişlerdir. Çalışmamızda en yüksek fide kuru ağırlığı değeri 8.40 mg ile 0.8 ppm bor uygulamasında görülürken, en düşük değer ise kontrol uygulamasında elde edilmiştir (Şekil 4).



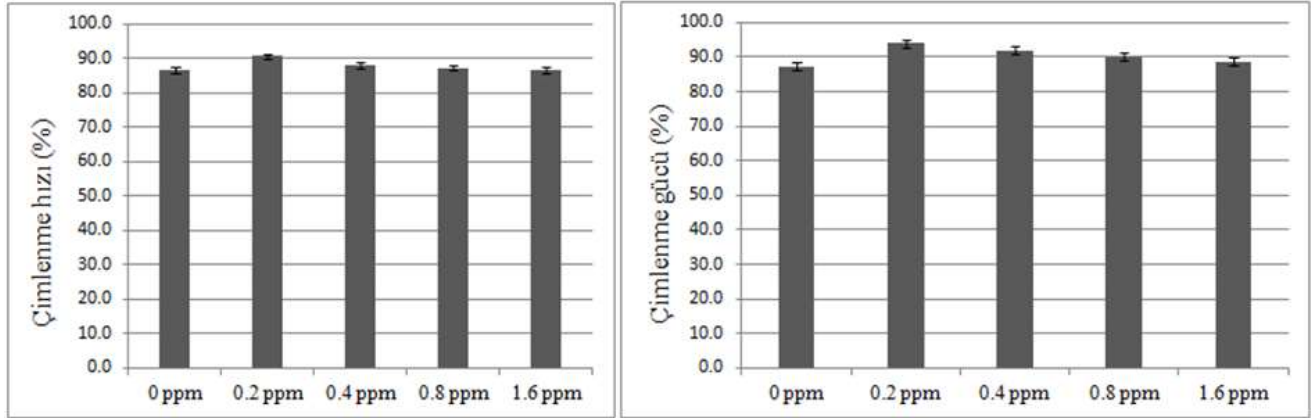
Şekil 3. Borun şeker pancarında fide uzunluğuna etkisi (Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez)



Şekil 4. Borun şeker pancarında fide yaş ve fide kuru ağırlığına etkisi (Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez)

### Çimlenme hızı ve çimlenme gücü

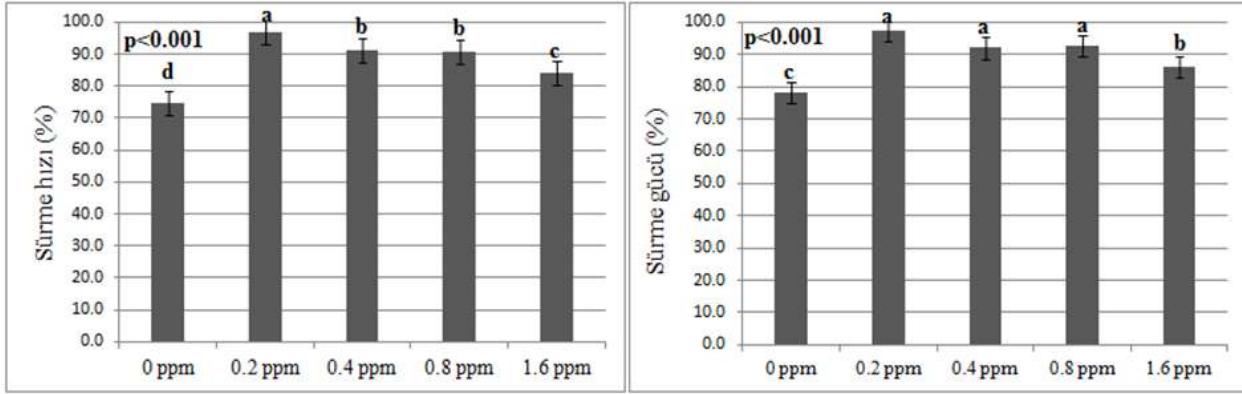
Bor uygulamasının şeker pancarı tohumlarının çimlenme hızı ve çimlenme gücüne ait ortalama değerleri Şekil 5'de verilmiştir. Bor uygulamasının şeker pancarının çimlenme hızı ve gücü özelliklerine etkisi istatistiksel olarak farklılık göstermemiştir. Çimlenme hızı 0.2 ppm bor dozunda % 90.7 olurken 0 ppm ve 1.6 ppm bor dozlarında % 86.7 olduğu görülmüştür. Çimlenme gücü özelliği 0.2 ppm bor uygulamasında en yüksek değere sahip olurken 0 ppm (kontrol) bor uygulamasında en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Çimlenme hızı ve çimlenme gücü özellikleri için en yüksek değer 0.2 ppm bor uygulamasında belirlenmiştir. Ancak 0.2 ppm bor uygulamasından sonraki uygulamalarda çimlenme hızı ve gücünde azalma meydana gelmiştir. Muhammed ve ark. (2013) yüksek bor konsantrasyonunun buğday ve mısırdaki çimlenme hızını azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmamızdan farklı olarak Ebrahim Pour Mokhtari ve Kızılgeçi (2021a) soyada 3.2 ppm ve Ebrahim Pour Mokhtari ve Kızılgeçi (2021b) buğdayda 0.8 ppm bor uygulamasının çimlenme hızı üzerine olumlu etkiye neden olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuca göre, bor dozlarının farklı bitki türlerinde çimlenme hızı ve gücüne etkisinin değişkenlik gösterdiğini göstermiştir.



Şekil 5. Borun şeker pancarında çimlenme hızı ve çimlenme gücüne etkisi

### Sürme hızı ve sürme gücü

Bor uygulamasının şeker pancarı tohumlarının sürme hızı ve sürme gücüne ait ortalama değerleri Şekil 6 da verilmiştir. Sürme hızı ve sürme gücü özellikleri için % 0.1 seviyesinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğu görülmüştür. Sürme hızı 0.2 ppm bor dozunda % 96.7 olurken 0 ppm dozunda % 74.7 olduğu görülmüştür. Sürme gücü özelliği, 0.2 ppm bor uygulamasında en yüksek değere sahip olmuştur. 0.4 ve 0.8 ppm dozları ise 0.2 ppm dozu ile aynı istatistik grupta yer aldığından dolayı benzer etkiye sahip olmuşlardır. Sürme gücü 0 ppm (kontrol) bor uygulamasında en düşük değere sahip olduğu görülmüştür. Kontrole göre sürme hızı ve sürme gücündeki artış B'un endosperm ve embriyodaki alfa-amilaz aktivitesini aktive ederek ve tohum dormansisini kırarak tohum çimlenmesini uyarmasından dolayı olabilir (Cresswell and Nelson, 1973).



Şekil 6. Borun şeker pancarında sürme hızına ve sürme gücüne etkisi (Aynı harfle gösterilen değerler, %5 düzeyinde farklılık göstermez)

## Sonuç

Şeker pancarına uygulanan farklı dozlarda borun çimlenme ve erken gelişim dönemindeki etkilerini araştırıldığı çalışmamızda, düşük düzeyde bor uygulamasının kök, fide ve çimlenmeyi önemli derecede artırmıştır. Özellikle 0.2 ppm bor dozunun incelenen özellikler üzerinde olumlu etkiye sahip olduğu görülmüştür. Ancak yüksek dozda (1.6 ppm) bor uygulamasında ise olumsuz yönde etkilediği belirlenmiştir. Bu çalışma sonucunda şeker pancarının erken fide döneminde bor elementinin toksik veya artırıcı etkisine daha detaylı çalışmalar yapılarak incelenmesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

- Armin M, and M Asgharipour, 2012. Effect of time and concentration of boron foliar application on yield. JAES, 12(4):444-448.
- Ayvaz M, Koyuncu M, Guven A, Fagerstedt KV 2012. Does boron affect hormone levels of barley cultivars?. Eurasian J of BioSci., 6:113-120.
- Brown PH, Bellaloui N, Wimmer M, Bassil ES, Riuz J, Hu H, Pfeffer H, Dannel F, Romheld V, 2002. Boron in plant biology. Plant Biol. 4:205-227.
- Cresswell CF, Nelson H, 1973. The Influence of boron on the RNA level, 6-amylase activity, and level of sugars in germinating Themeda triandra Forsk Seed. Ann. Bot., 37(3):427-438.
- Choi EY, Kolesik P, McNeill ANN, Collins H, Zhang Q, Huynh BL, Stangoulis J. 2007. The mechanism of boron tolerance for maintenance of root growth in barley (*Hordeum vulgare* L.). Plant Cell Env., 30(8):984-993.
- Dordas C, Apostolides GE, Goundra O, 2007. Boron application affects seed yield and seed quality of sugar beets. J. Agric. Sci., 145(4):377-384.
- Ebrahim Pour Mokhtari N, Kızılgeçi F, 2021a. Effect of different boron concentrations on germination and seedling stage of soybean [*Glycine max* (L.) Merr]. 2nd International Baku Conference on Scientific Research, 28-33, 28-30 April, Azerbaijan.
- Ebrahim Pour Mokhtari N, Kızılgeçi F, 2021b. Wheat germination and early seedling period are affected by different doses of boron fertilizer. EUROASIA Congress on Scientific Researches and Recent Trends-VIII, 470-474, 2-4 August, Phillipine.
- Elliott MC, Chen DF, Fowler MR, Kirby MJ, Kubalakova M, Scott NW, Zhang CL, Slater A, 1996. Towards the perfect sugar beet via gene manipulation. Sugar Crops China, 1:23-30.
- Malakouti MJ, Tehrani M, 2000. The role of micronutrients in yield increase. Small elements with large effects. Tarbiat Modarres University Press, 299.
- Muhammad HRS, Tasveer ZB, Uzma Y, 2013. Boron irrigation effect on germination and morphological attributes of *Zea mays* cultivars (Cv.Afghoe & Cv.Composite). Int. J. Sci. Engi. Res., 4(8):1563-1569.
- Saenz JL, 2001. Boron fertilization-A key for success. Vineyard and Vintage View, 17(1):1-12.
- Scivittaro WB, Machado MO, 2004. Adubação e calagem para a cultura do arroz irrigado. In Arroz irrigado no Sul do Brasil Brasília: Embrapa Informação Tecnológica., 259-303.
- Shelp BJ, Shattuck VI, 1987. Boron nutrition and mobility and its relation to hollow stem and the elemental composition of greenhouse grown cauliflower. J.Plant Nut., 10(2):143-162.
- Singh NT, 1998. Effect of quality of irrigation water on soil properties. Journal of Research, Punjab Agricultural University, 5:166-171.
- TUİK, 2020. Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr (Erişim:12.11.2021).
- Turan, M. & Horuz, A. 2012. Bitki beslemenin temel ilkeleri. In Bitki Besleme (Plant Nutrition), edited Karaman, M.R. Ankara: Pelin Ofset Publication, 123-347.



## Damla sulama uygulamalarının ceviz bahçelerinde toprak tuzluluğuna etkisinin belirlenmesi\*

✉ Miray ÖTKEN, ✉ Tolga ERDEM\*\*

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tekirdağ

### Özet

Bu çalışmada, damla sulama yöntemi altında farklı sulama suyu uygulamalarının ceviz bahçelerindeki toprak tuzluluğuna olan değişimleri incelenmiştir. Araştırma, Tekirdağ koşullarında 2019 yılında yürütülmüştür. Araştırmada ceviz ağaçlarına, 5 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerlerinin %75, 100 ve 125'inin uygulandığı üç farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Deneme konularına 18 kez sulama uygulaması ile birlikte 361,48 ile 602,44 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda, deneme konularında bitki büyüme mevsimi boyunca ölçülen bitki su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyu miktarlarına bağlı olarak 575,98 ile 809,94 mm arasında değişmiştir. Günlük bitki su tüketimi değerleri ise 1,44 ile 8,67 mm/gün arasında ölçülmüştür. Çalışmada sulama uygulamaları ile birlikte toprak tuzluluğunun değişimine yönelik ölçümler sulama sezonu öncesinde, sulama sezonu ortasında ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 farklı zamanda ve 7 farklı örnekleme noktasından gerçekleştirilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinin %75'inin uygulandığı deneme konusunda sulama sezonu sonunda tüm profillerde toprak tuzluluğunun arttığı saptanmıştır. Ayrıca, sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında genel olarak tuzluluk miktarının iki damlatıcı arasındaki profilde (3) ve iki lateralın tam ortasında bulunan profilde (2) arttığı görülmüştür. Araştırmada farklı sulama suyu uygulamalarının toprağın pH değerlerine olan etkisi de incelenmiştir. Elde edilen pH değerleri ölçüm yapılan tüm noktalarda sulama sezonu ortasında ve sonunda azalmıştır. Sonuçta, Trakya Bölgesinde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle sulama uygulamaları ile birlikte tuzluluk kontrolü için izleme ve kontrol aşamalarının önemli olduğu ortaya konulmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Bitki su tüketimi, ceviz, toprak tuzluluğu, pH

### Determination of the effect of drip irrigation applications on soil salinity in walnut orchards

#### Abstract

In this study, the changes in soil salinity in walnut orchards of different irrigation water applications under the drip irrigation method were investigated. The research was carried out in Tekirdag conditions in 2019. In the study, three different irrigation water applications were applied to walnut trees, in which 75, 100 and 125% of the evaporation values measured from the A class evaporation pot were applied during the 5 day irrigation interval. Irrigation water between 361,48 and 602,44 mm was applied to the treatments with 18 times irrigation application. As a result of the research, the evapotranspiration values measured during the plant growing season in the treatments varied between 575,98 and 809,94 mm depending on the amount of irrigation water applied. The daily evapotranspiration values measured between 1,44 and 8,67 mm day<sup>-1</sup>. In the study, measurements for the change of soil salinity with irrigation practices were carried out at 7 different sampling points, in 3 different times, before the irrigation season, in the middle of the irrigation season and at the end of the irrigation season. It was determined that the soil salinity increased in all profiles at the end of the irrigation season in the experiment in which 75% of the evaporation values measured from the Class A pan were applied. In addition, it was observed that the amount of salinity increased in the profile between the two drippers (3) and in the profile (2) located in the middle of the two laterals in all trial subjects with irrigation applications. Also, the changes in soil pH values of different irrigation water applications were investigated. The obtained pH values decreased in the middle and end of the irrigation season at all measurement points. As a result, it has been revealed that monitoring and control stages are important for the control of salinity, especially with irrigation practices, in terms of the protection of soil and water resources in the Thrace Region.

**Keywords:** Evapotranspiration, walnut, soil salinity, pH

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

\* Makale Miray ÖTKEN' in yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

\*\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (282) 250-2264

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

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 3 Mart 2022

Kabul Tarihi : 26 Mayıs 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1082142

## Giriş

Dünya nüfusunun hızlı bir şekilde artışı kolayca görülen bir gerçek olup beraberinde insanlığın temel beslenme gereksinimi ile ilgili sorunları ortaya çıkarmaktadır. Besin öğelerinin yalnızca miktarı değil; kalitesi, güvenilirliği ve doğal kaynakların korunumu da önemlidir. Dolayısıyla, kısıtlı doğal kaynakları altında tarımsal üretimin sürdürülmesi ne kadar önemliyse doğal kaynaklarının bozunumunun (degradasyonunun) önlenmesi de o kadar önemlidir. Tarımsal yetiştiricilikte bitkinin doğal gelişimini sağlayabilmek için beslenme ortamında yeterli miktarda nemim bulunması gerekmektedir. Toprak neminin kaynağını yağışlar veya yağışların yetersiz olduğu koşullarda ise sulamalar oluşturmaktadır. Doğal yağışlarla bu nemi sağlayabilen bölgelerde bitki gelişme mevsimi boyunca düşen yağışların miktarı ile dağılımı yeterli olmakta ve bitki su ihtiyacı karşılanabilmektedir. Ancak kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmakta ve bitki su ihtiyacını karşılayamamaktadır. Dolayısıyla, bitki kök bölgesindeki eksik nem sulama suyu ile tamamlanmaktadır (Gürgülü ve Ul 2017). Tarımsal sulamalarda, suyun toprağa farklı yöntemlerle verilmesi mümkündür. Günümüzde daha az sulama suyu, az işçilik, drenaj ve tuzluluk sorunu yaratmayacak, verim ve kaliteyi artıracak sulama yöntemlerinin kullanımının önemi her geçen gün artmaktadır. Bu yöntemler içerisinde damla sulama yöntemi ön plana çıkmaktadır.

Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülmektedir. Önlem alınmadığı durumda ve sulamanın yapılması halinde tuzlanma çok daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Sulamanın yanlış uygulanması, yeterli drenajın olmaması veya sulama suyunda yüksek miktarda eriyebilir tuzların bulunması tuzlanmanın diğer nedenleri arasında sayılmaktadır (Ergene, 1982; Kwiatowsky, 1996; Kara, 2002; Deliboran ve Şavran 2015). Tuzluluk dünya çapında bir sorun haline gelmiştir ve her sene 10 milyon ha arazi tuzluluk problemi nedeniyle elden çıkmaktadır (Kwiatowsky, 1996). Tuzlu sulama suyu koşullarında, her ne kadar toprak suyunda erimiş tuzların neden olduğu ozmotik basınç yüksek olsa da büyüme mevsimi süresince daima yüksek toprak nemi söz konusu olduğundan, suyun toprak taneleri tarafından tutulma gücü (matrik tansiyonu) düşük düzeyde olmaktadır. Bu iki değer toplamı olan toprak nem geriliminde bitki, suyu kökleri ile alabilmektedir. Sonuçta, yüzey ve yağmurlama sulama yöntemlerinde uygulanamayacak kadar tuzlu olan sulama suyu, damla sulama yönteminde uygulanabilmektedir. Damla sulama yönteminde, son derece düşük kapasiteli su kaynaklarından dahi yararlanılabilir (Güngör ve ark., 2012). Böylece, tuzlu toprak koşullarında, damla sulama yöntemi altında, toprak tuzluluğuna duyarlı bitkiler bile güvenle yetiştirilebilir.

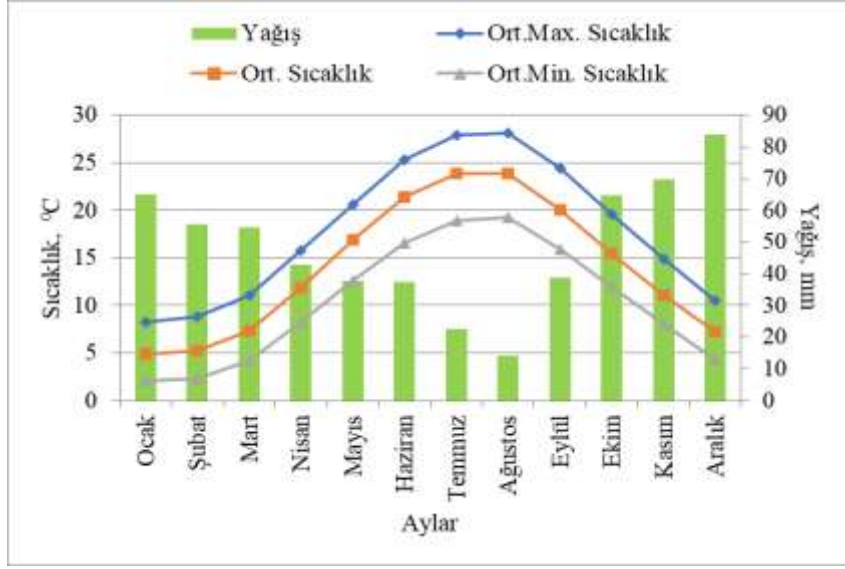
Ülkemiz, dünya üzerinde bulunan coğrafi konumu sebebiyle tropik bahçe bitkileri hariç bütün meyve türleri için oldukça elverişli bir iklime sahiptir. Bu bakımdan ülkemiz, bahçe bitkileri kültürünün doğuş yeri, dünyada yetişen birçok meyve çeşidinin anavatanı durumundadır (Ağaoğlu ve ark., 1997). Türkiye’de yetiştirilmekte olan meyve türlerinin ciddi bir kısmını ılıman iklim meyveleri oluşturmaktadır. Bunlar içerisinde üzüm, elma, fındık, armut, şeftali, kayısı, erik, kiraz, ceviz, kestane, ayva, badem, antep fıstığı gibi türler yaygın olarak yetiştirilmektedir. Ceviz eski çağlardan beri beslenme ve medikal alanlarda değerlendirilen önemli bir bitkidir. Besin değeri açısından oldukça değerli olan ceviz, tiamin, vitamin B6 ve folacin vitaminlerini bulundurmaktadır. Öte yandan demir, çinko, bakır, magnezyum, fosfor ve potasyum miktarı bakımından da zengindir. Yüksek düzeyde protein içermesi (100 g iç cevizde 14 g protein) beslenmede ceviz bitkisini önemini artırmaktadır. Sert ve yeşil kabuğu, kökü, meyvesi, yaprağı ve gövdesiyle her aksamı yararlı bir şekilde kullanılabilen cevizin dünya ve ülkemiz için yetiştiriciliği çok önemlidir. Beslenme konusunun dışında mobilya, ilaç, kozmetik ve boya endüstrisinde de kullanılması cevizin ekonomik katma değerini de yükseltmektedir (Tekintaş ve ark., 1991; Akça, 2016).

Cevizin gen merkezi ve anavatanları içerisinde bulunan Türkiye ceviz varlığı olarak dünyada önemli bir konumda olmasına karşın, üretim ve ihracat yönünden beklenen noktada değildir. Türkiye 2018/19 yılında 30 bin ton ihracat ve 103 bin ton ithalat yapmıştır. Ülkemizde yıllık ceviz üretim miktarı 2018/19 verilerine göre 215 bin ton civarında olup ortalama verimin 22 kg/ağaç olduğu görülmektedir (TÜİK, 2020). Ülkemizde ceviz ağaçlarından elde edilen verim değerlerinin diğer ülkelerden daha az olduğu görülmektedir. Bu durumun AR-GE çalışmalarına çok geç başlamamız, aşılı çeşitlere daha yeni geçmemiz, özellikle sulama, budama ve gübreleme işlemlerinin tekniğine uygun yapılmamasından kaynaklandığı söylenebilir.

Bu çalışmada son yıllarda ülkemiz ve Trakya Bölgesi koşullarda giderek artan ceviz bahçelerinde damla sulama uygulamaları altında topraktaki tuz değişimleri incelenmiştir. Elde edilen sonuçların özellikle toprak ve su kaynaklarının planlanmasında ve izlenmesinde önemli olacağı düşünülmektedir.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma, 2019 yılında Tekirdağ ili Süleymanpaşa ilçe merkezinde yer alan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü'nde bulunan ceviz bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Deneme alanı 40°59' kuzey enlem derecesi ile 27°29' doğu boylam derecesinde olup denizden yüksekliği 44 m'dir. Enstitü tarım alanının toplamı 979 da bu alanın %91'inde araştırma ve üretim faaliyetleri devam etmektedir. Alanın %75'inde sulu tarım yapılabilmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü alan yarı kurak bir iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Uzun yıllar ortalamalarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 14,1°C'dir. Aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 5,0°C ile Ocak, en sıcak ay ise 24,0°C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Yıllık 580,8 mm olan ortalama yağış miktarının çoğunluğu Ekim ile Nisan ayları arasındaki dönemde düşmektedir. Yıllık ortalama bağıl nem %76,9'dur. Yıllık rüzgâr hızının 2 m yükseklikteki ortalama değeri 2,90 m/s'dir. Ayrıca, Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi Şekil 1'de verilmiştir.



Şekil 1. Tekirdağ ili uzun yıllar sıcaklık-yağış ilişkisi

Araştırma alanının 2 farklı yerinde açılan toprak profillerinden alınan toprak örneklerinde yapılan fiziksel analizler sonucunda toprağın bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Blake (1965) ve Benami ve Diskin (1965)' de açıklanan esaslara göre belirlenmiş ve ortalama değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgede verilen değerler incelendiğinde, deneme arazisinin killi tın ve killi toprak bünye sınıfında olduğu belirlenmiştir. Bozulmamış toprak örneklerinden belirlenen hacim ağırlığı değerleri ise 1,49-1,61 g/cm<sup>3</sup> aralığında değişmiştir. Toprağın gerçek su alma hızı değerini belirlemek için kullanılan çift silindir infiltrometre ölçmeleri sonucunda su alma hızı 12 mm/h olarak ölçülmüştür. Toprak verimliliğinin belirlenmesi amacıyla 0-20 cm ve 20-40 cm aralığındaki derinliklerden alınan toprak örneklerinin analizi yapılmıştır. Yapılan bu analize ilişkin sonuçlar Çizelge 2'de gösterilmiştir. Denemede ceviz ağaçlarının sulanmasında kullanılacak sulama suyuna iki farklı noktadan alınan örneklerde yapılan sulama suyu analiz sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Çizelgede görüleceği gibi sulama suyunun kalite sınıfı T2S1 olarak belirlenmiştir. Bu değere göre, mevcut sulama suyunun ceviz ağaçlarının sulanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi (%)	(mm)	Solma noktası (%)	(mm)	Hacim ağırlığı (g/cm <sup>3</sup> )	Kullanılabilir su tutma kapasitesi (mm)
0-30	Killi-Tın	26,01	116,26	17,9	80,06	1,49	36,20
30-60	Killi-Tın	28,45	134,85	19,7	93,43	1,58	41,42
60-90	Kil	31,76	153,40	22,9	110,90	1,61	42,50
90-120	Kil	30,17	143,01	21,1	100,25	1,58	42,70
0-90			404,51		284,39		120,12
0-120			547,52		384,64		162,36

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Profil derinliği (cm)	Su ile doygunluk (%)	EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	pH	Kireç $\text{CaCO}_3$ (%)	Fosfor $\text{P}_2\text{O}_5$ (kg/da)	Potasyum $\text{K}_2\text{O}$ (kg/da)	Organik madde (%)
0-20	58	579	7,62	13,4	5,30	109,3	0,86
20-40	58	573	7,77	11,4	0,39	68,0	1,12

Çizelge 2. Sulama suyu analiz sonuçları

Örnek no	Sulama suyu sınıfı	EC ( $\mu\text{mhos/cm}$ )	SAR	pH	Katyonlar (me/L)			Anyonlar (me/L)		
					$\text{Na}^+$	$\text{K}^+$	$\text{Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2}$	$\text{HCO}_3^{-1}$	$\text{Cl}^-$	$\text{SO}_4^{-2}$
1	$\text{T}_2\text{S}_1$	720	0,87	7,7	1,40	0,12	5,16	6,00	0,41	0,27
2	$\text{T}_2\text{S}_1$	720	0,88	7,7	1,44	0,14	5,40	6,00	0,40	0,58

Deneme parsellerinin sulanmasında kullanılacak sulama suyu enstitüden geçen dereden sağlanmıştır. Su buradan basılarak bir havuzda toplanmış, oradan da bir pompa ile ceviz bahçesine iletilmiş ve damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Depolama havuzundan pompa ile alınan sulama suyu, hidrosiklon, kum-çakıl filtre tankı ve disk elek filtrelerden oluşan kontrol biriminden geçtikten sonra 6 atm işletme basınçlı, 50 mm dış çaplı sert PE borular yardımı ile araştırma alanına iletilmiştir. Ayrıca, sistemde oluşan basıncı kontrol etmek amacıyla manometreler yerleştirilmiştir. Her bir deneme parselinde manifold boru hatları için 40 mm dış çaplı sert PE borular kullanılmıştır. Deneme parselleri içerisinde her ağaç sırasına 16 mm dış çaplı yumuşak PE borulardan oluşan çift sıra lateral boru hattı tertip edilmiştir. Ceviz ağaçlarının 5. yaşta olmasından dolayı bitki sıra arası ve üzerinde tam örtme yapmadığından tüm lateral boru hattı ıslatılmamıştır. Bu nedenle her ağaç başına taç genişliği dikkate alınarak karşılıklı olmak üzere 4'er adet toplam 8 adet basınç regüleli on-line damlatıcı yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi Yıldırım (2008)'de belirtilen esaslara göre toprağın bünyesi ve su alma hızı dikkate alınarak 4 L/h olarak seçilmiştir.

Araştırmada Tübitak Projesi (1140532 nolu) kapsamında Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü arazisine Chandler çeşidi fidanlar 2015 yılının Mart ayı başında 8x8 m sıra arası ve sıra üzeri genişliklerinde dikilmiştir. Ceviz fidanlarının dikiminden itibaren bitkisel gözlemler yapılmış, buharlaşmanın arttığı ve topraktaki mevcut nemi 0-90 cm derinlikte %50 seviyelerinde olduğu Mayıs ayı sonlarında sulama uygulamaları damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilmiştir. Bu araştırma ceviz ağaçlarının 5 yaşında olduğu 2019 yıllarında yürütülmüştür. Ceviz ağaçlarından meyve verimleri 5. yıldan sonra başlamakta ve 8-10 yaş aralığında tam verim değerine ulaşmaktadır. Bu nedenle araştırmada ceviz ağaçlarından elde edilen verim değerleri dikkate alınmamıştır.

Araştırma, tesadüf blokları deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür ve deneme konuları rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever, 1984). Araştırmada deneme konuları, bölge koşulları ve çiftçi uygulama dikkate alınarak seçilen ortalama 5 gün sulama aralığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının farklı oranlarının uygulanması şeklinde oluşturulmuştur.

Deneme konuları,

I1 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı sulama uygulaması,

I2 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %100'ünün uygulandığı sulama uygulaması,

I3 konusu: Toplam buharlaşma miktarının %125'inin uygulandığı sulama uygulaması biçiminde düzenlenmiştir.

Uygulanan sulama suyu miktarı 5 günlük yığışimli buharlaşma değerlerinden yararlanılarak aşağıda verilen eşitlik ile hesaplanmıştır (Kanber ve ark., 2004).

$$I = K_{pc} \times E_p \times P$$

Eşitlikte;

I : Uygulanacak sulama suyu miktarı (mm),

$K_{pc}$  : Buharlaşma kabına bağlı katsayı,

$E_p$  : Yığışimli buharlaşma miktarı, (mm),

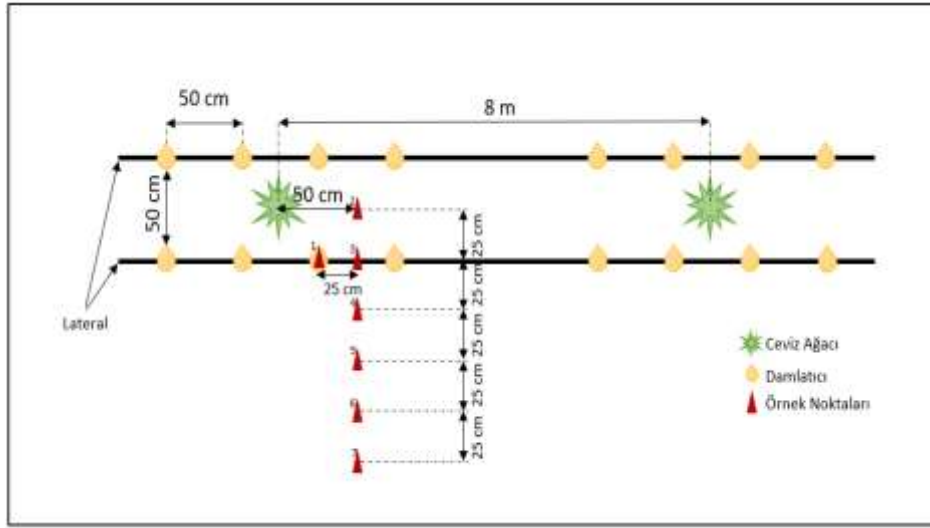
P : Örtü yüzdesi (%), dir.

Bitki su tüketimi değerleri, bitki etkili kök derinliğine göre aşağıda verilen su bütçesi yaklaşımı ile hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe, 1987; James 1988). Bu amaçla, sulama uygulaması öncesi her bir deneme konusunda iki adet parselde 90 cm toprak derinliğinde her 30 cm'lik toprak katmanı için toprak nemi ölçülmüştür.

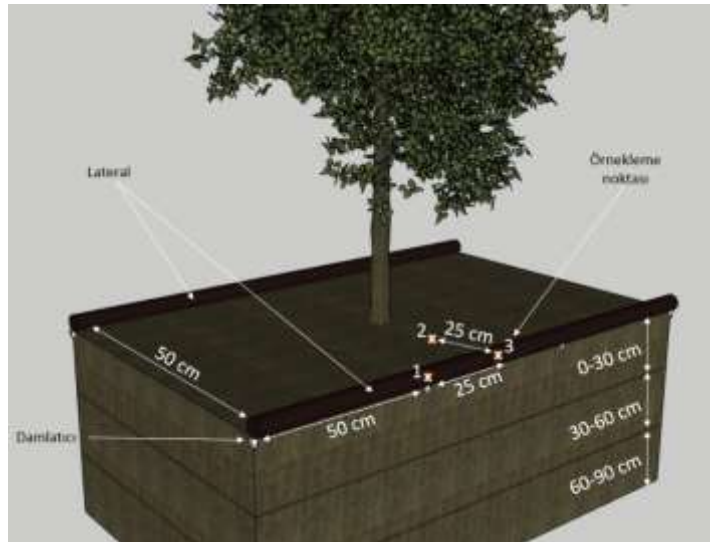


Araştırmada, topraktaki matriks potansiyeli değişimleri izlemek için watermark dijital nem sensörü kullanılmıştır. Ölçümlerde kullanılan sensörler Irrrometer firması tarafından üretilmiş SS 200 modeldir. Toprak matriks potansiyeli ölçümü için [Güngör ve Yıldırım \(1989\)](#)'da tansiyometreler için verilen ilkelere uygun olarak, bir bloktaki tüm konulara gelecek şekilde 30 cm, 60 cm ve 90 cm toprak derinlikte olacak şekilde her bir parsele 3'er adet nem sensörü yerleştirilmiştir.

Sulama suyu uygulamaları öncesi (17 Mayıs 2019), ortası (6 Ağustos 2019) ve sonrası (11 Eylül 2019) topraktaki tuz dağılımının belirlenmesi amacıyla Şekil 2'de gösterildiği gibi toprak örnekleri alınmıştır. Şekilden görüleceği gibi yedi farklı noktadan üç farklı derinlikten olmak üzere toplam 21 noktada topraktaki tuz miktarı değişimleri incelenmiştir. Topraktaki tuz miktarı değişimleri sulama sezonu başlangıcı, sulama sezonu içerisinde ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 kez ölçülmüştür. Şekil 3'de belirtilen derinliklerden alınan toprak örnekleri kurutulduktan sonra 2 mm çapındaki elekten elenmiştir. Elektriksel iletkenlik değerleri, 1/2,5 oranında saf su ile sulandırılan toprak süspansiyonlarında kondüktivimetre ile ölçülmüştür ([Sağlam, 2008](#); [Kesmez, 2009](#)). Ayrıca, pH değerleri pH metre aleti ile belirlenmiştir ([Bulut, 2011](#)).



Şekil 2. Örnekleme noktalarının konumu



Şekil 3. Örnekleme noktalarının derinlik boyutunda değişimi

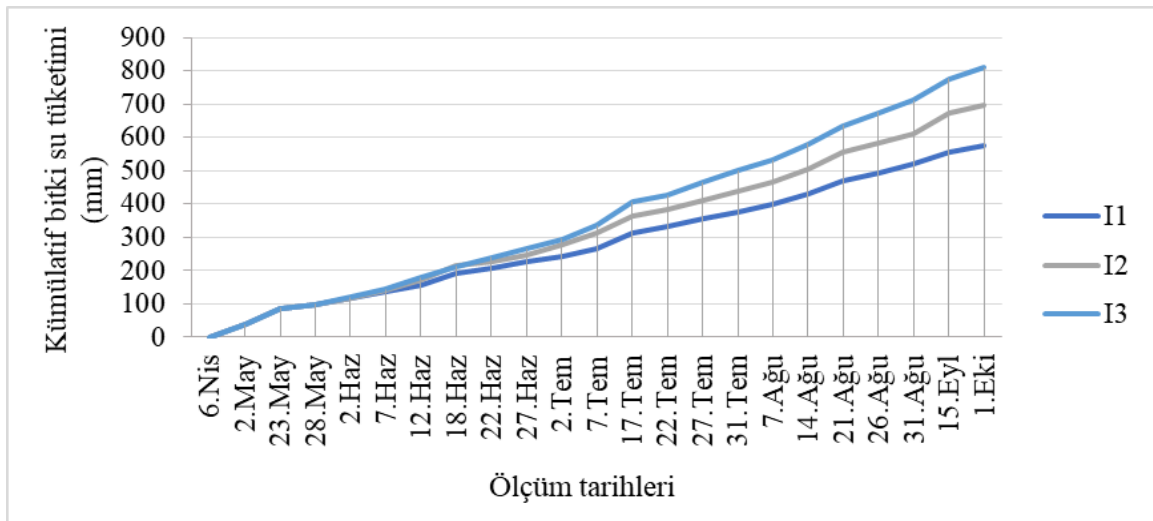
## Bulgular ve Tartışma

Sulama sezonu boyunca A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen toplam açık su yüzeyi buharlaşma miktarı 23 Mayıs 2019 ile 31 Ağustos 2019 tarihleri arasında 481,92 mm olmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarlarına bakıldığında A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100'ünün uygulandığı I<sub>2</sub> deneme konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı da 481,92 mm'dir. Ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusuna 361,48 mm, %125'inin uygulandığı I<sub>3</sub> deneme konusuna ise 602,44 mm toplam sulama suyu uygulanmıştır. Deneme

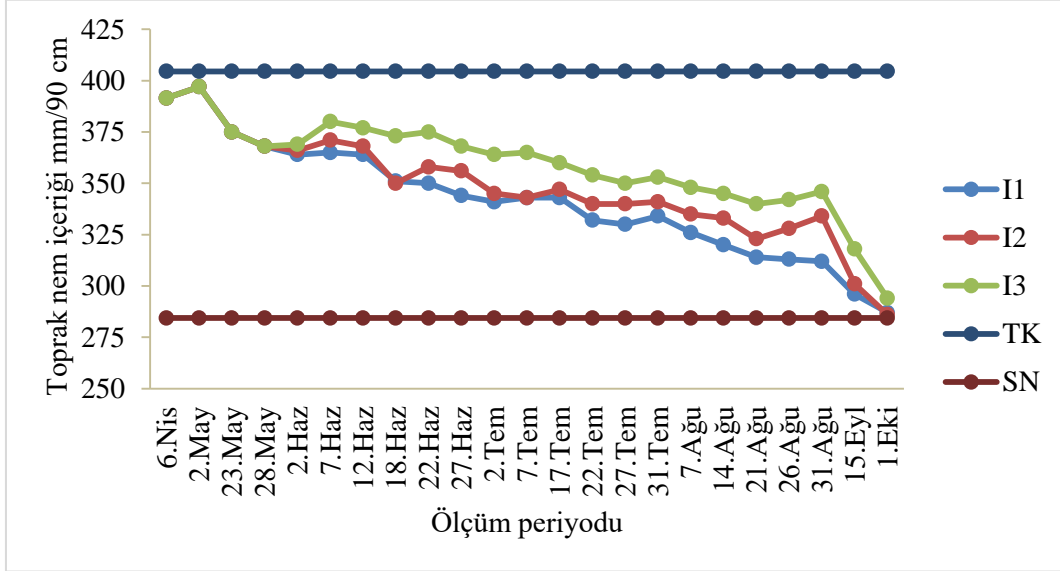
konularına, projede öngörüldüğü üzere 10 kez 5 gün sulama aralığında, 3 kez 7 gün, 1 kez 6 gün, 3 kez 4 gün ve 1 kez 3 gün sulama aralığında olmak üzere toplam 18 sulama uygulaması yapılmıştır. Sulama aralığındaki farklılıkların nedeni yağış rejimindeki düzensizliklerden dolayıdır. Ayrıca, toprak nem ölçümlerinin başlandığı 6 Nisan 2019 ile sonlandırıldığı 26 Eylül tarihleri arasında 110 mm yağış kaydedilmiştir. Toprak nem ölçümleri, sulama uygulamalarına başlanıncaya kadar hava koşullarının elverdiği sürece, sulama uygulamaları ile birlikte ise sulama önceleri 90 cm toprak derinliğinde gravimetrik yöntemle yapılmıştır. Her bir deneme konusu için elde edilen 90 cm toprak derinliği için kuru ağırlık cinsinden hesaplanan toprak nemi değerleri, uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen yağış değerleri dikkate alınarak hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4 ve Şekil 4’de verilmiştir. Çizelge incelendiğinde, deneme konuları arasında ölçüm periyodu boyunca toplam bitki su tüketimi 575,98 mm ile 809,94 mm arasında değişmiştir. Araştırmada, mevsimlik bitki su tüketimi A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %100’ünün uygulandığı I<sub>2</sub> deneme konusunda 697,42 mm, %75’inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusunda 575,98 mm ve %125’inin uygulandığı I<sub>3</sub> deneme konusunda ise 809,94 mm olarak elde edilmiştir. Bitki su tüketimlerinin uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak değiştiği görülmüştür. Diğer yandan sulama uygulamaları öncesinde her bir deneme konusunda 90 cm derinlikte ölçülen mevcut toprak nemi değerleri Şekil 5’de verilmiştir. Şekilden görüleceği gibi, sulama öncesi toprak nemi değişimleri uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak değişmiştir. Sulama öncesi toprak nemi değerlerinin tarla kapasitesi ile solma noktası değerleri arasında kaldığı tespit edilmiştir. Deneme konularından elde edilen günlük bitki su tüketimi sonuçları I<sub>1</sub> konusunda 1,44-5,52 mm/gün aralığında, I<sub>2</sub> konusunda 1,44-7,29 mm/gün arasında, I<sub>3</sub> konusunda 1,44-8,67 mm/gün arasında elde edilmiş. En yüksek günlük bitki su tüketimi değerlerinin Temmuz-Ağustos ayları arasındaki periyotta elde edildiği görülmüştür. Deneme konularında toprak matriks potansiyeli değerleri 15 cm derinlikte I<sub>1</sub> konusunda 54,9 cb, I<sub>2</sub> konusunda 57,8 cb, I<sub>3</sub> konusunda 55 cb ortalama değerini aldığı görülmektedir. 45 cm derinlikteki sonuçlar incelendiğinde I<sub>1</sub> konusunda 53,9 cb, I<sub>2</sub> konusunda 57,6 cb, I<sub>3</sub> konusunda 54,5 cb ortalama değerleri elde edilmiştir. Sulama suyu miktarının artmasıyla özellikle 45 ve 75 cm derinlikteki watermark sensörlerinden okunan toprak matriks potansiyeli değerlerinde azalmalar meydana geldiği görülmektedir.

Çizelge 4. Deneme konularına göre uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimi

Deneme konusu	Topraktaki nem	Yağış	Uygulanan toplam	Ölçülen mevsimlik
Ölçüm yöntemi	Sulama suyu miktarları	değişimi (mm)	değişimi (mm)	ölçülen bitki su tüketimi (mm)
A kap	%75 (I <sub>1</sub> )	104,50	361,48	575,98
	%100 (I <sub>2</sub> )	105,50	481,92	697,42
	%125 (I <sub>3</sub> )	97,50	602,44	809,94



Şekil 4. Deneme konularına göre elde edilen kümülatif bitki su tüketimi değerleri



Şekil 5. Ölçüm periyodu boyunca sulama öncesi topraktaki nem değişimleri

Araştırmada topraktaki tuz değişimlerinin belirlenmesi amacıyla 3 farklı sulama suyu uygulamasında (I<sub>1</sub>, I<sub>2</sub> ve I<sub>3</sub>), üç farklı toprak derinliğinde (15, 45, 75 cm) ve 7 farklı ölçüm noktasında (1, 2, 3, 4, 5, 6 ve 7) olmak üzere sulama sezonu öncesinde (SÖ) 17 Mayıs 2019' da, sulama sezonu ortasında (SO) 6 Ağustos'ta ve sulama sezonu sonunda (SS) 11 Eylül'de toprak örnekleri alınmıştır. Her bir deneme konusu için her örnekleme noktasında sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonrasında topraktaki tuz miktarlarındaki değişim miktarları Çizelge 5' de verilmiştir.

Çizelge 5. Deneme alanı topraklarında EC değerlerinin sulama öncesi ile sonrasındaki değişimi ( $\mu\text{mhos/cm}$ )

Deneme konusu	Derinlik (cm)	Örnekleme noktası						
		1	2	3	4	5	6	7
I <sub>1</sub>	15	61	108	69	6	-15	-4	-34
	45	34	78	42	-6	4	-6	-8
	75	13	89	28	-23	-14	-25	-21
Ortalama		36	91,67	46,33	-7,67	-8,33	-11,67	-21
I <sub>2</sub>	15	-11	101	117	36	-5	-6	25
	45	-5	84	88	-9	-27	0	-17
	75	26	51	0	64	8	-30	-14
Ortalama		3,33	78,67	68,33	30,33	-8	-12	-2
I <sub>3</sub>	15	11	82	13	4	-9	47	7
	45	-14	39	32	-1	8	-26	-35
	75	25	86	35	11	-28	-17	-26
Ortalama		7,33	69	26,67	4,67	-9,67	1,33	-18

Sulama sezonu öncesinde ölçülen toprak tuzluluk değerlerinin üç derinlik için ortalama tüm ölçüm noktalarında I<sub>1</sub> deneme konusu için 196,67  $\mu\text{mhos/cm}$ , I<sub>2</sub> deneme konusu için 215,00  $\mu\text{mhos/cm}$  ve I<sub>3</sub> deneme konusu için 195  $\mu\text{mhos/cm}$  olarak ölçülmüştür. Sulama sezonu öncesi araştırma alanında farklı toprak derinliğindeki mevcut toprak tuzluluk değerleri incelendiğinde, en yüksek oranların I<sub>1</sub> deneme konusu için 201  $\mu\text{mhos/cm}$ , I<sub>2</sub> deneme konusu için 218  $\mu\text{mhos/cm}$  ve I<sub>3</sub> deneme konusu için 195  $\mu\text{mhos/cm}$  ile 45 cm toprak derinliğinin ön plana çıktığı görülmektedir.

Sulama sezonu ortasında ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalaması olarak toprak tuzluluğu değerlerinin I<sub>1</sub> deneme konusunda 154,67 ile 225,33  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında, I<sub>2</sub> deneme konusunda 148,33 ile 188,00  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında ve I<sub>3</sub> deneme konusunda 155,33 ile 192,67  $\mu\text{mhos/cm}$  arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarları açısından sulama sezonu ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değişimleri incelendiğinde özellikle I<sub>2</sub> ve I<sub>3</sub> deneme konularında sulama sezonu öncesinde ölçülen toprak tuzluluğu değerlerine göre tüm toprak derinliklerinde azalış olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının

%75'inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusunda ise sulama sezonu ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değerlerinin sulama sezonu öncesinde ölçülen değerlere göre 75 cm derinlik hariç arttığı gözlemlenmiştir.

Sulama sezonu sonrasında tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak toprak tuzluluğu değerlerinin I<sub>1</sub> deneme konusunda 175,67 ile 288,33 µmhos/cm arasında, I<sub>2</sub> deneme konusunda 203,00 ile 293,67 µmhos/cm arasında ve I<sub>3</sub> deneme konusunda 177 ile 221,67 µmhos/cm arasında değişmiştir. Bu değerler incelendiğinde, toprak tuzluluk değerlerinin hemen hemen her ölçüm noktasında ve derinlikte sulama sezonu öncesi ile ortasında ölçülen toprak tuzluluğu değerlerine göre arttığı belirlenmiştir.

Topraktaki tuz miktarlarının farklı ölçüm noktalarında dağılımı incelendiğinde ise farklı sonuçlar elde edilmiştir. Damlatıcının yakınından örneklerin alındığı 1 numaralı ölçüm noktasında topraktaki tuz miktarlarının her bir sulama uygulamasında her bir derinliğinin ortalaması olarak sulama sezonu ortasında azaldığı, fakat sulama sezonu sonunda arttığı görülmüştür. Sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonunda en yüksek artış A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusunda elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı arttıkça damlatıcı yakınındaki tuz değişiminin değişmediği belirlenmiştir.

İki lateralın tam ortasındaki 2 nolu örnekleme noktasında yapılan ölçümlerde topraktaki tuz miktarında değişimin en fazla olduğu gözlemlenmiştir. Sulama sezonu öncesi her bir deneme konusunda ve her bir derinlikte ölçülen toprak tuz miktarları, sulama sezonu ortasında azalmış ve sulama sezonu sonunda artmıştır. Sulama konuları arasında en fazla artış yine A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusunda görülmüştür. Ayrıca, toprak derinlikleri açısından incelendiğinde ise, en yüksek artış miktarlarının 0-30 cm toprak derinliğinde elde edildiği belirlenmiştir. Özellikle iki lateral arasındaki ölçülen tuz miktarlarının artması; Yıldırım (2008) tarafından belirtilen toprakta bulunan tuzlar yerçekimi ve kapilar kuvvetlerin etkisi ile ıslatılan toprak hacminin çeperine doğru taşınır ve bitki kılcal köklerinin geliştiği ortam belirli oranda tuzdan arındırılır ifadesi ile benzerlik göstermektedir. Ayrıca, Yenigün (2019) Tekirdağ koşullarında patlıcan bitkisi üzerine yürüttüğü araştırma sonucunda en yüksek tuz değişiminin iki lateral arasında ve iki damlatıcı arasında olduğunu belirtmiştir.

İki damlatıcı arasında bulunan 3 nolu örnekleme noktasında elde edilen toprak tuzluluğu sonuçları incelendiğinde sulama sezonu ortasında topraktaki tuz değişimlerinin azaldığı, fakat sulama sezonu sonunda her bir deneme konusu için her bir derinlik için arttığı belirlenmiştir. 2 nolu örnekleme noktasında olduğu gibi sulama sezonu sonunda en yüksek artışın A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen açık su yüzeyi buharlaşma miktarının %75'inin uygulandığı I<sub>1</sub> deneme konusunda olduğu görülmüştür.

Laterallerden uzaklaştıkça ölçüm yapılan 4, 5, 6 ve 7 nolu örnekleme noktalarında yapılan toprak tuzluluğu analizlerinde ise ortalama olarak her bir deneme konusunda sulama başlangıcında ölçülen tuz miktarları sulama sezonu ortasında oldukça azalmış ve sulama sezonu sonunda biraz artış göstermiştir. Sulama sezonu başlangıcı ile sulama sezonu sonunda genel olarak azalış göstermiştir.

Toprak tuzluluğu ölçümleri sırasında alınan toprak örneklerinde yapılan pH değerleri sulama sezonu öncesinde üç derinlik için ortalama tüm ölçüm noktalarında I<sub>1</sub> deneme konusu için 7,71, I<sub>2</sub> deneme konusu için 7,84 ve I<sub>3</sub> deneme konusu için 7,80 olarak ölçülmüştür. Sulama sezonu ortasında ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak pH değerlerinin I<sub>1</sub> deneme konusunda 7,45 ile 7,81 arasında, I<sub>2</sub> deneme konusunda 7,81-7,90 arasında ve I<sub>3</sub> deneme konusunda 7,81-7,90 arasında değişmiştir. Tüm deneme konularında, ölçüm noktalarında ve derinliklerinde sulama suyu uygulaması ile birlikte sulama sezonu ortasında pH değerlerinde azalış görülmektedir. Sulama sezonu sonunda ölçülen değerler incelendiğinde, tüm ölçüm noktalarında üç toprak derinliğinin ortalama olarak pH değerlerinin I<sub>1</sub> deneme konusunda 7,29-7,61 arasında, I<sub>2</sub> deneme konusunda 7,48 ile 7,67 arasında ve I<sub>3</sub> deneme konusunda 7,58-7,67 arasında değişmiştir.

Sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında sulama sezonu sonunda sulama sezonu öncesine göre pH değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Ölçüm noktaları incelendiğinde, özellikle damlatıcı yanından (1 nolu), iki lateral arasından (2 nolu) ve iki damlatıcı arasından (3 nolu) alınan örneklerde pH değerinin sulama uygulamaları sonucunda en fazla azalışı gösterdiği belirlenmiştir. Ceviz yetiştiriciliği için önerilen toprak pH değerinin 6,5-7,5 arasında olması önerilmektedir (Demirhan, 2021). Bu nedenle araştırma sonucunda yapılan pH analizleri sonucunda toprak pH değerlerinin istenilen sınırlar içerisinde kaldığı görülmüştür. Ayrıca, bölge koşullarında bahar ve kış yağışlarının yüksek olması pH değerlerinin bu sınırlar içerisinde kalacağını göstermektedir.

## Sonuç

Çalışmada sulama uygulamaları ile birlikte toprak tuzluluğunun değişimine yönelik ölçümler sulama sezonu öncesinde sulama sezonu ortasında ve sulama sezonu sonunda olmak üzere toplam 3 farklı zamanda gerçekleştirilmiştir. Elde edilen değerlerin grafiklendirilmesi sonucunda, sulama uygulamaları ile birlikte tüm deneme konularında genel olarak tuzluluk miktarının iki damlatıcı arasındaki profilde (3) ve iki lateralin tam ortasında bulunan profilde (2) arttığı görülmüştür. Örnek alınan diğer noktalarda ise sulama sezonu sonunda toprak tuzluluğu değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Özellikle I1 deneme konusunda sulama sezonu sonunda tüm profillerde toprak tuzluluğunun arttığı saptanmıştır. Buna nedenle araştırma sonucunda toprak tuzluluğu yönetici açısından ceviz ağaçlarında uygulanacak sulama suyu miktarının A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşma değerinin %100 veya 125' ün uygulanması şeklinde önerilmektedir. Genel olarak topraktaki tuz değişimlerin sulama uygulamaları ile arttığı gözlemlenmesine karşın ceviz bitkisi için Şimşek ve ark., (2017) tarafından verilen eşik değerlerine (250-300 µmhos/cm) ulaşmadığı görülmüştür. Bunun nedeni olarak uygulanan sulama suyunun kalite sınıfının etkili olduğu söylenebilir. Diğer yandan, yıllık yağış ortalamasının yaklaşık 586 mm olduğu Trakya Bölgesi'nde başlangıç değerlerine bakarak sulama sezonu sonrasındaki kış yağışlarının tuzluluk değerlerini hızla azalttığı söylenebilir. Ayrıca, çalışmada kullanılan T2S1 sulama sınıfındaki suların ceviz yetiştiriciliğinde rahatlıkla kullanılabilceği belirlenmiştir.

Araştırmada, farklı sulama suyu uygulamalarının toprağın pH değerlerine değişimi de incelenmiştir. Elde edilen pH değerleri ölçüm yapılan tüm noktalarda sulama sezonu ortasında ve sonunda azalmıştır. Ancak tüm bu değişimlerin çok küçük değerler olmasından dolayı sorun yaratmayacağı, kış yağışlarından sonra tekrar eski değerlerine döneceği düşünülmektedir.

Sonuçta, sulama uygulamalarının çok yoğun olmadığı, damla sulama uygulamalarının oldukça yeni olduğu ve ceviz yetiştiriciliğinin arttığı Trakya Bölgesi'nde toprak ve su kaynaklarının korunumu açısından özellikle tuzluluk kontrolü için izleme ve kontrol aşamalarının önemli olduğu ortaya çıkmaktadır.

## Kaynaklar

- Ağaoğlu YS, Çelik H, Çelik M, Fidan Y, Gülşen Y, Günay A, Halloran N, Köksal Aİ, Yanmaz R, 1997. Genel Bahçe Bitkileri. Ankara: T.C. A.Ü.Z.F. Eğitim, Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları.
- Akça Y, 2016. Ceviz Yetiştiriciliği, Anıt Matbaa, Ankara.
- Benami A, Diskin MH, 1965. Design of Sprinkling Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering Publication 23, Technicon, Israel Institute of Tecnology, 1-165, Haifa, Israel.
- Blake GR, 1965. Bulk density methods of soil analysis. Soil Science Society of America, Madison, Part I. Am. Soc. Agron. 9: 374-390.
- Bulut T, 2011. Sulama suyu tuzluluğu ve yıkama gereksinimi oranlarının yoncada çimlenme ve gelişmeye etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Deliboran A, Savran Ş, 2015. Toprak tuzluluğu ve tuzluluğa bitkilerin dayanım mekanizmaları. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 8(1), 57-61.
- Demirhan E, 2021. Ceviz yetiştiriciliği. SBB Tarım Dergisi, Eylül-Aralık (1):10-11.
- Ergene A, 1982. Toprak Bilgisi, Erzurum: Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güngör Y, Erözel AZ, Yıldırım, O, 2012. Sulama. (5. Baskı) Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Güngör Y, Yıldırım O, 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No. 1155. 371s.
- Gürgülü H, Ul MA, 2017. İzmir'de yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ve sulama programları. Ege Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 54(3):311-317.
- James LG, 1988. Principles of Farm Irrigation System Desing. John Wiley and Sons. Inc., New York.
- Kanber R, Steduto P, Aydın Y, Ünlü M, Özmen S, Çetinkökü Ö, Özekici B, Diker K, Sezen, MS, 2004. Damla Sulama Sistemiyle Fertigasyon Uygulamalarının Antepfıstığında Gelişme, Verim ve Periyodisiteye Etkisinin İncelenmesi. Tübitak, TARP Projesi, 1825.
- Kara T, 2002. Irrigation scheduling to prevent soil salination from a shallow water table. Acta Hort. 573: 139-151.
- Kesmez GD, 2009. Karık ve damla sulama yöntemlerinin aşılı domateste (*lycopersicon esculentum*) meyve verimi, kalitesi ile toprak tuzluluğuna etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Kwiatkowski J, 1996. Salinity classification, mapping and management within the Country of Warner, Alberta. Food and Rual Development and Agriculture and Agrifood, Canada.

- Sağlam TM, 2008. Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları, Tekirdağ.
- Şimşek H, Akça Y, Ünlükara E, Çekiç Ç, 2017. Şebın cevız çeşidinin stres koşullarına dayanımının belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34(Ek Sayı): 141-150.
- Tekintaş E, Akça Y, Yılmaz S, 1991. Van ekolojik koşullarında bazı sert ve yumuşak çekirdekli meyve türlerinin çöğürlerinde yıllık boy ve en gelişimlerinin saptanması üzerinde araştırmalar. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1(2): 1-11.
- TÜİK 2020. TÜİK 2019 yılı tarımsal istatistik verileri. <http://www.tuik.gov.tr/VeriTabanlari.do?vt>
- Walker WR, Skogerboe GV, 1987. Surface Irrigation. Theory and Practice. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 375pp, New Jersey.
- Yenigün SD, 2019. Patlıcan yetiştiriciliğinde damla sulama uygulamalarının verim, verim parametreleri ve topraktaki tuz dağılımına etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Yıldırım O, 2008. Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayınları.
- Yurtsever N, 1984. Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No. 56. Ankara.



## Çok kriterli karar verme ve doğrusal kombinasyon tekniği ile arazilerin tarımsal uygunluk derecelerinin belirlenmesi pilot çalışma; Ankara-Gölbaşı özel çevre koruma alanı ve yakın çevresi

**Orhan DENGİZ<sup>1</sup>, İsmail Fatih ORMANCI<sup>2</sup>, Barış ÖZKAN<sup>3</sup>**

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

<sup>2</sup>Samsun İl Tarım ve Orman Müdürlüğü Tekkeköy İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, Tekkeköy, Samsun

<sup>3</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Endüstri Mühendisliği, Samsun

### Özet

Bu çalışmanın temel amacı, Ankara ili Gölbaşı ilçesi özel çevre koruma alanı ve yakın çevresine ait alanların, yaygın olarak kullanılan çok kriterli karar verme yaklaşımlarından birisi olan Bulanık Analitik Hiyerarşik Süreç (B-AHS) ve Doğrusal Kombinasyon Tekniği CBS ile birlikte kullanılarak işlemeli tarım faaliyetlerine uygun potansiyel tarım alanlarının belirlenmesini içermektedir. Toplam 34695.60 ha alana sahip çalışma alanının işlemeli tarıma uygun potansiyel sahaların belirlenmesine yönelik olarak eğim, derinlik, erozyon, drenaj, taşlılık olmak üzere beş adet arazi özelliği ve organik madde, bünye, pH, EC ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 10 adet kriter kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre, alanın %47.4'ü işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %9.3'ü ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı (N) belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** B-AHS, Doğrusal Kombinasyon, İşlemeli Tarıma Uygunluk, Ankara-Gölbaşı.

### Determination of agricultural suitability classes using multi-criteria decision analysis and linear combination technique. A case study; Ankara-Gölbaşı special environmental protection area and its near vicinity

#### Abstract

The main purpose of this study is to determine the potential agricultural areas located in the Gölbaşı District special environmental protection area and its near vicinity in Ankara Province using in Fuzzy- AHP which is one of the commonly used multi-criteria decision-making analysis approaches and Linear Combination Technique approach integrated with GIS. A total of 10 criteria were used. Five of them are land features including slope, depth, erosion, drainage, stonyness and five soil properties including organic matter, texture, pH, EC and lime in order to determine the potential suitable agriculture. The study area covers about 34695.6 ha. According to the obtained results, 47.4% of the area was determined to be very suitable and suitable for cultivated agriculture at S1 and S2 levels, while 9.3% was determined to be unsuitable (N) for cultivated agricultural activities.

**Keywords:** F-AHP, Linear Combination, Agricultural Suitability, Gölbaşı-Ankara

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Gelişmiş ve gelişmekte ülkeler nüfus artışı karşısında, doğal kaynaklarını belirli bir plan içerisinde ve özenle kullanmaktadır. Doğal kaynaklar içerisinde yer alan ve sınırlı bir kaynak olan arazilerini iyi kullanamayan ülkeler, sağlıklı bir topluma sahip olamadıkları gibi, diğer ülkelere bağımlı olmaktan kurtulamamaktadırlar. Ayrıca insanların geleceğini önemli ölçüde etkileyen çevresel sorunlarla karşı karşıya kalmaları da diğer bir kaçınılmaz sonuç olarak ortaya çıkmaktadır. Arazilerin yanlış kullanımı nedeniyle ortaya çıkan sorunlar dünyanın birçok yerinde mevcuttur. Bunun sonucunda; toprak, su kaynakları, doğal vejetasyon ve yaban

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919

E-posta : [odengiz@omu.edu.tr](mailto:odengiz@omu.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 5 Mart 2022

Kabul Tarihi : 1 Haziran 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1083452

hayatı gibi birçok doğal kaynak olumsuz bir şekilde etkilenmektedir (Hurni 1997). Türkiye’de doğal kaynakların kullanımında önemli yanlışlıklar yapılmakta ve bunun sonucunda kaynaklarımız geriye dönüşü mümkün olamayacak şekilde kaybedilmektedir (Özbek ve ark. 1979). Kırsal, kentsel ve sanayideki gelişmelerin yeterli planlamalar sonucuna dayandırılmadan yapılması verimli tarım arazilerini tehdit ederek tarım dışı amaçlarla kullanılmasına yol açmaktadır.

Arazi, temel fakat sınırlı bir kaynaktır ve bütünün içerisinde ana bileşendir. Tarımda, toprak arazi kavramı içerisinde diğer bio-fiziksel faktörlerle (iklim, topografya, jeomorfoloji, jeoloji vb.) birlikte üretimi etkileyen önemli bir faktördür. Arazide farklı depozitler üzerinde oluşmuş topraklar kısa mesafeler içerisinde çok farklı özellikler gösterebilmekte ve birbirinden farklı topraklar oluşabilmektedir (Dengiz ve Gülser, 2014). Bu nedenle, arazi kullanımına ilişkin kararların, başta toprak olmak üzere detaylı doğal kaynak verilerine dayalı olarak arazi değerlendirme ve arazi kullanım planlaması çalışmaları sonuçlarına göre alınması ve uygulanması günümüzde zorunlu hale gelmiştir. “Arazi değerlendirilmesi”, tanımlanmış alternatif kullanımlara göre arazinin uygunluğunu tahmin etme çalışmalarıdır (FAO 1976). Arazi kullanım planlaması için gerekli verilerin oluşmasını da amaçlayan arazi değerlendirme çalışmaları özet olarak; arazi kullanım türlerinin, arazi istekleri ile arazinin sahip olduğu özelliklerin karşılaştırılması işlemidir (Dent ve Young 1981). Bu nedenle, karmaşık yapıda ve çok sayıda bulunan bu kriterlerin bir arada kullanılmasına, alansal problemlerin çözülmesine, modellemesine, değerlendirilmesine ve alternatif öncelik kararların verilmesine çeşitli kolaylıklar sağlanması nedeniyle, Coğrafi Bilgi Sistemleri tabanlı (CBS) ve çok kriterli karar verme (ÇKKV) yöntemleri birlikte kullanılmaktadır (Malczewski, 2006). Çok kriterli değerlendirme süreçleri ülkesel planlamalarda alternatif arazi uygunlukları için potansiyel arazilerin tahmini amacıyla kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2008). CBS ve çok kriterli karar verme yöntemleri, tarımsal ürünler için arazi uygunluk analizlerinde başarılı bir şekilde kullanılmıştır (Pirbalouti, 2009; He ve ark., 2011; Kihoro ve ark., 2013). Maddahi ve ark. (2014) CBS ve ÇKKV yaklaşımlarını birlikte kullanarak İran’ın Amol Bölgesinde, ekonomik öneme sahip olan pirinç tarımı için arazi uygunluk değerlendirmesi yapmışlardır. ÇKKV yöntemlerinden Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) tekniğini kullanarak, ürün (pirinç) için seçilen biyofiziksel, sosyo ekonomik ve çevresel faktörler uzman görüşlerine dayalı olarak ağırlıklandırılmış ve bölgenin dört sınıftan oluşan arazi uygunluk sınıflamasını oluşturmuşlardır. Yapılan sınıflamada, alanın %6.83 (20.77 km<sup>2</sup>)’ü çok uygun, %25.80 (78.65 km<sup>2</sup>)’i uygun, % 36 (109.72 km<sup>2</sup>)’sı orta uygun ve % 16.91 (51.55 km<sup>2</sup>)’inin ise uygun olmayan sınıflarda yer aldığını tespit etmişlerdir. Mustafa ve ark. (2011), farklı ürünler için arazi değerlendirme analizlerini değerlendirdikleri çalışmada, CBS ve Uzaktan Algılamayı kullanarak, ÇKKV yaklaşımını yöntem olarak seçmişlerdir. Çalışma Hindistan’ın Agra Bölgesindeki Kheragarah alanında yürütülmüş olup, çalışmada bölgenin yazlık ve kışık ürün desenini temsilen hardal, şeker kamışı, buğday, arpa, inci darısı, mısır, pamuk, pirinç ve sorgum gibi farklı ürünler seçilmiştir. Ürünler için arazi uygunluk sınıflaması yapılırken, alanın fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri olan; toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), organik karbon, yarayışlı azot (N), yarayışlı fosfor (P), yarayışlı potasyum (K), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), saturasyon, katyon değişim kapasitesi (KDK) ve toprak tekstürü gibi çok sayıda parametreleri kullanmışlardır. Alan için yazlık ve kışık dönem ürün uygunluk haritaları oluşturulmuş ve buna göre alanın %55’i şeker kamışı için çok uygun, sırasıyla inci darısı, hardal ve pirinç için %48, %54 ve %60 oranlarında orta uygun, mısır için ise %50 oranında az uygun alanlar olarak belirlemişlerdir.

Arazi uygunluk değerlendirmeleri çeşitli düzeylerde entegrasyon gerektirir. Uzman karar aşamasında her zaman emin olmayabilir ve belirsizlikler kesin yargıların olmadığı durumlar bulanık mantık kullanılarak daha iyi sonuçlar vermektedir (Prakash, 2003). Zadeh (1965) tarafından tanımlanan bulanık mantık, belirsizliklerin ve kesin olmayan sorunların üstesinden gelmek için önerilen bir yöntemdir (Elaalem ve ark., 2011). Bu bağlamda, bulanık mantık daha doğru bir karar vermek için AHS ile birleştirilir (Huang ve ark., 2008). Dengiz ve ark. (2005), Kahramanmaraş Tarım İşletmesi topraklarının parametrik yöntemle kalite durumlarının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarında; çalışma alanının %55.1’nin tarımsal uygunluk açısından çok iyi ve iyi (S1, S2), %16.5’nin orta uygun (S3), %27.9’unun ise tarıma uygun olmadığını (N) belirlemişlerdir. Yine Dengiz ve Sarioğlu (2011) Samsun ilinin potansiyel tarım arazilerinin dağılımlarının belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışma sonucuna göre, ilin % 72.4’lük gibi çok büyük kısmının düşük potansiyel tarım alanlarını oluştururken, toplam alanın sadece %14.2’lik gibi küçük bir kısmı tarımsal potansiyeli yüksek alanları oluşturduğunu belirlemişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, tarımın yoğun olarak gerçekleştirildiği Gölbaşı ilçesi içerisinde yer alan yamaç ve alüvyal araziler üzerinde oluşmuş toprakların daha önce yapılmış olan detaylı temel toprak haritasındaki veriler yardımıyla, tarımsal kullanıma uygunluk sınıflarının doğrusal kombinasyon tekniği (DKT)



kullanılarak belirlenmesidir. Ayrıca bu teknik kapsamında seçilen niceliksel arazi ve toprak parametrelerinin ağırlık değerlerinin belirlenmesine yönelik bulanık analitik hiyerarşi süreci tekniği kullanılmıştır. Böylece, toprakların niceliksel özelliklerine dayalı detaylı toprak çalışması, ilk kez doğrusal kombinasyon tekniği içerisinde kullanılmış, tarımsal kullanımlar yönünden arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.

## Materyal ve Yöntem

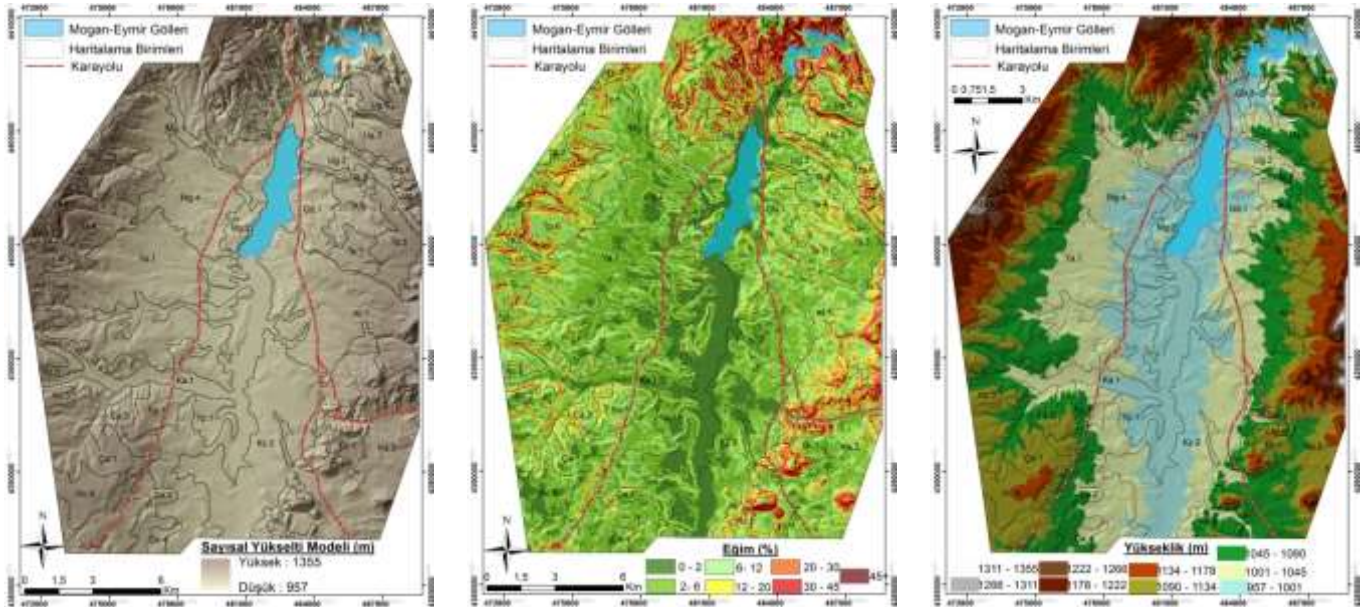
### Çalışma Alanı Genel Özellikleri

Çalışma, Ankara ilinin güneyinde bulunan Gölbaşı bölgesi ve çevresinde yapılmış (Şekil 1) ve 4410120N-471156E, 4410120N-488742E, 4386390N-471156E, 4386390N-488742E (WGS84, Zone-36, UTM-m) koordinatlarında yürütülmüştür.



Şekil 1. Çalışma alanı lokasyon haritası

Çalışma alanı yaklaşık 34695.6 ha alan kapsamakta olup, Mogan ve Emir Göllerini içermektedir. Bu göller toplam alanı 798.6 hektar (%2.3) kaplar. Çalışma alanı çeşitli topoğrafik özelliklerden (düz, tepelik, yuvarlanma vb.) oluşmaktadır. Özellikle çalışma alanında düz ve yuvarlanan fizyografik birimler yaygındır.



Şekil 2. Çalışma alanı Sayısal yükselti, eğim ve yükseklik haritaları

Deniz seviyesinden yüksekliği 900 m ile 1259 m arasında değişmektedir. Yıllık ortalama yağış ve sıcaklık sırasıyla 410.5 mm ve 11.8°C'dir (DMI, 2019). Newhall similasyon modeline göre (Van Wambeke, 2000)

toprak sıcaklık rejimi ve nem rejimi sırasıyla Mesic ve Xeric olarak sınıflandırıldı. Çalışma alanında 19 farklı toprak serisi vardır ve bunlar Mollisol (%33.6), İnceptisol (%32.8), Entisol (%26.8) ve Alfisol (%6.8) olarak sınıflandırılmıştır (Dengiz, 2002). Orman ve mera alanları genellikle çalışma alanının kuzey kısmını kaplarken, sulanan tarım Suksen ırmağının iki yakasında yer alan çok küçük bir kısımda uygulanmakta ve diğer düzensiz akan nehirlerin yakınında bulunan çok küçük bir kısımda sulanan tarım uygulanmaktadır. Çalışma alanının güney kesiminde kuru tarım ve yem alanları yaygındır.

## Yöntem

### Değerlendirme Kriterleri

Tarımsal arazi uygunluk çözümlerinde belirleyici olabilecek toplam 10 parametre-kriter dikkate alınmıştır. Bu parametreler Dengiz (2002) tarafından yapılan detaylı toprak etüd haritalama çalışmasından elde edilmiştir. Ayrıca ele alınan parametreler fiziksel kriterler (eğim, derinlik, erozyon, bünye, taşlılık ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, CaCO<sub>3</sub> içeriği, organik madde) olmak üzere iki grupta toplanmıştır. Ayrıca bu kriterler alt faktörlere ayrılarak 0 ile 4 arasında ağırlık değerleri verilmiştir. Alt faktör arazilerin tarımsal açıdan kullanımlarını imkânsız kılıyorsa 0, kültür bitkilerinin yetiştirilmesine ve tarla içi teknoloji uygulamalarını ve trafiğinin optimum imkân sağlaması durumunda 4 değerini almaktadır. 0-4 arasında kalan değerler ise toprak karakteristiğinin bitki gelişimini veya mekanizasyonu sınırlama derecesine göre değişmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Tarımsal arazi uygunluk sınıflama modelinde kullanılan parametreler ve alt faktörlere ait ağırlık puanları

A-Arazi parametreleri									
Eğim (%)		Erozyon		Drenaj		Derinlik (cm)		Taşlılık (%)	
Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt Faktör	Ağırlık Puanı
Düz: 0-2	4	Yok-Hafif	4	İyi	4	0-20	1	0-5	4
Hafif: 2-6	3	Orta	3	Orta	3	20-50	2	5-15	3
Orta:6-12	2	Şiddetli	2	Yetersiz	2	50-90	3	15-50	2
Dik:12-20	1	Çok Şiddetli	1	Fena	1	90+	4	50-90	1
Çok dik:20+	0			Aşırı	1			>90	0

B-Toprak parametreleri									
Bünye		pH		EC (dS/m)		CaCO <sub>3</sub> (%)		OM (%)	
Alt Faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı	Alt faktör	Ağırlık Puanı
Çok ince: (C->%45)	2	>8.3-<5.5	1	0-2	4	0-5	2	0-1	1
Orta ince: (C-<%45, CL, SiL, SCL)	3	5.5-6.5	2	2-4	3	5-10	4	1-2	2
Orta: (L, Si, SiL, fSL)	4	6.5-7.5	4	4-6	1	10-20	3	2-3	3
Kaba: (S, SL, LS)	0	7.5-8.2	3	8-10	0	20-30	1	> 3	4

### Bulanık AHS Yaklaşımı ile Ağırlıklandırma

AHP, Thomas L. Saaty (Saaty 1980) tarafından geliştirilen literatürde sıklıkla kullanılan çok amaçlı karar verme yöntemlerinden birisidir. AHP karar almada, grup veya bireyin önceliklerini de dikkate alan, nitel ve nicel değişkenleri bir arada değerlendiren matematiksel bir yöntemdir (Saaty, 1980). AHP yöntemi, gerçek hayatta birçok karar verme probleminin çözümünde etkin bir biçimde kullanılmasına rağmen, ikili karşılaştırmalar yaparken kesin sayılar kullanmasından dolayı eleştirilmektedir (Dağdeviren, 2007). Ayrıca belirsizlik ve kararsızlık durumlarını ele almada yetersiz olması (Deng, 1999) ve uzman kişinin bilgilerini ele alsa da, insani düşünme tarzını yansıtamaması (Kahraman vd., 2003) nedenlerinden dolayı da eleştirilmektedir. Yöntemin karar verme konusundaki bu eksikliklerinin önüne geçmek amacıyla yöntem bulanık mantık ile entegre edilerek B-AHP yöntemi ortaya konmuştur. Literatürde çeşitli yazarlar tarafından ortaya konulan farklı B-AHP yöntemleri bulunmaktadır. B-AHP'ye ilişkin ilk çalışma üçgen bulanık sayılar kullanılarak, bulanık oranları kıyaslayan Van Laarhoven ve Pedrycz (1983) tarafından yapılmıştır. Daha sonra Buckley (1985), yamuk bulanık sayıları kullanarak bir model geliştirmiştir. Chang (1996), B-AHS'nin ikili karşılaştırma ölçeği için üçgen bulanık sayıları ve ikili karşılaştırmaların yapay mertebeye değerleri için

mertebe analizi yöntemini kullanarak B-AHS'nin ele alınmasında yeni bir yaklaşım ortaya koymuştur. Bulanık küme kavramı, ilk kez Lotfi A. Zadeh tarafından 1965 yılında "Bulanık Kümeler" adlı makalenin yayınlanması ile ortaya atılmıştır. Bulanık küme, devamlı üyelik derecesine sahip nesnelere kümesidir. Bulanık küme, her nesneyi 0 ile 1 arasında değişen üyelik derecesine sahip üyelik fonksiyonu ile nitelendirmektedir (Zadeh, 1965).

Bu çalışmada potansiyel işlemeli tarım sahalarının uygunluklarının sıralanmasında kullanılacak kriterlerin göreceli önem seviyelerinin belirlenmesinde karşılaşılabilecek sözel belirsizliğin daha iyi ifade edilmesi amacı ile Chang (1996) tarafından ortaya konulan mertebeye analizi yöntemi kullanılmıştır. Chang (1996), yaptığı çalışmada B-AHS'de ikili karşılaştırması alaları için üçgensel bulanık sayıları kullanmıştır. Bir üçgen bulanık sayı  $(l | m, m | u)$  veya  $(l, m, u)$  şeklinde gösterilir (Kahraman, 2004). Bir bulanık olay için  $l, m$  ve  $u$  parametreleri, sırasıyla mümkün en küçük değeri, en çok beklenen değeri ve mümkün en büyük değeri temsil eder. Her üçgen bulanık sayının lineer gösterimleri sol ve sağ taraf şeklinde Eşitlik (1)'deki üyelik fonksiyonu ile tanımlanabilir (Kahraman, 2004):

$$\mu(x|M\sim) = \begin{cases} 0, & x < l, \\ \frac{x-l}{m-l}, & l \leq x \leq m, \\ \frac{u-x}{u-m}, & m \leq x \leq u, \\ 0, & x > u. \end{cases} \quad (1)$$

B-AHS hesaplamalarında üçgen bulanık sayılar için temel aritmetik işlemlerine gerek duyulmaktadır. Aşağıda  $\tilde{M}_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ve  $\tilde{M}_2 = (l_2, m_2, u_2)$  bulanık üçgen sayıları için temel aritmetik işlemler verilmiştir:

Toplama :  $(l_1 + l_2, m_1 + m_2, u_1 + u_2)$

Çarpma :  $(l_1 \times l_2, m_1 \times m_2, u_1 \times u_2)$

Bölme :  $(l_1 / u_2, m_1 / m_2, u_1 / l_2)$

Negatif :  $(-l_1, -m_1, -u_1)$

Tersi :  $(1 / u_1, 1 / m_1, 1 / l_1)$

Bu tanımlama ve bilgilerden sonra B-AHS algoritması aşağıdaki gibi verilebilir.

Bu yöntemde, her bir ölçüt alınır ve her bir amaç için mertebeye analiz yapılır.  $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$  bir ölçüt kümesi ve  $U = \{u_1, u_2, \dots, u_n\}$  bir amaç kümesi olsun. Böylece her bir ölçüt için  $m$  tane mertebeye analiz değeri elde edilir. Bunlar  $M_{gi}^1, M_{gi}^2, \dots, M_{gi}^m$   $i = 1, 2, \dots, n$  şeklinde gösterilir. Burada belirtilen tüm  $M_{gi}^1$  parametreleri  $l, m$  ve  $u$  olan üçgensel bulanık sayıları göstermektedir. Chang (1996)'nın mertebeye analizi yaklaşımının aşamaları aşağıda verilmiştir :

**Adım 1:** Ölçüt  $i$ 'ye göre bulanık sentetik mertebeye değeri Eşitlik (2)'de gösterildiği gibi tanımlanmaktadır.

$$S_i = \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \otimes \left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} \quad (2)$$

$$\sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{j=1}^m l_j, \sum_{j=1}^m m_j, \sum_{j=1}^m u_j) \quad (3)$$

$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1}$  ifadesini elde etmek için ise  $M_{gi}^j$   $j = \{1, 2, \dots, m\}$  değerleri üzerinde bulanık toplama işlemi yapmak ve Eşitlik (4)'de verilen denklemden vektörün tersini hesaplamak gerekir. Tersini alan vektör Eşitlik (5)'de görülmektedir.

$$\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j = (\sum_{i=1}^n l_i, \sum_{i=1}^n m_i, \sum_{i=1}^n u_i) \quad (4)$$

$$\left[ \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m M_{gi}^j \right]^{-1} = \left( \frac{1}{\sum_{i=1}^n u_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n m_i}, \frac{1}{\sum_{i=1}^n l_i} \right) \quad (5)$$

**Adım 2:**  $M_2 = (l_2, m_2, u_2) \geq M_1 = (l_1, m_1, u_1)$  ifadesinin olasılık derecesi

$V = (M_2 \geq M_1) = \sup_{y \geq x} [\min \mu_{M_1}(x), \mu_{M_2}(x)]$  şeklinde tanımlanır. Bu eşitliği açarsak;

$$V(M_2 \geq M_1) = hgt(M_2 \cap M_1) = \mu_{M_2}(d) = \begin{cases} 1 & m_2 \geq m_1, \\ 0 & l_1 \geq u_2, \\ \frac{(l_1 - u_2)}{(m_2 - u_2) - (m_1 - l_1)} & \text{diğer} \end{cases} \quad (6)$$

elde edilir. Eşitlik (6)' da verilen  $d$ ,  $\mu_{M_1}$  ve  $\mu_{M_2}$  arasındaki en yüksek kesişim noktasının ordinatıdır.  $M_1$  ve  $M_2$ ' yi kıyaslayabilmek için  $V(M_2 \geq M_1)$  ve  $V(M_1 \geq M_2)$  değerlerinin her ikisine de ihtiyaç duyulur.

**Adım 3:** Konveks bir sayının  $k$  tane konveks bulanık sayıdan  $M_i$   $i = \{1,2, \dots, k\}$  büyük olmasının olabilirlik derecesi Eşitlik (7)'deki gibi tanımlanabilir.

$$V(M \geq M_1, \dots, M_k) = V[(M \geq M_1), (M \geq M_2), \dots, (M \geq M_k)] = \min V(M \geq M_i) \quad (7)$$

Burada  $i = \{1,2, \dots, k\}$ ;  $k \neq i$  için  $d'(A_i) = \min V(S_i \geq S_k)$  olduğu düşünülürse ağırlık vektörü Eşitlik (8)'deki şekilde elde edilir.

$$W' = (d'(A_1), d'(A_1), \dots, d'(A_n))^T \quad i = \{1,2, \dots, n\} \quad (8)$$

**Adım 4:** Ağırlık vektörleri Eşitlik (9)'daki şekilde normalize edilir.

$$W' = (d(A_1), d(A_1), \dots, d(A_n))^T \quad i = \{1,2, \dots, n\} \quad (9)$$

Burada,  $W$  ağırlık vektörü bulanık bir sayı değildir. Elde edilen bu ağırlıklar hiyerarşik olarak sentezlenerek nihai alternatif ağırlıklar bulunmalıdır. Bu çalışmada, B-AHS modelindeki ikili karşılaştırma matrislerinin oluşturulması için Çizelge 2' de yer alan ölçek kullanılmıştır.

Çizelge 2. Üçgen bulanık dönüşüm ölçeği

Üçgen bulanık dönüşüm ölçeği rakamsal değer	Dilsel ifade	Üçgen bulanık sayı	Karşılık üçgen bulanık sayı
1	Eşit	(1,1,1)	(1,1,1)
2	Zayıf üstünlük	(1,2,3)	(1/3,1/2,1)
3	Fena değil	(2,3,4)	(1/4,1/3,1/2)
4	Tercih edilir	(3,4,5)	(1/5,1/4,1/3)
5	İyi	(4,5,6)	(1/6,1/5,1/4)
6	Oldukça iyi	(5,6,7)	(1/7,1/6,1/5)
7	Çok iyi	(6,7,8)	(1/8,1/7,1/6)
8	Mutlak	(7,8,9)	(1/9,1/8,1/7)
9	Mükemmel	(8,9,10)	(1/10,1/9,1/8)

### İşlemeli Tarıma Uygun Alanların Belirlenmesi

Tarımsal arazi değerlendirme, arazilerin kullanım potansiyellerinin tahmin edilmesi işlemidir. Arazi değerlendirme yöntemleri genelde, uzman bilgisine dayalı niteliksel yöntemlerle, simülasyon modellerine dayalı niceliksel modeller şeklinde ayrılır. Tarımsal arazi uygunluk sınıfların çözümlemesi çalışmalarına, birden fazla kriteri içeren bir değerlendirme veya ÇKKV problemi olarak yaklaşmak uygun olacaktır. Buna göre çok kriterli arazi uygunluk değerlendirmeleri matematiksel formüllerle ifade edilmektedir. Parametrik istemlerin tek bir kategorik düzeyleri vardır. Bu sistemle yapılan sınıflamalarda ele alınan her bir parametre matematiksel modeller içerisinde kullanılarak elde edilen indeks değerlerine göre arazi uygunluk sınıfları belirlenmektedir. Yürütülen bu çalışmada izlenen yol, arazilerin tarımsal amaçlı uygunluk yönünden değerlendirilmesi sürecinde yer alan farklı arazi ve toprak parametrelerinin (kriterlerin) tanımlanan her bir haritalama ünitesi için oranlarının hesaplanmasıdır. Buna yönelik birçok teknikler olmasına karşın bu çalışmada çok kriterli arazi uygunluk değerlendirmesi tekniği olarak B-AHS yaklaşımı ve doğrusal kombinasyon tekniği kullanılmıştır (Patrono 1998; Çakır ve Dengiz; 2021). Doğrusal Kombinasyon tekniğinde, tarımsal açıdan arazi kullanım şeklini etkileyen kriterlerin her birine bir ağırlık değeri atanmaktadır. Bu ağırlık değerleri, kriterlerin göreceli önemine göre belirlenmektedir. Sonrasında bu kriterler alt kriterlere ayrılmakta ve bu alt kriterler kendi içinde ayrı bir sayısal değerlendirmeye tabi tutularak alt kriter puanları saptanmaktadır. Daha sonra bu alt kriter puanları, ait olduğu kriterin ağırlık değeri ile çarpılmaktadır. Böylece kriterler aynı ölçeğe konularak birlikte toplanabilir yani kombine edilebilir hale getirilmektedir. Bu teknikteki tarımsal amaçlı arazilerin uygunluk değerlendirmesi yaklaşımına ait matematiksel eşitlik (10) aşağıdaki şekildedir.

$$S = \sum_{i=1}^n (W_i \cdot X_i) \quad (10)$$

Burada  $S$ , toplam arazi uygunluk puanı;  $W_i$ ;  $i$  parametrenin ağırlık değeri;  $X_i$   $i$  parametresine ait alt kriter puanı;  $n$ , ele alınan parametrelerin toplam sayısıdır. Her bir haritalama ünitesi için doğrusal kombinasyon tekniği ile hesaplanan değerler Çizelge 3'e göre sınıflandırılarak alanın arazi uygunluk haritası oluşturulmuştur.

Çizelge 3. Arazi uygunluk sınıfları ve sınıflara ait değerler

Tanımlama	Sınıf	Değer
Çok uygun	S1	3.501 - 4.000
Uygun	S2	3.001 - 3.501
Az uygun	S3	2.001 - 3.000
Uygun değil	N	0.000 - 2.000

## Bulgular ve Tartışma

### B-AHS ile Kriter Ağırlıklarının Belirlenmesi

Araştırma alanına ait [Dengiz \(2002\)](#) detaylı temel toprak haritası kullanılarak, 42 tane haritalama birimi (HB) belirlenmiştir. Arazilerin tarımsal yönden uygunluklarının belirlenmesine yönelik olarak seçilen fiziksel kriterler (eğim, derinlik, erozyon, taşlılık, bünye ve drenaj) ve kimyasal kriterler (EC, pH, CaCO<sub>3</sub> içeriği, OM) için yapılan ikili karşılaştırmalar Çizelge 4' de sunulmuştur.

Çizelge 4. Kriterlerin ikili karşılaştırma matrisi

Kriterler	Eğim	Derinlik	Erozyon	Drenaj	Taşlılık	Bünye	OM	pH	EC	Kireç
Eğim	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	3,4,5	1,2,3	1,2,3	2,3,4	3,4,5	3,4,5
Derinlik	1/3,1/2,1	1,1,1	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Erozyon	1/3,1/2,1	1,1,1	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Drenaj	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1,2,3	1,1,1	1,2,3	1,2,3	1,2,3	1,2,3
Taşlılık	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	3,4,5
Bünye	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,1,1	1,2,3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	3,4,5
OM	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1/2	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,2,3	1,1,1	3,4,5	1,2,3	3,4,5
pH	1/4,1/3,1/2	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/5,1/4,1/3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,1,1
EC	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1,2,3	1,1,1	1,2,3
Kireç	1/5,1/4,1/3	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/3,1/2,1	1/5,1/4,1/3	1/5,1/4,1/3	1/5,1/4,1/3	1,1,1	1/3,1/2,1	1,1,1

OM: Organik madde, EC: Elektriksel iletkenlik

İkili karşılaştırmalar yapıldıktan sonra B-AHS işlem adımları (Eşitlik 1-9) izlenerek Çizelge 4'de yer alan kriter ağırlıkları elde edilmiştir. Çizelge 5'de görüldüğü gibi 0.1755 ağırlık değeri ile eğim kriteri en yüksek ağırlığa sahip iken, bunu toprak derinliği ve erozyon kriterleri izlemektedir. En düşük ağırlık değeri ise 0.0201 ile kireç kriteri olmuştur. [Dengiz ve ark. \(2019\)](#) Erzurum ili temel coğrafi özellikleri ve potansiyel işlemeli tarım alanı varlığı üzerine B-AHS yaklaşımı kullanarak yaptıkları çalışmada, eğim, derinlik, erozyon, ana materyal olmak üzere dört adet arazi özelliği ve organik madde, hacim ağırlığı, bünye, pH ve kireç olmak üzere beş adet toprak özelliği toplamda 9 adet kriter kullanılmışlar ve en yüksek ağırlık değerini eğim parametresi aldığını belirlemişlerdir. Ayrıca, [Kilic ve ark., \(2021\)](#) yaygın tarla tarımı olarak üretilen buğday bitkisinin topoğrafik ve toprak özelliklerinin ağırlıklarını belirlemek için B-AHS uygunluk değerlendirme modeli uyarlanmıştır. Toprak derinliği (0.232) en yüksek fakat, arazi yüksekliği (0.218) ve bakı (0.042) kriterinin ise en düşük ağırlığa sahip olduğu hesaplanmıştır.

Bu çalışmada buğday ekimi için yüksek, orta ve marjinal olarak uygun araziler, çalışma alanının sırasıyla %2.63, %9.85 ve %32.59'unu kapladığını belirlemişlerdir. Buna ek olarak, sonuçlar toplam alanın

%54.92'sinin buğday ekimi için uygun olmadığını belirlemişlerdir. Ayrıca araştırmacılar, B-AHS algoritması ve CBS tekniklerinin birleşiminin belirli bir bitkisel üretimi için planlamada, arazi uygunluğunun doğru bir şekilde değerlendirilmesi ve tarım uygulamalarının olumsuz çevresel etkilerinin azaltılması için yararlı bir yöntem olduğunu belirtmişlerdir.

Gerek mevcut çalışmadan, gerekse de yapılan çalışmalardan da anlaşılacağı üzere, işlemeli tarım arazilerinin belirlenmesinde arazilerin eğim ve toprak derinlik parametrelerinin yüksek ağırlık değerleri almaktadır. Bunun nedenini [Dengiz ve Sarıoğlu \(2013\)](#), eğim gerek tarla içi mekanizasyon veya tarla trafiği gibi faaliyetlerinin doğrudan yapılması gerekse de toprak erozyonu açısından önemli rol oynamakta olduğu şeklinde açıklamıştır. Ayrıca, [Sönmez \(1994\)](#) ve [Dengiz \(2007\)](#) işlemeli tarım uygulamalarının gerçekleştirilmesinde arazi eğiminin %10-12'nin üzerinde olması istenmediğini belirterek, toprak muhafaza tedbirleri alınmadan yapılan işlemler sonucu erozyonun artmasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak derinlik kriteri bitki kök gelişimini doğrudan etkilemenin yanı sıra su ve besin elementlerinin depolandığı yer olması ve diğer canlılar içinde yaşam ortamı olması açısından da oldukça önemlidir. Bu nedenle, arazi uygunluk, arazi değerlendirme veya arazi kalite çalışmalarının yanı sıra arazi çölleşmesi ve degradasyon modelleri gibi birçok çalışmada araştırmacılar derinliği bir kriter olarak ele almışlardır ([Dengiz ve ark. 2014](#); [Dedeoğlu ve Dengiz, 2019](#); [Demirağ Turan ve ark., 2019](#); [Özkan ve ark, 2020](#)).

Çizelge 5. Potansiyel işlemeli tarım alanlarının değerlendirmesinde kullanılan kriterlerin ağırlıkları

Faktörler	Ağırlık Değerleri
Eğim	0.1755
Derinlik	0.1326
Erozyon	0.1286
Drenaj	0.1133
Taşlılık	0.0948
Bünye	0.1086
Organik Madde	0.1315
pH	0.0311
Elektriksel iletkenlik	0.0639
Kireç	0.0201

B-AHS yaklaşımı ile yapılan analiz sonucu, araştırma alanının potansiyel işlemeli tarıma uygunluk sınıflarının alansal ve oransal dağılımları Çizelge 6 ve Şekil 3 de verilmiştir. Toplam alanın %57.4'ü (19914.9 ha) işlemeli tarıma S1 ve S2 düzeylerinde yani çok uygun ve uygun olarak belirlenirken, %9.3'i ise işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmadığı belirlenmiştir. Ayrıca alanın üçte biri ise (%31) özellikle eğim ve sığ toprak derinliği nedeniyle az uygun sınıfta yer almaktadır.

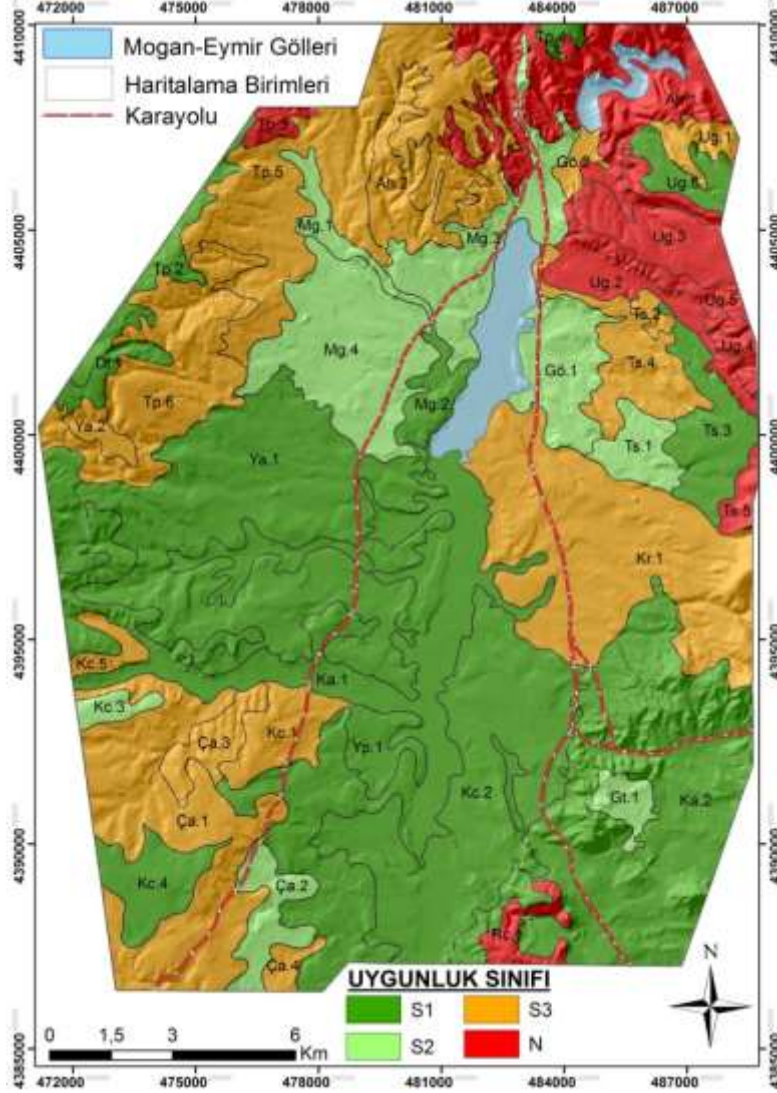
Çizelge 6. İşlemeli tarıma uygun arazi sınıfları

Tanımlama	Sınıf	Alan	
		ha	%
Çok Uygun	S1	15868.6	45.7
Uygun	S2	4046.3	11.7
Az Uygun	S3	10739.6	31.0
Uygun Değil	N	3242.5	9.3
Göl Alanları	-	798.6	2.3
Toplam	-	34695.6	100

Uygunluk sınıflarının seri düzeyinde ve her bir haritalama birimine göre alansal ve oransal dağılım Çizelge 7' de verilmiştir. Gerek Çizelge 7 ve Şekil 3 incelendiğinde, çalışma alanının özellikle kuzey ve kuzey-doğusunda dağılım gösteren Ahlatlıbel ve Ulugüney serilerine ait bazı haritalama birimlerinin (Ah.1, Ug.2, Ug.3, Ug.4 ve Ug.5) eğimin çok dik ve sığ toprak derinliği olması nedeniyle işlemeli tarımsal faaliyetlere uygun olmayan alanları oluşturduğu görülmektedir. Buna karşın, Mogan gölünün güney kesimlerinde dağılım gösteren çoğu haritalama birimleri S1 ve S2 düzeylerde uygun olduğu görülmektedir.

Çizelge 7. Uygunluk sınıflarının seri düzeyinde ve her bir haritalama birimine göre dağılım

Seri	Haritalama Birimi	Uygunluk Değeri	Uygunluk Sınıfı	Alan ha	%
Ahlatlıbel	Ah.2	2.828	S3	583.9	1.7
	Ah.1	1.484	N	1457.1	4.2
	Ça.2	3.49	S2	360.1	1.0
Çalıtepe	Ça.1	2.922	S3	1918.0	5.5
	Ça.4	2.478	S3	106.0	0.3
	Ça.3	2.085	S3	282.1	0.8
Doğutepe	Dt.1	3.601	S1	154.6	0.4
Gölcükbatıklığı	Gö.2	2.829	S3	100.6	0.3
	Gö.1	3.369	S2	626.3	1.8
Gölet	Gt.1	3.465	S2	175.2	0.5
Kaleboğazı	Ka.1	3,929	S1	3853.1	11.1
	Ka.2	3.715	S1	3368.1	9.7
Karaoğlan	Kr.1	2.559	S3	2682.5	7.7
	Kc.2	3.754	S1	2443.1	7.0
	Kc.4	3.686	S1	444.4	1.3
Kocadüz	Kc.1	2.886	S3	407.4	1.2
	Kc.3	3,685	S2	120.1	0.3
	Kc.5	3.584	S3	137.8	0.4
	Mg.2	3.837	S1	247.1	0.7
	Mg.1	3.229	S2	209.5	0.6
Mogan	Mg.3	3.232	S2	905.2	2.6
	Mg.4	3,101	S2	1354.4	3.9
Recepli	Rc.1	1.764	N	198.7	0.6
	Ts.3	3.737	S1	571.2	1.6
Taşlıktepe	Ts.1	3.335	S2	295.5	0.9
	Ts.2	2.384	S3	68.5	0.2
	Ts.4	2.707	S3	603.4	1.7
	Ts.5	1.118	N	117.3	0.3
	Tp.2	3.686	S1	309.4	0.9
Taspınar	Tp.4	3.697	S1	64.9	0.2
	Tp.5	2.073	S3	2225.0	6.4
	Tp.6	2.802	S3	1312.5	3.8
	Tp.3	1.722	N	103.7	0.3
	Ug.6	3.737	S1	247.6	0.7
	Ug.1	2.026	S3	182.6	0.5
Ulugüney	Ug.2	1.69	N	440.3	1.3
	Ug.3	1.663	N	479.5	1.4
	Ug.4	1.335	N	102.0	0.3
	Ug.5	1.335	N	343.8	1.0
Yağlıpınar	Yp.1	3.577	S1	278.8	0.8
Yavrucak	Ya.1	3,537	S1	3886.2	11.2
	Ya.2	2.818	S3	129.5	0.4



Şekil 3. Çalışma alanı potansiyel işlemeli tarım alanlarının uygunluk sınıflarına ait dağılım haritası

Arazi uygunluk analizi kesin bir arazi uygunluk haritası geliştirmek için en önemli yöntemlerden biridir. Bappa ve ark., (2021) Hindistanın Batı Bengal'in Koch Bihar bölgesinde uygun çeltik yetiştirme bölgelerini belirlemeyi amaçlamışlar, çalışma için 18 kriter seçilmiş ve uzman görüşüne dayalı olarak ağırlıkları atanmış ve CBS tabanlı B-AHS yöntemi benimsenmiştir. Araştırmacıların elde ettikleri sonuçlara göre, çeltik ekimi için arazi uygunluk analizi geliştirmek için en önemli faktörlerin yağış, toprak bünyesi, eğim, yükseklik, toprak su tutma kapasitesi, sıcaklık ve pH olduğunu belirlemişler ve çeltik tarımı için çok uygun alanların toplam alan içerisinde %14.54'nü kapladığı, orta uygun ve marjinal uygun alanların ise sırasıyla %46.07 ve %24.2 si oluşturduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca, uygun olmayan alanların ise toplam alanın %15.19 olduğunu tespit etmişlerdir. Araştırmacılar, arazi doğrulama çalışmaları sonrası, arazi uygunluk analizinde B-AHS yaklaşımının olduğunu güvenilir olduğunu da belirtmişlerdir.

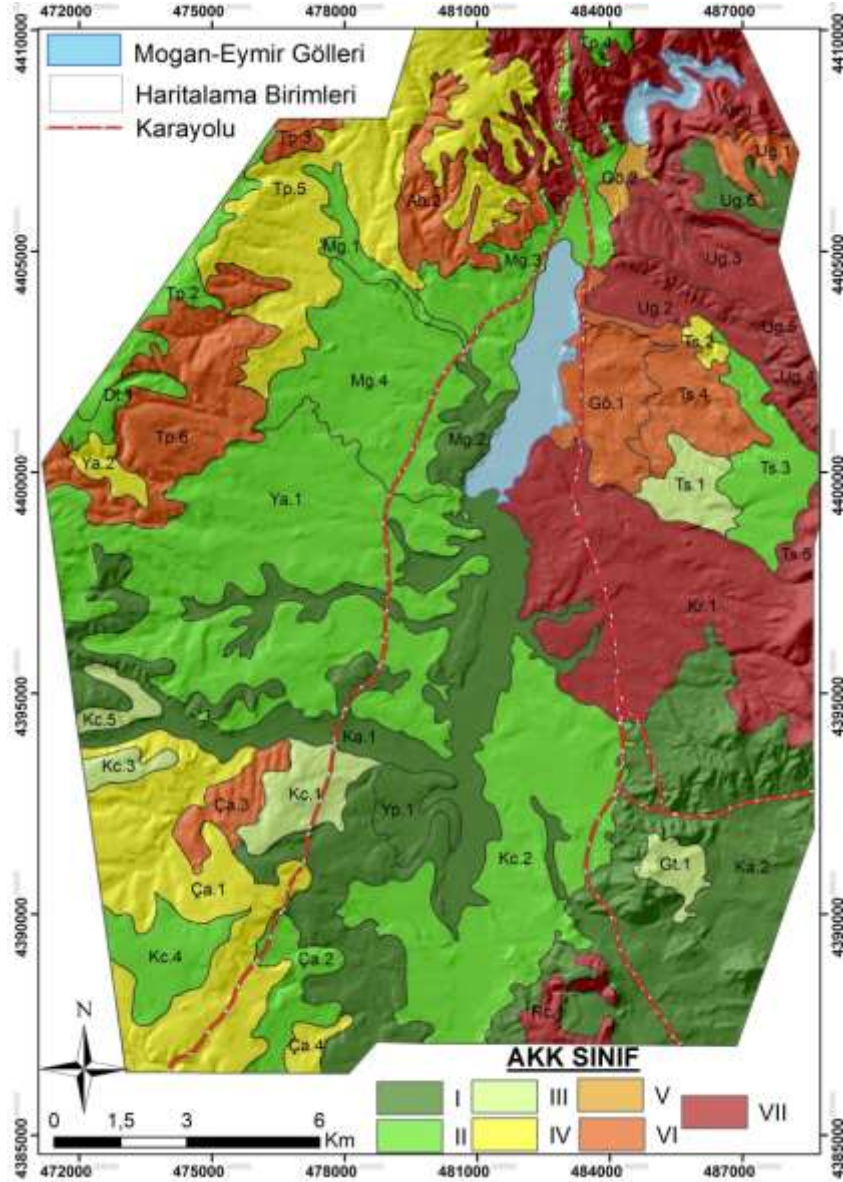
### Potansiyel İşlemeli Tarım Alanları ve AKK ile Karşılaştırılması

Seksenli yıllarda oluşturulmuş Ankara ili il arazi varlıkları raporuna (KHGM, 1980) göre, çalışma alanının Arazi Kullanım Kabiliyet (AKK) sınıflarının alansal ve oransal dağılımları ile haritası Çizelge 8 ve Şekil 4 de verilmiştir. Alanın AKK sınıfına göre dağılımları ise alanın işlemeli tarıma uygun sınıfları oluşturan ilk dört sınıfın 24280.7 ha toplamı ile toplam alanın %69.9'ini oluşturmaktadır. Aslında işlemeli tarım alanları için uygun olarak gösteriler IV. sınıf araziler, ancak arazilerde toprakların zarar görmemeleri açısından özel tedbirler alınması sonrasında kullanılabilir. Bu durumda ilk üç sınıf işlemeli tarım alanları için çok daha fazla önem arz etmektedir ki bu da toplam alanın yaklaşık %57.1'sine denk gelmektedir. Buna karşın işlemeli tarıma uygun olmayan V, VI., ve VII. sınıf araziler toplam alanın yaklaşık %21.5'ni oluşturmaktadır..



Çizelge 8. Arazi yetenek sınıfları

AKK Sınıfları	Alan	
	ha	%
I	7994.7	23.0
II	10703.0	30.8
III	1136.0	3.3
IV	4447.0	12.8
V	100.6	0.3
VI	3694.5	10.6
VII	5821.2	10.6
Göl Alanları	798.6	2.3
Toplam	34695.6	100



Şekil 4. Çalışma alanı AKK sınıflarının dağılım haritası

Çizelge 8’ de görüldüğü gibi, Çalışma alanı İşlemeli tarıma uygun sınıfta yer alan AKK sınıflarından il üç sınıf %57.1 iken B-AHS ve doğrusal kombinasyon tekniği ile elde edile uygunluk sınıflarından S1 ve S2 düzeyinde alanın %57.4’ü işlemeli tarıma uygun alanlar olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar göstermiştir ki işlemeli tarıma uygun olan alanların gerek AKK ile gerekse de B-AHS sonuçları oldukça bir birine yakın değerler olduğu görülürken, marjinal ve uygun olmayan alanlarda değişkenlik gösterebilmektedir.

Çizelge 9. AKK ve uygunluk sınıflarının karşılaştırılması

AKK Sınıfları	%	Uygunluk Sınıfları	%
İşlemeli tarıma uygun			
I	23.0	S1 ve S2	57.4
II	30.8		
III	3.3		
İşlemeli tarıma marjinal uygun			
IV	12.8	S3	31.0
İşlemeli tarıma uygun değil			
V	0.3	N	9,3
VI	10.6		
VII	10.6		
Göl Alanları	2.3	Göl Alanları	2,3
Toplam	100	Toplam	100

## Sonuç

Yarı kurak iklim özelliğine sahip Ankara ilinin güneyinde yer alan Gölbaşı ilçesi özel çevre koruma alanı ve yakın çevresini kapsayan alanda, B-AHS ve doğrusal kombinasyon tekniği yöntemlerinin birlikte kullanımı ile işlemeli tarıma uygun potansiyel sahalara belirlenmesi gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bu çalışmada, elde edilen sonuçlar 1980'li yıllarda Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğüne oluşturulmuş Ankara İli arazi varlığı haritasında yer alan AKK verileri ile karşılaştırmaları yapılmıştır. Bu kapsamda, çalışmanın çıkış noktasını; günümüzde kullanılan güncel teknolojiler ile (uzaktan algılama, coğrafi bilgi sistemi) yeni metodolojilerin (CBS, B-AHS) yanı sıra güncel sayısal veriler kullanılması ile çalışma alanının potansiyel işlemeli tarıma uygun alanların dağılımlarının ortaya konulması oluşturulmaktadır. Elde edilen sonuca göre, çalışma alanının %57.4'i potansiyel işlemeli tarıma uygun alanlarını oluşturmaktadır. Bu oran AKK da ise %57.1 olarak belirlenmiştir.

Ayrıca, CBS ve uzaktan algılama teknikleri, yeni yöntem ve modellerle gün geçtikçe artan bir öneme sahip olmuş, mekânsal çalışmaların vazgeçilmez araçları haline gelmiştir. Toprak ve arazi gibi vazgeçilmez doğal kaynaklara ait parametrelerin çoğunda CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin kullanılması, analizlerin yapılmasında ve haritaların oluşturulmasında kolaylıklar sağlamıştır. Bu tekniğin kullanılması verilere daha kısa sürede ulaşılmasına, analiz ve sorgulama işlemi ile haritaların üretilmesine olanak tanımıştır.

## Kaynaklar

- Bappa S, Prasanta D, Nazrul I, Amiya B, Manoj D, Ranjan R, 2021. Land suitability analysis for paddy crop using GIS-based Fuzzy-AHP (F-AHP) method in Koch Bihar district, West Bengal. Geocarto International, DOI: 10.1080/10106049.2021.2007299.
- Buckley JJ, 1985. Fuzzy hierarchical analysis. Fuzzy Sets And Syst., 17 (3): 233-247.
- Chang DY, 1996. Applications of the extent analysis method on fuzzy AHP. European J. of Operational Research, 95 (3): 649-655.
- Chen Y, Khan K, Padar Z, 2008. Irrigation Torunlar ve Nazlıcan / Anadolu Tarım Bilim. Derg. / Anadolu J Agr Sci 33 (2018) 270-281 281 intensification or extensification assessment: a GISbasedspatial fuzzy multi-criteria evaluation. In: Proceedings of the 8th international symposium on spatial accuracy assessment in natural resources and environmental sciences, 25–27 June, Shanghai, P.R. China, 309–318.
- Çakır M, Dengiz O. 2021. Doğrusal kombinasyon tekniği kullanılarak arazi değerlendirme çalışması; Çarşamba Sefalı Köyü Örneği. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 9(1); 43-56.
- Dağdeviren M, 2007. Bulanık analitik hiyerarşi prosesi ile personel seçimi ve bir uygulama. Gazi Üniv. Müh.-Mim. Fak. Derg., 22 (4): 791-799.
- Dedeoğlu M, Dengiz O, 2019. Generating of land suitability index for wheat with hybrid system approach using AHP and GIS. Computers and Electronics in Agriculture. 167: 105062. doi.org:10.1016/j.compag.2019.105062.
- Demirağ Turan İ, Dengiz O, Özkan B. 2019. Spatial assessment and mapping of soil quality index for desertification in the semi-arid terrestrial ecosystem using MCDM in interval type-2 fuzzy environment. Computers and Electronics in Agriculture. 164; 104933. https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104933.

- Deng H, 1999. Multi criteria analysis with fuzzy pair wise comparison. In Fuzzy Systems Conference Proceedings, 1999 IEEE International, 2: 726-731.
- Dengiz O, 2002. Ankara Gölbaşı Özel Çevre Koruma Alanı ve Yakın Çevresinin Arazi Değerlendirmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 249.
- Dengiz O, Bayramın İ, Usul M, 2005. Kahramanmaraş Tarım İşletmesi Topraklarının Parametrik Yöntemle Kalite Durumlarının Belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, Cilt: 11, Sayı: 1, sayfa: 45-50.
- Dengiz O, 2007. Assessment of Soil Productivity and Erosion Status for the Ankara-Sogulca Catchment Using GIS. International Journal of Soil Science 2 (1); 15-28.
- Dengiz O, Sarıoğlu, F.E., 2011. Samsun İlinin Potansiyel Tarım Alanlarının Genel Dağılımları ve Toprak Etüd ve Haritalama Çalışmalarının Önemi. Anadolu Tarım Bilimleri Derg., 26 (3): 241-253.
- Dengiz O, Sarıoğlu FE. 2011. Samsun İli Bazı Arazi Özellikleri ve Arazi Kullanım Durumlarının Topoğrafik Özellikleri ile Birlikte CBS Analizleri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(1): 55-60.
- Dengiz O, Sarıoğlu FE. 2013. Parametric Approach with Linear Combination Technique in Land Evaluation Studies. Journal of Agricultural Sciences, 19 (2), 101-112.
- Dengiz O, Gülser C. 2014. Farklı fluvial depozitler üzerinde oluşmuş toprakların dağılım alanlarının belirlenmesi ve sınıflaması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi. 31;1(1):9-17.
- Dengiz O, Şişman AZ, Gülser C, Şişman YA. 2014. Arazi Toplulaştırmasında Kullanılan Arazi Kalite Derecelendirme Yöntemine Alternatif Yaklaşım. Toprak Su Dergisi. 3(1):59-69.
- Dent D, Young A. 1981. Soil survey and land evaluation. George Allen & Unwin. London, England.
- DMI. 2019. Devlet Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Elaalem M, Comber A, Fisher P. 2011. A Comparison of Fuzzy AHP and Ideal Point Methods for Evaluating Land Suitability. Trans. GIS 15 (3), 329-346.
- FAO. 1976. A Framework for land evaluation. Soils Bulletin:32, Soils resources, management and conservation service, FAO Land and Water Development Division, Rome.
- Huang CC, Chu PY, Chiang YH. 2008. A fuzzy AHP application in government- sponsored R&D project selection. Omega 36 (6), 1038-1052
- Hurni, H. 1997. Concepts of sustainable land management. ITC J. 3/4, 210-215.
- Kahraman C, Cebeci U, Ruan D. 2004. Multi-attribute comparison of catering service companies using fuzzy AHP: The case of Turkey. International Journal of Production Economics, 87 (2): 171-184.
- Kihoro J, Bosco NJ, Murage H. 2013. Suitability analysis for rice growing sites using a multicriteria evaluation and GIS approach in great Mwea region, Kenya. SpringerPlus, 2:265.
- Kilic OM, Ersayın K, Gunal H, Khalofah A, Alsubeie MS. 2021. Combination of fuzzy-AHP and GIS techniques in land suitability assessment for wheat (*Triticum aestivum*) cultivation. Saudi Journal of Biological Sciences.
- Maddahi Z, Jalalian A, Zarkesh MMK, Honarjo N. 2014. Land suitability analysis for rice cultivation using multi criteria evaluation approach and GIS. European Journal of Experimental Biology, 4 (3): 639-648.
- Malczewski J. 2006. GIS-based multicriteria decision analysis: a survey of the literature. Int. J of Geog In Sci 20:703-726.
- Mustafa AA, Singh M, Sahoo RN, Ahmed N, Khanna M, Sarangi A, Mishra AK. 2011. Land Suitability Analysis for Different Crops: A Multi Criteria Decision Making Approach using Remote Sensing and GIS," Researcher, 3(2): 61-84.
- Özbek H, Dinç U, Berkman A, Şenol S, Kapur S. 1979. Tarım toprakları ve endüstri ilişkileri I. Çukurova da endüstrinin kapladığı tarım toprakları ve sorunları üzerine bir araştırma. Toprak İlmi Derneği 7. ve 8. Bilimsel Toplantı Tebliğleri. Yayın no :3 , Ankara.
- Özkan B, Dengiz O, Turan İD. 2020. Site suitability analysis for potential agricultural land with spatial fuzzy multi-criteria decision analysis in regional scale under semi-arid terrestrial ecosystem. Scientific Reports, 10: 22074. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-79105-4>.
- Patrono A. 1998. Multi-Criteria Analysis and Geographic Information Systems: Analysis of Natural Areas and Ecological Distributions. Multicriteria Analysis for Land-Use Management, Edited by Euro Beinat and Peter Nijkamp, Kluwer Academic Publishers, Environment and Management-Volume: 9, pp: 271-292, AA Dordrecht, The Netherlands.
- Pirbalouti AG. 2009. GIS-based land suitability evaluation for rapeseed oil crop. Journal of Food, Agriculture & Environment, 7(3&4) : 837 - 840. Helsinki, Finland.

- Prakash TN, 2003. Land suitability analysis for agricultural crops: A fuzzy Multicriteria Decision Making Approach. [http://itc.eu/library/Papers\\_2003/msc/gfm/prakash.pdf%5Cnhttp://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00298259/](http://itc.eu/library/Papers_2003/msc/gfm/prakash.pdf%5Cnhttp://hal.archives-ouvertes.fr/hal-00298259/).
- Saaty TL. 1980. The Analytic Hierarchy Process. McGraw-Hill, New York.
- Sönmez K. 1994. Toprak Koruma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 169, Erzurum
- Van Laarhoven PJM, Pedrycz W. 1983. A fuzzy extension of Saaty's priority theory. Fuzzy set and Systems, 11 (1-3): 229-241.
- Van Wambeke AR, 2000. The Newhall Simulation Model for Estimating Soil Moisture & Temperature Regimes. Department of Crop and Soil Sciences, U.S. Department of Agriculture, Ithaca, N.Y. Washington, DC.
- Zadeh LA. 1965. Fuzzy Sets. Information and Control, 8: 338-353.



## Bursa siyahı incir (*Ficus carica* L.)'de P, K, Ca ve Mg besin elementlerinin mevsimsel değişimleri\*

**Derya Bay ERKANAT, Atilla Levent TUNA\*\***

Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü Mentеше-Muğla

### Özet

“Bursa Siyahı” incir çeşidi, Marmara Bölgesinin önemli sofralık incir çeşididir. Aynı zamanda önemli bir ihraç ürünü olan bu çeşit, ekonomik değeri yönünden yöre halkı için önemli bir gelir kaynağıdır. Bu çalışmanın amacı; incir bitkisinin yapraklarında makro besin elementlerinin (P, K, Ca, Mg) mevsimsel değişiminin incelenerek yaprak örneği almak için stabil devreyi belirlemek ve incir bahçeleri ile ağaçların genel bir beslenme değerlendirmesini yapmaktır. Bu amaçla Bursa ili Mudanya ilçesi Akköy Köyü'nde 5 farklı bahçe belirlenerek bir vejetasyon dönemi boyunca Mayıs-Eylül aylarında ve her ayın son haftası olmak üzere alınan yaprak örnekleri ile Temmuz ayında alınan toprak örnekleri analiz edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, incelenen makro elementler, P hariç, tüm bahçelerde genel olarak vejetasyon başlangıcından Temmuz ayına kadar artmış ancak daha sonraki aylarda hasat dönemine kadar stabil kalmıştır. P ise, Mayıs ayından sonra azalarak vejetasyon dönemi boyunca hemen hemen sabit değerde kalmıştır. Yaprak örneklerinin dönemsel analizleri sonucu, besin elementlerindeki değişimlerin en az olduğu stabil devreler, tüm bahçeler için Ağustos-Eylül ayları olarak belirlenmiştir. Ayrıca toprak analizleri ile de desteklenen genel beslenme değerlendirmesi yapılmış ve çalışılan bahçelerde beslenme yönünden herhangi bir problem saptanmamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** İncir, mevsimsel değişim, makro besin elementleri

### Seasonal changes of P, K, Ca and Mg in fig (*Ficus carica* L. cv. Bursa Siyahı)

#### Abstract

“Bursa Siyahı” fig is a kind of table fig in Marmara Region. As an export product, it is a crucial source of income for locals due to its economic value. The aim of this research is to determine the stable period for collecting leaf sample thorough examining seasonal change of macro nutrients (P, K, Ca, Mg) and make a nutrition evaluation. For this purpose, in Bursa Mudanya town Akköy village five different fig plantations were chosen and throughout one vegetation period leaf samples that were taken in the last weeks of each month between May and September and soil sample taken in July were analyzed. According to the results of this research, analyzed macro elements, except P, has generally increased in all plantations from the beginning of vegetation period to July, nevertheless, following months they remain stable until harvest time. However, P decreased after May and remained almost in fixed value in vegetation period. As a result of periodic analyses of leaf samples, August and September were determined as stable periods in which changes of nutrient elements were the least. Additionally, general nutrition assessment supported by soil analyses were also done and was not faced with any nutrition problem.

**Keywords:** Fig, seasonal changes, macro nutrients

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

*Urticales* takımı, *Moraceae* (dutgiller) familyasına dahil olan incir (*Ficus carica* L.), bu takımın içerdiği yaklaşık 800 kadar tür içinde ticari öneme sahip meyve veren tek bitkidir. Kültür incirinde dişi ve erkek çiçekler, iki cinsi temsil eden erkek incirlerle, dişi incirler üzerinde ayrı ayrı ağaçlarda bulunmaktadır. Bundan dolayı, meyve bağlayabilmeleri için, döllenmeye ilek sineği (*Blastophaga psenes*) denilen ve erkek incirle simbiyoz yaşayan bir böcek aracı olmaktadır. Bursa Siyahı meyvelerin ortalama ağırlığı 82.6 g, eni 56.1 mm, boyu 48 mm, boyun uzunluğu 7.8 mm, ostiol açıklığı 6.4 mm, meyve kabuk kalınlığı 4.0 mm, pH değeri 4.55, suda çözünür kuru madde değeri ise 17.4 olarak belirlenmiştir (Yıldırım, 2016). İncir (*Ficus*

\* Bu çalışma, birinci ismin Yüksek Lisans Tezinden kısmi olarak derlenmiş ve Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi, BAP Koordinasyon Biriminin “2011/49” numaralı projeye desteklenmiştir.

\*\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (252) 211-1520  
E-posta : tuna@mu.edu.tr

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 4 Nisan 2022

Kabul Tarihi : 01 Haziran 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1096584

*carica* L.) Anadolu'da binlerce yıldan beri yetiştirilen bir meyvedir. İsmi Ege Bölgesindeki eski bir yerleşim alanı olan Carica'dan almış olması bu bölgenin dünya incir yetiştiriciliğindeki önemini ortaya koymaktadır (Aksoy, 1984). İncirin anavatanı Türkiye olup, buradan Suriye, Filistin ve daha sonra da Ortadoğu üzerinden Çin ve Hindistan'a yayılmıştır (Tügem, 2010). Türkiye'de 2019'da 521 bin dekar alanda incir üretimi gerçekleşmiştir. İncir üretim alanında %71.6'lık paya sahip olan Aydın 373 bin da alan ile birinci sıradadır. Meyve veren ağaç sayısı, 2019 yılında 10 milyona ulaşmıştır. 2019'da Türkiye'de 310 bin ton incir üretimi gerçekleşmiştir. İncir üretiminde en önemli paya sahip olan Aydın 190 bin ton ile Türkiye üretiminin % 61.4'ünü karşılarken, 28 bin ton üretim ile Bursa, İzmir'in ardından üçüncü sırayı almıştır (Anonim, 2021). Bursa Siyahı incir çeşidi Marmara bölgesinin standart sofralık bir çeşididir ve üretimi ağırlıklı olarak Bursa ili ve ilçelerinde yapılmaktadır. Bursa İli genelinde 2019 yılı incir üretimi 28.450 tondur Ağacın gelişme durumu kuvvetli ve yayvandır. Meyve olgunlaşması Ağustos sonu Eylül başından, Ekim sonu Kasım başına kadar devam eder (Tangu ve ark., 2021).

Meyve ağaçlarından optimal kalitede ürün alabilmek, toprak ve yaprak analizleri sayesinde düzenli ve dengeli gübreleme ile mümkündür. Bunun içinde her bitki için değişiklik gösterebilen besin elementlerinin stabil dönemlerinin belirlenmesi önem arz eder. Öztürk ve Tarakçoğlu (2016)'na göre, yaprak elementlerinin mevsimsel olarak değişimi, hem besin elementleri arasındaki ilişkilerin tespit edilmesi hem de beslenme bozukluklarının en erken dönemlerde tespit edilerek müdahalede bulunulması açısından önemlidir. Bazı elementler vejetasyon mevsimi başlangıcında fazla iken, yaprak dökümünde düşük olmakta, bazı elementler de tersi bir durum sergilemektedir. Bu aylık değişimlerin ve elementlerin girdikleri stabil dönemlerin belirlenmesi, yaprak örneklerinin alınması sırasında ve sonuçlarını değerlendirirken göz önünde bulundurulması oldukça önem taşır. Yaprak analizi, bitki besin düzeylerini izlemek için mükemmel bir öneme sahiptir. Her ne kadar toprak analizleri, belli besin maddelerinin miktarını gösterse de, yaprak analizleri, besin maddelerinin bitki tarafından kaldırılan miktarlarını gösterirken, aynı zamanda da, gözlenebilen noksanlık belirtilerinin doğrulanmasında kılavuzluk etmektedir (İbrikçi ve ark., 1996). Kabasakal (1983), Sarılop incir çeşidinde bazı mineral besin maddelerinin mevsimsel değişimi ve toprak-bitki-sürgün ve meyve gelişmesi ilişkilerini araştırmış ve Ege Bölgesi için incirde yaprak örneği alma zamanını meyve olgunluk başlangıcı olarak bildirmiştir. Tezcan (2006), Ege Bölgesinde yoğun kiraz üretiminin yapıldığı Kemalpaşa yöresinde yaygın yetiştirilen Salihli ve Sapı Kısa çeşitleri üzerinde yaptığı bir çalışmada, en uygun yaprak alma döneminin, yapraklardaki besin elementlerinin stabil döneme girdiği 10 Haziran-4 Temmuz olduğunu bildirmiştir. Uçgun ve ark. (2014)'nın bir çalışmasına göre, tam çiçeklenmeden sonra geçen gün sayısı arttıkça yapraklardaki N ve P sezon başında hızlı, sonraki dönemlerde ise yavaş azalan bir değişim göstermiştir. Ca sürekli artmış, Mg başlangıçta nispeten stabil olan ve sonradan artan görünüm sergilemiştir. K ise önce artan, sonra azalan ve stabil kalan bir değişim izlemiştir. Moltay (1979), Bursa bölgesinde şeftali ağaçlarının besin elementlerindeki mevsimsel değişimi incelemek amacıyla, 4 aylık gelişme dönemi boyunca toplam 4 bahçeden 20'şer gün aralıklarla yaprak örnekleri almış, araştırma sonucunda P, K ve Zn'da azalma ve Fe ve Ca'da ise artış gözlemiştir. Araştırmacının vardığı sonuçlara göre, besin elementlerinin yapraklarda stabil kaldığı dönem olarak, meyvelerin hasat zamanı ile hasattan hemen sonraki devre arasındaki zaman saptanmış olup, yaprak örneklerinin bu zamanda alınması gerektiği bildirilmiştir. Soyergin ve Tangu (2010), Bursa Siyahı incir bitkisinde yaptığı mevsimsel değişimin incelenmesi ve ortak stabil devrelerinin belirlenmesine yönelik çalışmaları sonucu, yaprak örneklerinin N, P, K, Ca ve Mg içerikleri saptanmış ve stabil devreler belirlenmiştir. Araştırmacılar, Bursa Siyahı incir çeşidinde Temmuz'un ilk haftası ile Ağustos'un ilk haftası arası yaprak örneklerinin alınmasını önermiştir.

Literatür incelemesinden, Bursa Siyahı incir çeşidinde besin elementlerinin mevsimsel değişimleri ile ilgili yeterli çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle tek yaş incir üretim-tüketim ve pazarlama bölgesi olan Bursa Bölgesinin tescilli meyvesi "Bursa Siyahı" ile ilgili düzenlenen bu araştırmanın var olan bir boşluğu dolduracağı düşünülmektedir. Bu amaçla, Bursa ilinde yaygın yetiştirilen ve yöre halkı için ekonomik öneme sahip olan ve dış ülkelere ihracat potansiyeli taşıyan Bursa Siyahı yerel adlı incirin yapraklarında P, K, Ca, Mg makro besin elementlerinin mevsimsel değişimleri araştırılmıştır. Söz konusu makro besin elementlerinin durağan döneme girdikleri devre stabil periyot olarak kabul edilmiş ve bu dönem beslenme değerlendirmesi amacıyla en uygun yaprak örneği alma dönemi olarak belirlenmiştir. Ayrıca yapılan toprak analizleriyle de incir bahçelerinin genel bir beslenme değerlendirmesi yapılmıştır.

## Materyal ve Yöntem

Araştırma materyalini, Bursa ili Mudanya İlçesi Akköy Köyü'nde 15-20 yaşlarındaki incir ağaçlarından kurulu 5 bahçeden seçilen Bursa Siyahı incir çeşidinden bir vejetasyon dönemi boyunca Mayıs-Eylül ayları

ve her ayın son haftası içerisinde her bahçeden her dönemde alınan yeterli sayıda yaprak ve Temmuz ayı içerisinde de 0-60 cm derinlikten alınan toprak örnekleri oluşturmaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü bahçelere ait bazı bilgiler Çizelge 1’de özetlenmiştir. Çalışmada Bursa Siyahı incir çeşidinden oluşmuş olan 15-20 yaşlarındaki ağaçlardan kurulu 5 sağlıklı bahçe tespit edilmiş, bahçeyi en iyi şekilde temsil edecek şekilde her bahçeden 15 ağaç olmak üzere, ağaçlar kireçle numaralandırılmıştır. Bahçe seçimi esnasında bahçelerin ürün verimi ve kalitesi bakımından iyi durumda olan, bakımlı ve bitki besin maddesi noksanlığı göstermeyen, hastalık ve zararlılar yönünden problemi olmayan bahçelerin seçimine, numaralandırma esnasında da ağaçların bahçe sınırları içerisinde olmasına, sınır köşelerinde kalmamış olmasına ve ağaçların yan yana olmamasına dikkat edilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmanın yürütüldüğü bahçelere ait bazı bilgiler

Bahçe No	Yeri (Akköy)	Alanı (da)	Ağaç sayısı	Ağaç yaşı
1	Öğren	10	132	19
2	Akçapınar	2.5	34	17
3	Kersen	7	75	17
4	Bekirçeşme	6	60	15
5	Sinanın su	9	100	18

### Toprak örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri

Toprak örnekleri, Temmuz ayının son haftasında, seçilen bahçelerden bahçeyi temsil edecek şekilde [örneğin; 10 da alana sahip bir bahçeden 10 ayrı örnek alınıp karıştırılmak suretiyle elde edilen 1 örnek (örnek/1 da)] 0-60 cm derinlikten ve toprak örneği alma kurallarına uygun olarak her bahçeden ayrı ayrı olacak şekilde alınıp, iyice karıştırılıp homojen bir örnek elde edildikten sonra, laboratuvarında hava kurusu haline gelinceye kadar bekletilmiş, kesekler tahta tokmakla parçalanmış ve daha sonra 2 mm gözenek çapındaki elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir (Chapman ve Pratt, 1961).

Toprak örneklerinin pH’ları, su ile sature edilmiş toprak saturasyonunda Beckman pH metresi ile ölçülerek (Jackson, 1967), toprak tekstürü, hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1955), EC, sature hale getirilmiş toprak çamurunda EC-metre ile ölçülerek sonuçlar dS/m olarak ifade edilmiştir. Toprak örneklerinin organik madde kapsamı, Potasyum Bikromat ( $K_2Cr_2O_7$ ) ile yaş yakılarak elde edilen organik karbon değerinin Van Bammelen faktörü ile çarpılıp, sonuçların % olarak verilmesiyle (Black, 1965),  $CaCO_3$  kapsamı ise, Scheibler kalsimetresi ile ölçülüp sonuçların %  $CaCO_3$  olarak verilmesiyle (Çağlar, 1958) belirlenmiştir. Toprak örneklerinin alınabilir P içerikleri toprak/su oranı 1/10 olan modifiye Bingham yöntemi ile (Güner, 1968), faydalı K, Ca ve Mg kapsamı ise, 1N  $NH_4OAC$  ile 30 dk çalkalanıp elde edilen ekstraktın ICP-AES cihazında ölçülmesiyle saptanmış ve sonuçlar ppm olarak verilmiştir. Elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde P için Bingham (1949), K için Fawzi ve El-Fouly (1980), Ca ve Mg için Loué (1968) tarafından önerilen referans değerleri kullanılmıştır.

### Yaprak örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri

Yaprak örnekleri, belirlenen 5 örnek bahçeden seçilip işaretlenmiş 15 ağaçtan çiçeklenme öncesi, çiçeklenme, meyve olum zamanı, olgunlaşma dönemi ve hasat zamanı olmak üzere toplam 5 dönemde ve her yeni sürgünden 2 yaprak olmak üzere Doğu-Batı-Kuzey-Güney yönlerinde ağacın 4 yanından ve omuz yüksekliğine kadar olan kısımlardan yaklaşık 8 yaprak olmak üzere Mayıs-Eylül aylarında ve her ayın son haftası içerisinde alınmıştır (Kenworthy, 1979). Vegetasyon süresi boyunca 24 Mayıs’tan başlamak üzere her ayın son haftasına gelecek şekilde 28 Eylül’e kadar sürdürülen yaprak örneği alma işlemleri sırasında bahçelerde saptanan fizyolojik gözlemler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Yaprak örneklerinin alındığı tarihler ve bu tarihlerdeki fizyolojik gözlemler

Tarih	Çiçeklenmeden sonraki gün sayısı	Gözlemler
24 Mayıs	23	Yapraklar alınacak büyüklüğe ulaşmış durumda
26 Haziran	56	Meyveler fındık büyüklüğünde
27 Temmuz	87	Meyveler ceviz büyüklüğünde
29 Ağustos	120	Meyveler olgun
28 Eylül	150	Hasat zamanı

Usulüne uygun olarak alınan yaprak örnekleri etiketlenip poşetlendikten sonra laboratuvara getirilmiş ve yüzey kontaminasyonlarının giderilmesi için önce çeşme suyu daha sonra distile su ile yıkayıp, 48 saat 70 °C’de etüvde kurutulduktan sonra öğütülüp analize hazır hale getirilmiştir (Kacar, 1972). Analiz için, öğütülmüş örneklerden porselen krozelere 1’er gram tartılarak kül fırınında kuru yakma metoduna göre 6 saat 550°C’de yakılmış ve elde edilen bitki külü 2 N HCl ile ekstrakte edilerek 50 ml’ye saf su ile tamamlanmıştır. Elde edilen berrak süzükte P, K, Ca ve Mg elementlerinin belirlenmeleri, ICP-AES cihazında yapılmış ve sonuçlar kuru maddede % olarak verilmiştir (Kacar, 1994).

### Analiz sonuçlarının değerlendirilmesinde kullanılan istatistiksel yöntemler

Elde edilen verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi amacıyla, SPSS software paket programı kullanılarak tek yönlü varyans analizi ve örnek alma zamanlarına ait değerlere LSD testi uygulanarak ortalamalar karşılaştırılmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak örneklerinin bazı önemli özelliklerine ilişkin analiz sonuçları Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin analiz sonuçları

Bahçe No	pH	EC (dS/m)	CaCO <sub>3</sub> (%)	Organik madde (%)	Bünye
1	7.3	0.58	4.07	3.97	Kum
2	7.4	0.61	4.07	3.80	Kum
3	7.4	0.62	3.33	3.50	Tın
4	7.6	0.50	5.18	1.13	Kum
5	7.5	0.66	3.70	3.48	Tın

Koyu renkler en düşük ve en yüksek değerleri ifade eder. EC: Elektriksel iletkenlik.

İncir için en uygun toprak pH’sı hafif alkali, nötr ve nötre yakın topraklardır. Alınan tüm örneklerde, toprak pH’sının 7.3 ile 7.6 arasında değiştiği, en yüksek pH’ya sahip bahçenin 4 numaralı bahçe olduğu saptanmıştır (Çizelge 3). Toprak örnekleri pH değerlerine göre sınıflandırıldığında, tüm bahçelerin nötr ila hafif alkali sınırında toprak reaksiyonuna sahip oldukları anlaşılmaktadır. Başar (2001) Bursa ilinde değişik bahçelerden toprakların kimi verimlilik özelliklerini belirlemek için yaptığı çalışmada, toplam 1018 adet toprak örneğinden % 3’ünün kuvvetli alkalın, % 79’unun hafif alkalın, % 9’unun hafif asit, % 7’sinin nötr ve % 2’sinin orta derecede asit olduğunu bildirmiştir. Özgüven ve Katkat (2001), Bursa ili topraklarının ortalama pH değerlerinin 5.41 ile 8.58 arasında değiştiğini bildirmiştir. Önceki çalışmalarla paralel olarak, bu çalışmada incelenen bahçe topraklarının, incir yetiştiriciliği açısından pH ile ilgili önemli bir sorunlarının bulunmadığı saptanmıştır.

İncir bitkisi toprak tuzluluğuna hassas bir bitkidir. Alınan tüm toprak örneklerinde EC (Elektriksel iletkenlik) değerlerine baktığımızda, 0.50-0.66 dS/m arasında olduğu gözlenmiştir. Bu değerler topraklarda tuzluluk açısından herhangi bir problem olmadığını ve incir bitkisi yetiştirme ortamı açısından uygun olduğunu göstermektedir.

İncir ağaçları kireççe zengin ve kireçli topraklarda iyi gelişir. Alınan toprak örneklerinin CaCO<sub>3</sub> kapsamları % 3.33-5.18 arasında değişmektedir. 4 numaralı bahçe dışındaki tüm bahçeler % CaCO<sub>3</sub> kapsamları bakımından Çağlar (1958) sınıflandırmasına göre kireçli (%1-5) sınıfına girmektedir. Çizelge 3’de de görüldüğü gibi 4 numaralı bahçe toprağı %5.18 CaCO<sub>3</sub> kapsamıyla orta kireçli (%5-15) olarak değerlendirilmiştir. Yapılan bir çalışmada Bursa ili tarım topraklarının kireç dağılımları %41 az kireçli, %24 kireçli, %22 orta kireçli, %7 fazla kireçli ve %5 çok fazla kireçli olarak belirlenmiştir (Anonim, 1983). Özgüven ve Katkat (2001) yaptıkları çalışmada, Bursa ili topraklarının CaCO<sub>3</sub> miktarlarının % 0.10-32.61 arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Başar (2001), Bursa ilinde değişik ürünlerin yetiştirildiği toprakların kimi verimlilik özelliklerini belirlemek için yaptığı çalışmada toplam 1018 adet toprak örneğinden % 10.2’sinin çok fazla, % 7.5’unun fazla, % 34.6’sının orta, % 19.2’sinin az, % 17’sinin çok az düzeyde kireç içerdiğini belirtmiştir. Araştırma sonucunda elde edilen bulgulara göre, toprakların kireç içerikleri ve incir bitkisinin kireç isteği göz önüne alındığında, bahçe topraklarının kireç içeriği yönünden kireçli sınıfta yer aldığı ve ağaçların beslenmesi yönünden genel görünümünde herhangi bir olumsuzlukla karşılaşmadığı görülmüştür.



4 numaralı bahçe dışındaki tüm bahçelerin Çizelge 3'de de görüldüğü gibi % organik madde kapsamı çok humuslu olarak saptanırken, 4 numaralı bahçenin % organik madde kapsamı az humuslu olarak saptanmıştır. Tüm bahçelerden alınan toprak örneklerinin % organik madde kapsamının %1.13-3.97 arasında değiştiği görülmektedir. Organik madde toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerine önemli etki yapmaktadır. Oldukça üretken veya verimli olarak kabul edilen bahçe topraklarının çoğunlukla % 3-5 arasında organik madde içerdiği bildirilmektedir (Güzel, 1989). Soyergin ve Tangu (2010), Bursa ilinin 4 farklı bölgesinde yaptıkları çalışmada bahçe topraklarının % organik madde kapsamının % 1.1-5.3 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Özgüven ve Katkat (2001), Bursa ili topraklarının organik madde içeriklerinin % 0.44-5.09 arasında bulunduğunu belirtirken, Özgüven (2000)'e göre Bursa ili topraklarının % 77'si az humuslu, % 17'si orta humuslu ve % 5'i ise fazla humusludur. Başar (2001), yaptığı çalışmada Bursa yöresi topraklarının yaklaşık % 88'inin, % 3'ün altında, organik madde içerdiğini bildirmiştir. Çalışmamızdan elde edilen bulguların önceki çalışmalarla uyum içinde olduğu ve bahçelerin organik madde yönünden, 4 numaralı bahçe hariç yeterli düzeyde organik madde içerdikleri belirlenmiştir.

### Toprak örneklerinin makro element kapsamı

Araştırma bahçelerinin toprak örneklerinin faydalı P, K, Ca ve Mg kapsamına ait analiz sonuçları Çizelge 4'de verilmiştir. Araştırma topraklarının P kapsamı 0.40-8.90 ppm arasında bulunmuştur. Buna göre, 1 numaralı bahçe P açısından zengin, 2 ve 3 numaralı bahçeler P açısından iyi, 5 numaralı bahçe P açısından orta ve son olarak da 4 numaralı bahçe P açısından çok fakir olarak sınıflandırılmıştır. Tarım topraklarında fosforun hem asit ve hem de alkalin reaksiyonlarda fiksasyon olasılığının bulunmasının yanı sıra, bitkinin yararlanabileceği P miktarının az olması nedeniyle de P noksanlığı ortaya çıkma olasılığı oldukça yüksektir. Bitkilerde P noksanlığına; pH, kireç, sıcaklık, nem, tekstür ve öteki besin elementlerinin cins ve miktarları gibi çeşitli toprak özellikleri önemli etki yapar. Bu nedenle normal bitki gelişmesi için yeterli düzeyde P içeren topraklarda yetişen bitkilerde bile zaman zaman P noksanlık belirtileri görülebilmektedir (Munk, 1985). Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü'nde Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınarak analizi yapılan 65008 toprak örneğinin % 66'sında fosforun az veya çok az olduğu belirlenmiştir (Ülgen ve Yurtsever, 1974).

Çizelge 4. Toprak örneklerinin (0-60 cm) makro element kapsamı (ppm)

Element	Bahçe-1	Bahçe-2	Bahçe-3	Bahçe-4	Bahçe-5
Fosfor (P)	8.90	3.30	4.00	0.40	1.50
Potasyum (K)	924	913	700	176	385
Kalsiyum (Ca)	9500	9188	8469	10700	11000
Magnezyum (Mg)	1003	1409	1160	754	823

Başar (2001), Bursa'nın ilçelerinden alınan toprak örneklerinin P durumlarına göre yeterlilik düzeylerini incelemiş ve toprakların % 52'sinde orta ve % 21'inde çok düşük düzeyde P bulmuştur. Ayrıca Bursa ili genelinde toprakların verimlilik durumlarını belirlemek üzere yapılan bir çalışmada, toprakların % 39'unda az, %20'sinde orta miktarlarda P belirlenmiştir (Anonim, 1983). Bu bilgi ışığında, çalışmamızı yürüttüğümüz bahçe topraklarının fosfor kapsamına baktığımızda, 4 numaralı bahçede diğer bahçelere oranla bu elementin çok fakir olmasının sebebinin 4 numaralı bahçe toprağının diğer bahçelere oranla daha yüksek pH, kireç ve Ca kapsamına sahip olmasından dolayıdır. Kacar ve Katkat (1997), Türkiye'nin çeşitli bölgelerinden alınan topraklar üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda, genellikle bitki tarafından yararlanılabilir fosforun noksan olduğunu ve fosforlu gübre uygulaması ile ürün miktarında önemli artış sağlandığını saptamışlardır. Ancak, çalışmamızda özellikle 4 numaralı bahçede incir ağaçlarında P noksanlığına ait herhangi bir belirtiyeye rastlanmamıştır. Mutlak gerekli bir besin elementi olarak P, kültür bitkilerinde ürünün niteliği ve niceliği üzerinde önemli etki yapmaktadır. Türkiye toprakları genellikle P bakımından yoksuldur. Bu nedenle nitelikli ürün alınabilmesi için gübreleme programında fosfora gereken önemin verilmesi zorunludur (Kacar ve Katkat, 1998).

Araştırılan topraklarının K kapsamı 176-924 ppm arasında bulunmuştur (Çizelge 4). Dördüncü bahçe toprağı dışındaki bahçelerin topraklarının K içeriği açısından yeterli olduğu belirlenirken 4. bahçe toprağının ise düşük/orta değerlerde potasyuma sahip olduğu saptanmıştır. Toprakların toplam K içerikleri genel olarak yüksektir. Ancak topraklarda bitkiye yararlı K, toplam potasyumun çok küçük bir bölümünü oluşturur.

Araştırmanın yürütüldüğü bahçe topraklarının Ca kapsamı 8469-11000 ppm arasında zengin olarak bulunmuştur (Çizelge 4). [Soyergin ve Tangu \(2010\)](#), Bursa Siyahı incir çeşidi yetiştirilen topraklarda yapmış oldukları çalışmalarda, Ca elementini oldukça geniş sınırlar arasında (730-12400 ppm) arasında bulmuşlardır. Bu değerler ile çalışmamız sonuçları karşılaştırıldığında, değerlerimizin bu çalışma ile uyumlu olduğu anlaşılmaktadır. [Aydın ve Çakıcı, \(2001\)](#), Aydın'da 15 yaşında Sarılop incir bahçelerinde yaptıkları çalışmada, 30-60 cm derinlikte; pH: 8.10, CaCO<sub>3</sub>: % 0.90 ve Organik madde kapsamını ise % 0.57 bulmuşlardır. Ayrıca 30-60 cm derinlikten alınan toprak örneklerinde K, Ca, P ve Mg kapsamını da sırasıyla; 150, 2450, 356 ve 4.8 ppm olarak rapor etmişlerdir. [Tuna ve Kılınç \(1991\)](#), Kemalpaşa bölgesi kiraz plantasyonlarının P, K, Ca Fe ve Zn yönünden beslenme durumlarının değerlendirilmesi ve bu elementlerin mevsimsel değişimleri üzerine yaptıkları çalışmada elde ettikleri analiz sonuçlarına baktığımızda da, topraktaki Ca elementinin 1320 ile 5490 ppm arasında değiştiği belirlenmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü bahçe topraklarının Mg kapsamı 754-1409 ppm arasında yeterli olarak bulunmuştur (Çizelge 4). [Soyergin ve Tangu \(2010\)](#), Bursa Siyahı incir çeşidi yetiştirilen topraklarda yapmış oldukları çalışmalar sonucunda Mg elementini 65-930 ppm arasında bulmuşlardır. Bulunan bu değerler, çalışmamız sonucu elde edilen değerler ile karşılaştırıldığında bulgularımızın bu değerlerin üzerinde olduğu görülmektedir.

### Yaprak örneklerinin mevsimsel değişimlerine ait genel değerlendirme

Yaprak örneklerinde makro elementlerin aylık değişimleriyle ve stabil devrelerle ilgili olarak elde edilen sonuçlar Çizelge 5'te verilmiştir. Her bahçe ayrı ayrı olacak şekilde yaprak örneklerinin P, K, Ca ve Mg ve içerikleri saptanmış ve besin elementlerindeki değişmelerin minimum olduğu stabil devreler, yapılan istatistik analiz sonucuyla da doğrulanmış ve koyu renk ile belirtilmiştir. Koyu renk ile belirtilen değerlere bakıldığında, sadece 2 nolu bahçe istisna olmak kaydıyla K elementinin özellikle meyvelerin ceviz büyüklüğüne ulaştığı Temmuz ayının son çeyreğinden itibaren hasata kadar stabil döneme girdiği görülmektedir. Magnezyum elementinin de potasyuma benzer bir trend gösterdiği belirlenmiştir. Kalsiyum elementinin de, 5 numaralı bahçe istisna tutulursa diğer tüm bahçelerde meyvelerin hemen hemen tam olgunlaştığı dönemde yani Ağustos-Eylül aylarında stabil döneme girdiği görülmektedir.

Çizelge 5. Bursa Siyahı incir yapraklarında makro elementlerin mevsimsel değişimi ve stabil devreler

Bahçe No	Elementler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1	P	0.12	0.09	0.09	0.11	0.10
	K	1.01c	1.38b	<b>1.93a</b>	<b>1.89a</b>	<b>1.89a</b>
	Ca	1.08c	1.12c	3.19b	<b>4.95a</b>	<b>4.54ab</b>
	Mg	0.28c	0.36c	0.66b	<b>0.83a</b>	<b>0.80a</b>
2	P	0.14	0.10	0.10	0.09	0.10
	K	0.9d	1.25cd	1.48c	<b>2.61a</b>	<b>2.17b</b>
	Ca	1.53c	1.12cd	3.07b	<b>4.43a</b>	<b>4.1ab</b>
	Mg	0.39b	0.37b	<b>0.70a</b>	<b>0.75a</b>	<b>0.77a</b>
3	P	0.15	0.09	0.09	0.09	0.10
	K	1.17cd	1.36c	<b>2.44a</b>	<b>1.92b</b>	<b>2.22ab</b>
	Ca	1.35d	1.28d	3.16c	<b>4.98a</b>	<b>4.02b</b>
	Mg	0.32b	0.35b	<b>0.75a</b>	<b>0.82a</b>	<b>0.73a</b>
4	P	0.18	0.08	0.09	0.10	0.09
	K	1.28c	0.92cd	<b>1.89a</b>	<b>1.69b</b>	<b>1.75ab</b>
	Ca	1.87d	1.01e	2.63c	<b>4.56a</b>	<b>4.37b</b>
	Mg	0.49b	0.26c	<b>0.64a</b>	<b>0.67a</b>	<b>0.74a</b>
5	P	0.17	0.09	0.10	0.10	0.10
	K	0.87c	0.74c	<b>1.96a</b>	<b>1.61b</b>	<b>1.55b</b>
	Ca	1.34c	0.93c	<b>3.39b</b>	<b>4.46a</b>	<b>3.37b</b>
	Mg	0.47b	0.37b	<b>0.75a</b>	<b>0.81a</b>	<b>0.78a</b>

Aynı satırda farklı harflerle gösterilen ortalama değerler arasında LSD testine göre fark vardır (p<0.05; n=3). Koyu rakamlar stabil devreyi ifade etmektedir.

Hem K ve kısmen Ca elementlerinin meyve olgunlaşma döneminden itibaren meyvelere taşınarak meyvelerde birikmesi doğal bir süreç olarak bilinmektedir. P elementi tüm bahçelerde gelişme döneminin başlarında en yüksek düzeylerde iken, hasata kadar giderek azalan bir trend izleyerek Haziran-Eylül arasında stabil kalmıştır. K, Ca ve Mg elementleri açısından stabil ve stabil olmayan aylar ortalamalarının karşılaştırılması Çizelge 6'da sunulmuştur. Tüm elementlerin ortalama değerleri stabil aylarda daha yüksek

düzeyde bulunmuştur. Özellikle K ve Ca açısından bakıldığında, generatif dönem başlangıcından itibaren bu elementlerin yapraklardan meyveye taşınımının gerçekleşmesi beklendiğinden dolayı, bu elementlerin yapraklarda azalmaları beklenen bir sonuçtur. Bitki bünyesinde K elementinin mobil olmasına rağmen, Ca elementinin immobil olduğu da bilinmektedir. Nitekim Ca açısından stabil aylar ortalamalarına bakıldığında, potasyuma göre yapraklarda çok daha yüksek Ca kapsamlarıyla karşılaşılmaktadır. Bu sonuç, kalsiyumun meyveye taşınımının olağanüstü zayıf olduğunun bir göstergesi olarak değerlendirilebilir. Bu da, Ca noksanlık belirtilerinin kültür bitkilerinde yapraklardan ziyade neden daha sıklıkla meyvelerde ortaya çıktığını açıklayan bir durumdur.

Çizelge 6. K, Ca ve Mg'nin stabil ve stabil olmayan aylar ortalamalarının karşılaştırılması

Bahçe No	Elementler	Stabil olmayan aylar ortalaması	Stabil aylar ortalaması	% Fark
1	K	1.19	1.90	+ 60
	Ca	1.79	4.74	+ 165
	Mg	0.43	0.81	+ 90
2	K	1.21	2.39	+ 97
	Ca	1.90	4.26	+ 124
	Mg	0.38	0.74	+ 95
3	K	1.26	2.19	+ 74
	Ca	1.93	4.50	+ 133
	Mg	0.33	0.76	+ 130
4	K	1.10	1.77	+ 61
	Ca	1.83	4.46	+ 144
	Mg	0.37	0.68	+ 84
5	K	0.80	1.70	+ 113
	Ca	1.13	3.74	+ 230
	Mg	0.42	0.78	+ 86

Stabil olmayan aylar: Mayıs ve Haziran, Stabil aylar: Temmuz, Ağustos ve Eylül

Çizelge 6 incelendiğinde 1 no'lu bahçede K elementinin Mayıs ve Haziran ortalaması %1.19 iken, Temmuz-Eylül ortalaması %1.90 olup, fark %60'dır. Aynı bahçede Ca elementindeki bu değişim %165 düzeyinde olup, bu durum Ca elementinin taşınmayıp, yaprakta biriktiğinin bir göstergesidir. Bu nedenle Ca elementi genç yapraklara ve meyveye taşınmamakta ve noksanlık belirtileri öncelikle genç yapraklarda ve meyve organlarında ortaya çıkmaktadır. Genel bir eğilim olarak yaprakların K kapsamı, meyve olum başlangıç dönemine kadar artmakta ve daha sonra potasyumun meyveye taşınması nedeni ile tedrici olarak yapraklarda düşüş kaydedilmektedir. Çizelge 5'ten de görüleceği gibi, K elementi incir bitkisi yapraklarında meyvelerin ceviz büyüklüğüne ulaştığı Temmuz ayının son çeyreğine kadar linear olarak artmış, hasat sonuna kadar ise yavaş bir düzeyde azalmıştır. Örneğin bu trendin en iyi görüldüğü 5 no'lu bahçede, Temmuz ayında maksimum seviyeye (%1.96) ulaşan K elementi, hasat zamanı olan Eylül ayında %21 oranında azalarak %1.55 seviyesine gerilemiştir. Diğer bahçelerde de yaklaşık benzer bir trend görülmektedir (Çizelge 5). Daha önce de değinildiği gibi, Ca elementi için de benzer ancak bir noktada ayrılan bir trend saptanmıştır. 1, 2 ve 4 numaralı bahçelerde Ca elementi maksimum seviyeye Ağustos ayında ulaşmış, ancak hasat zamanına kadar yapraklarda görülen azalma oranı K elementine göre oldukça düşük seviyelerde (sırasıyla; %8, %7 ve %4 oranlarında) gerçekleşmiştir. Mg ve P elementlerindeki trend ise, görsel ve istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Potasyumun meyvelere taşınması ile yapraklarda K düşmüş buna karşılık Ca kapsamında artış olmuştur. Bu konuda bizim çalışmamızda olduğu gibi bazı araştırmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir (Aktaş ve Karaçal, 1988; Ergenoğlu ve Erdoğan, 1992; Atalay ve Anaç, 1991). Ca kapsamının bu eğilime girmiş olması, Ca hareketinin sadece ksilem yoluyla olup, bundan dolayı yaşlıdan genç yapraklara veya yapraklardan meyvelere dağılımının önlenmesi ile açıklanabilir.

Brown (1994), 3 ayrı incir bahçesinde yürüttüğü bir çalışmada, çiçeklenme başlangıcından hasat sonuna kadar olan dönemde K, Ca ve Mg elementlerinin yapraklardaki aylık değişimlerini incelemiştir. Her 3 bahçede de meyve tutumu ile hasat dönemi arasında, yapraklardaki K elementinin yaklaşık olarak %30-50 arasında azaldığı, Ca elementinin ise %10-20 oranında arttığını, ancak Mg elementinde önemli bir değişiklik görülmediğini rapor etmiştir. Benou ve ark., (2020), üç ayrı incir çeşidinde besin elementlerinin mevsimsel değişimlerini araştırmışlardır. Vardıkları sonuca göre potasyumun yaprak konsantrasyonunun

çiçeklenmeden meyve olgunluğuna kadar tüm çeşitlerde azaldığını, öte yandan meyve gelişim aşamasında yapraklardaki Ca kapsamlarında ise artış saptandığını rapor etmişlerdir. Yapraklarda Ca ile K zıt hareket etmişlerdir. [Golomb ve Goldschmidt \(1987\)](#), meyve tutumunun yapraklardaki K miktarını azalttığını saptamışlardır. Benzer şekilde [Çelik ve Kısmalı \(2004\)](#), asma bahçelerinde vejetasyon dönemi boyunca K içeriğinde azalma saptamışlar ve bu azalmanın, Mg alımındaki artışa bağlı olduğunu bildirmişlerdir.

Bursa Siyahı inciri yapraklarındaki P, K, Ca ve Mg kapsamına göre, Ağustos başı Eylül sonu arasında (meyvelerin tam olum dönemi ile hasat zamanı) yaklaşık 30-60 günlük bir stabil dönem belirlenmiş olup, bu dönem tam çiçeklenme başlangıç tarihine göre 92 ile 150. günler arasına rastlamaktadır. Çizelge 7'de ortak stabil devrelerde saptanan minimum ve maksimum K, Ca ve Mg kapsamı ile bahçelerin beslenme durumunu kontrol amacıyla yine karşılığı olan stabil devreye ait [Aksoy ve ark. \(2001\)](#)'e göre referans değerleri verilmiştir.

Çizelge 7. Ortak stabil dönemde saptanan K, Ca ve Mg'a ait minimum ve maksimum değerlerin referans değerleriyle karşılaştırılması

Bahçe No	K, %		Ca, %		Mg, %	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
1	1.01	1.93	1.08	4.95	0.28	0.83
2	0.9	2.61	1.12	4.43	0.37	0.77
3	1.17	2.44	1.28	4.98	0.32	0.82
4	0.92	1.89	1.01	4.56	0.26	0.74
5	0.74	1.96	0.93	4.46	0.37	0.81
<b>Referans Değerleri*</b>	<b>0.56</b>	<b>2.29</b>	<b>2.37</b>	<b>5.33</b>	<b>0.32</b>	<b>1.41</b>

\*Aksoy ve ark., 2001

Bahçe ortalamalarına göre, vejetasyon dönemi başında yaprak P kapsamı tüm bahçelerde % 0.08 ile % 0.18 arasında değişiklik göstermiş ve bahçelerin en yüksek P kapsamı vejetasyon dönemi başında tespit edilmişken, 1. örneklemeden sonra hızlıca düşerek hasat zamanına kadar sabit kalmıştır.

Beslenme değerlendirilmesinin yapılmasında sağlıklı bir sonuç elde edebilmek için besin elementlerinin stabil olan aylardaki ortalama değerlerinin referans değerleri ile karşılaştırılması gerekmektedir. Bu nedenle Çizelge 6'da verilen elementlere ait stabil aylar ortalama değerlerinin kullanılması yerinde olacaktır. Bu değerler aynı zamanda incelenen incir bahçelerinin makro elementler açısından genel beslenme durumunun yansıtılması açısından önem taşımaktadır. 5 bahçenin ortalaması olarak, incir yapraklarının stabil zamandaki besin elementleri kapsamına bakıldığında: K (%1.99), Ca (%4.34), Mg (%0.75) ve P ise (%0.1) olduğu görülmektedir (Rakamlar Çizelge 6'da yer alan ilgili elemente ait stabil aylar ortalamalarının 5'e bölünmesiyle bulunmuştur). [Aksoy ve ark. \(2001\)](#) yaptıkları geniş kapsamlı bir araştırmada, incir ağaçlarının ideal beslenme düzeylerinin: P % (0.07-0.21), K % (0.56-2.29), Ca % (2.37-5.33) ve Mg % (0.32-1.41) düzeylerinde olduğunu bildirmişlerdir. Bu sonuçlar göre bizim çalışmamızda araştırılan incir bahçelerinde önemli oranda bir makro element noksanlığı bulunmadığı söylenebilir. Ancak bahçelerin gübre ihtiyacını saptayabilmek için mutlaka periyodik aralıklarla toprak ve yaprak analizlerinin yapılması gereklidir.

[Soyergin ve Tangu \(2010\)](#)'nın Bursa Siyahı incir çeşidinde yaptıkları çalışma sonucunda elde ettikleri K (%1.29-2.75), Ca (%1.92-3.51) ve Mg (%0.53-1.11) değerleri ile, araştırmamızda belirlemiş olduğumuz stabil aylar ortalamaları karşılaştırıldığında, belirlemiş olduğumuz ortalamaların, adı geçen araştırmacılar tarafından saptanan değerler arasında kaldığı ve bahçelerin beslenme açısından herhangi bir sorununun olmadığı anlaşılmaktadır. [Gaşgil \(1993\)](#), "Göklop ve Sarılop incir çeşitlerinde yaprak aya, sap ve sürgündeki makro besin elementlerinin mevsimsel değişimi ve birbiriyle ilişkileri üzerinde araştırmalar" isimli çalışmasında, makro ve mikro besin elementlerinin vejetasyon periyodu boyunca değişimini incelemiş ve incir yapraklarında P (% 0.087-0.363), K (% 1.31-2.16), Ca (% 1.38-5.30) ve Mg (% 0.15-0.62) olarak rapor etmiştir. Bu çalışma ile bizim belirlediğimiz ortalama değerler kıyaslandığında, çalışmamızın yapılan diğer çalışmalarla paralellik gösterdiği ve beslenme açısından herhangi bir sorununun olmadığı açıkça görülmektedir. [Soyergin ve Tangu \(2010\)](#), Bursa Siyahı incir çeşidinde yaptıkları ve 2 yıl boyunca yürüttükleri çalışma sonucunda 10 Temmuz-10 Ağustos arasını stabil dönem olarak belirlemişler ve bu dönemin yaprak örneklerinin alınması için uygun zaman olduğunu bildirmişlerdir. [Kabasakal \(1983\)](#) tarafından Ege Bölgesi'nde Sarılop incir çeşidinde yapılan çalışmada da en uygun yaprak örneği alma periyodu olarak, meyve olgunluk dönemi başlangıcı önerilmektedir. Sonuçlarımız bu sonuçla uyum içerisinde olup saptadığımız devre, yörede meyve olgunluk dönemi başlangıcına denk gelmektedir.

Analiz sonuçlarına göre bahçelerde önemli bir beslenme sorunu olmadığı anlaşılmış olup, sadece 4 no'lu bahçede toprak analiz sonuçlarında organik madde kapsamı ve P içeriğindeki yetersizlikten dolayı özellikle bu bahçede gübrelemeye daha özen gösterilmesi gerektiği anlaşılmaktadır. Bu bahçede pH ve kireç kapsamı da diğer bahçelere göre daha yüksek düzeyde olup, 2-3 ton/da çiftlik gübresi ve gerekirse elementer toz kükürt uygulaması yapılması yerinde olacaktır. Ancak, organik madde ve fosforda saptanan bu düşük değerlerin bu bahçede verim ve kalite açısından herhangi bir olumsuzluk yaratmadığı gözlemlenmiştir. Fakat bu durum genellendirilmemelidir.

Yapraklardaki Ca içeriğinin vejetasyon süresince yükselme eğiliminde olduğu birçok çalışmada gösterilmiştir. [Sánchez-Alonso ve Lachica, \(1987\)](#), erik yapraklarının Ca içeriğinin vejetasyon süresince arttığını saptamışlardır. Ayrıca [Moltay \(1979\)](#), şeftali yapraklarındaki Ca içeriğinde %185, [Vitanova ve Prodanov \(1979\)](#), kiraz yapraklarında % 140 oranında bir artış bulmuşlardır. Elde edilen bu sonuçlar bizim sonuçlarımızla uyum içerisindedir. [Soyergin ve Tangu \(2010\)](#), Bursa Siyahı incir çeşidinde makro besin elementlerinin mevsimsel değişimini incelemişler ve incir yapraklarının Ca kapsamlarını %1.58-3.51 arasında P kapsamını ise %0.07-0.22 arasında bulmuşlardır. [Moltay \(1979\)](#) ise şeftali yapraklarında P içeriğinin vejetasyon periyodu sonuna kadar %47 dolaylarında bir azalma gösterdiğini saptamıştır. Araştırmacı, fosforun yapraklarda önce hızlı bir düşüş gösterdiğini daha sonra bu düşüşün düzenli bir şekilde devam ettiğini saptamıştır. Bizim araştırmamızda ise bu düşüş vejetasyon periyodunun başlarında %35 oranında tespit edilmiş ve fosforun ilk aydan sonra düşerek hasat sonuna kadar stabil kaldığı gözlemlenmiştir.

## Sonuç

Bursa siyahı incir bitkisinde P, K, Ca ve Mg besin elementlerinin mevsimsel değişimlerini araştırmak ve genel bir makro element beslenme değerlendirmesi yapmak amacıyla düzenlenen bu çalışmada, bir bahçe hariç incir yapraklarında K elementinde Temmuz ayına kadar bir artış ve ardından stabil devre, Ca elementinde Ağustos'a kadar artış ve ardından son ayda yani hasat döneminde ılımlı azalış, P elementinde istatistiki olarak önemli bulunmamakla beraber, Mayıs ayı en yüksek seviye olmak üzere, ardından azalma ve hasata kadar stabil devre ve Mg elementinde ise istatistiki olarak önemli bulunmamakla beraber, Temmuz ayına kadar artış ve ardından stabil devre tespiti yapılmış bulunmaktadır. Tespit edilen stabil dönem (Ağustos-Eylül ayları) en uygun yaprak örneği alma zamanı olup, incir bitkisinin beslenmesini kontrol amacıyla yapılacak çalışmalarda bu dönemde yaprak örneği alınması önerilmektedir. Ayrıca yapılan genel beslenme değerlendirmesine göre, araştırma konusu olan 5 bahçede de incir ağaçlarında gözle tespit edilen herhangi bir makro element noksanlık belirtisine rastlanmamış olup, bahçelerin genel olarak iyi beslenmiş oldukları sonucuna varılmıştır.

## Kaynaklar

- Aksoy U, 1984. Bursa siyahı incir çeşidinde kaliteyi etkileyen bazı meyve nitelikleri üzerinde araştırmalar. EÜZF. Dergisi, 21 (2), 33-37.
- Aksoy U, Can HZ, Şahin S, 2001. İncir yetiştiriciliği, Tübitak Tarp Türkiye Tarımsal Araştırma Projesi Yayınları, İzmir, 45s.
- Aktaş M, Karaçal İ, 1988. Kırıkkale ve Delice ilçelerinde Hasandede üzüm çeşidinin bitki besin kapsamı durumu. Doğa Tarım ve Ormanlık Dergisi, 12 (3), 291-304.
- Anonim, 1983, Bursa İli verimlilik envanteri ve gübre ihtiyaç raporu, Toprak Su Genel Müdürlüğü Yayınları, TOVEP, Yayın No: 06, Genel Yayın No: 734, Ankara, 55s.
- Anonim, 2021. Tarım ürünleri piyasaları, incir. Tarım ve Orman Bakanlığı, SGB, Tarım Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Yayınları, 1-4. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr> > tepge > Belgeler. Erişim tarihi: 29/03/2022.
- Atalay İZ, Anaç D, 1991. Salihli bağlarının beslenme durumunun toprak ve bitki analizleri ile incelenmesi. Tübitak proje no: TOAG-659.
- Aydın Ş, Çakıcı H, 2001. İncirde (*Ficus carica* L.) topraktan ve yapraklardan çinko uygulamalarının bazı fiziksel özellikler üzerine etkileri. Anadolu J. of AARI. 11 (1), 91-102.
- Başar H, 2001. Bursa İli topraklarının verimlilik durumlarının toprak analizleri ile incelenmesi. UÜZF. Dergisi, 15 (2), 69-84.
- Benou KG, Ioannou DI, Moustakas NK, 2020. Seasonal variations in leaf nutrient concentrations in three fig (*Ficus carica* L.) varieties. Journal of Elementology, 25 (4), 1563-1579. DOI: 10.5601/jelem.2020.25.1.1992

- Bingham FT, 1949. Soil Test for Phosphate. California Agr. 3 (7):11-14.
- Black CA, 1965. Methods of Soil Analysis, Part 2. Chemical and microbiological properties, Amer. Soc. of Agronomy, inc, Publisher, Madison, Wisconsin, USA.
- Bouyoucos G, 1955. Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of the soils. Agron. J., 4 (9), 434.
- Brown, PH, 1994. Seasonal variations in fig (*Ficus carica* L.) leaf nutrient concentrations, Hort. Sci., 29 (8), 871-873.
- Chapman HD, Pratt PF, 1961. Method of analysis for soils, plants and waters. Division of Agricultural Science University of California, 1-6.
- Çağlar KÖ, 1958. Toprak Bilgisi. A.Ü.Z.F. Yayınları, No: 10, Ankara, 268s.
- Çelik M, Kısmalı İ, 2004. Bazı Amerikan asma anaçlarının yuvarlak çekirdeksiz üzüm çeşidinde makro mineral besin maddelerinin alınımına etkileri üzerinde araştırmalar. EÜZF. Dergisi, 41 (1), 31-38.
- Ergenoğlu F, Erdoğan M, 1992. Çukurova bölgesinde bazı yerli ve yabancı kökenli asma çeşitlerinde bitki besin maddelerinin durumu. Doğa, Tr. J. Agric. Forest., 16, 200-211.
- Fawzi A, El-Fouly M, 1980. Soil and leaf analysis of K in different areas in Egypt. Editor: Saurat, A. and El-Fouly, M.M., Role of potassium in crop production, IPI, Bern, 73-80.
- Gaşgil N, 1993. İncir bitkisinde yaprak aya, sap ve sürgündeki makro ve mikro besin elementlerinin mevsimsel değişimi ve birbiriyle ilişkileri üzerinde araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri ABD. İzmir, 54s.
- Golomb A, Goldschmidt EE, 1987. Mineral nutrient balance and impairment of the nitrate-reducing system in alternate-bearing "Wilking" mandarin trees. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 112 (1), 397-401.
- Güner Ü, 1968. İzmir Bölgesi topraklarının fosfor ve potasyum ihtiyaçlarını belirtmeye yarayan bazı kimyasal laboratuvar metodlarının Neubauer metodu ile mukayesesine dair araştırmalar. EÜZF. Yayınları, İzmir, No: 131, 73s.
- Güzel N, 1989. Süs bitkilerinin gübrenmesi. ÇÜZF. Yay., No: 113, Adana.
- İbrikçi H, Kaya Z, Güzel N, 1996. Yüksek verim ve kalite için narenciye beslenmesi. IPI. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Adana, 26s.
- Jackson ML, 1967. Soil chemical analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, USA, 205s.
- Kabasakal A, 1983. Sarılop incir çeşidinde bazı mineral besin maddelerinin mevsimsel değişimi ve toprak-bitki-sürgün ve meyve gelişmesi ilişkileri üzerine araştırmalar, Doktora Tezi, EÜ. Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, İzmir.
- Kacar B, 1972. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri. AÜZF. Yay. No: 453, Ankara, 255s.
- Kacar B, 1994. Bitki ve toprağın kimyasal analizleri: III. Toprak analizleri, AÜZF. Eğitim Araştırma ve Geliştirme Vakfı Yayınları, No:3, Ankara, 705s.
- Kacar B, Katkat AV, 1997. Tarımda Fosfor. Bursa Ticaret Borsası Yayınları No: 5. Uludağ Üniversitesi Basımevi, Bursa, 417s.
- Kacar B, Katkat AV, 1998. Bitki besleme (Ders Kitabı). Uludağ Üniversitesi. Güçlendirme Vakfı Yayın No: 127, Vipas Yayınları 3, Bursa, 595s.
- Kenworthy A, 1979. Growth and composition of leaves and roots of cherry leaves in relation to in nutrient solutions. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci., 79, 63-71.
- Loué A, 1968. Diagnostic petiolariede prospection etudes sur la nutrition et la fertilisation potassiques de la vigne societe commerciale. Des potasses d' alsace services agronomiques, 64s, 31-41.
- Moltay İ, 1979. Bursa bölgesinde yetiştirilen J.H. Hale şeftalilerinin besin maddeleri içeriği, bu elementlerin mevsime ve konum yerlerinde değişimi üzerine araştırmalar. Uzmanlık Tezi, Yalova Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü.
- Munk H, 1985. Ermittlung wirtschaftlich optimaler Phosphatgaben auf Löss und Geschiebelehm Boden auf der Basis der CAL-Methode. Planzenern, U Bodenkde, 148, 193-213.
- Özgülven N, 2000. Bursa İli topraklarının yarayışlı çinko durumu ve bu topraklarda çinko miktarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemler. UÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Bursa, 100s.
- Özgülven N, Katkat AV, 2001. Bursa İli topraklarının yarayışlı çinko durumu ve bu topraklarda çinko miktarının belirlenmesinde kullanılacak yöntemler. UÜZF. Dergisi, 15, 177-190.
- Öztürk Y, Tarakçıoğlu C, 2016. Palaz ve Tombul fındık çeşitlerinde yaprakların besin maddesi içeriklerinin mevsimsel değişimi. Akademik Ziraat Dergisi, 5 (2), 87.
- Sánchez-Alonso F, Lachica M. 1987. Seasonal trends in the elemental content of plum leaves. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 18 (1), 31-43.

- Soyergin S, Tangu NA, 2010. Yalova çalışmalarında, organik Bursa Siyahı incir yetiştiriciliğinde kullanılan bitki besleme uygulamalarının verim ve kaliteye etkisi. EÜZF. Dergisi özel sayı, 5. Ulusal bitki besleme ve gübre kongresi bildirileri, 15-17 Eylül 2010, İzmir.
- Tangu NA, Şen A, Kargıcak MA, Türkay C, 2021. Bazı Bursa Siyahı incir klonlarının Yalova koşullarındaki performansları. Bahçe, 50 (2), 95-102.
- Tezcan N, 2006. Kemalpaşa yöresi organik kiraz yetiştiriciliğinde Salihli ve Sapı Kısa çeşitlerinin beslenme durumlarının incelenmesi. EÜ. FBE. Toprak ABD. Yüksek Lisans Tezi, Bornova-İzmir, 82s.
- Tuna L, Kılınç R, 1991. Kemalpaşa kiraz plantasyonlarının P, K, Ca, Fe ve Zn yönünden beslenme durumlarının değerlendirilmesi ve bu elementlerin mevsimsel değişimleri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, EÜZF. Bornova, İzmir, 57s.
- TÜGEM, 2010. Tarımsal Üretimi Geliştirme Genel Müdürlüğü (TÜGEM), Fidan Üretim ve Dağıtım Talimatnamesi. Ankara.
- Uçgun K, Gezgin S, Akgül H, Atasay A, Harmanakaya M, Altındal M, İlban B, Cansu M, Seymen T, 2014. Elma ağaçlarında besin elementlerinin dönemsel değişimi ve bu değişimlerin sebeplerinin incelenmesi, 2014. Meyve Bilimi Dergisi, 1 (2), 30-37.
- Ülgen N, Yurtsever N, 1974. Türkiye gübre ve gübreleme rehberi. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınları, No: 28. Ankara, 115s.
- Vitanova I, Prodanov G, 1979. Seasonal changes in the leaf nutrient content of the cherry cultivar in relation to rootstocky. Gradinarska Navka, 17 (2), 32-38.
- Yıldırım B, 2016. Bursa ilinde yetiştiriciliği yapılan 'Bursa Siyahı' incir çeşidinin SSR moleküler markırları kullanılarak tanımlanması. UÜ. Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.



## Farklı arazi kullanım türlerinde sınırlandırılmış su aralığının değerlendirilmesi ve makine öğrenme algoritmalarıyla tahmini

✉ Pelin ALABOZ\*<sup>1</sup>, ✉ Orhan DENGİZ<sup>2</sup>, ✉ Serkan İÇ<sup>3</sup>, ✉ Fikret SAYGIN<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

<sup>2</sup>Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun

<sup>3</sup>Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak ve Su Kaynakları Bölümü, Samsun

<sup>4</sup>Sivas Bilim ve Teknoloji Üniversitesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Sivas

### Özet

Küresel ısınma ve kuraklık ile suyun önemi artmaktadır. Suyun etkin kullanımı için teknolojik gelişmeler takip edilerek gelecek senaryolar ve tahminler dikkate alınmalıdır. Günümüzde her alanında var olan algoritmalar, teknolojik gelişmeler ile birlikte yaşantımızın merkezi haline gelmiştir. Tarımsal alandaki yeni gelişmelerle birlikte makine öğrenme algoritmalarının kullanımları araştırılmaktadır. Bu çalışmada; farklı arazi kullanım türleri üzerindeki (orman, mera ve tarım arazisi) toprakların, sınırlandırılmış su aralığı (SSA) içeriklerinin belirlenmesi sonucu alandaki sıkışma ve havalanma problemleri değerlendirilmiştir. Ayrıca, SSA'nın farklı makine öğrenme algoritmaları (rastgele orman, yapay sinir ağları ve destek vektör makinaları) ile tahmin edilebilirliği dağılım haritaları ile ortaya konmuştur. Tarım yapılan toprakların SSA içerikleri oldukça geniş olup 0.03-0.21 cm<sup>3</sup>cm<sup>-3</sup> aralıklarında değişim göstermiştir. Çalışma alanında incelenen mera topraklarının %43.63'ünde optimum koşullar, % 36'sında havalanma, %14.54'ünde sıkışma, %5.45'inde hem havalanma hem sıkışma problemleri tespit edilmiştir. Orman örtüsü altında toprakların %37.03'ünde optimum koşullar yani yarayıslı su içeriği SSA ya eşit olarak tespit edilmiştir. İncelenen algoritmalar arasında en başarılı tahmin rastgele orman (RO) algoritmasıyla elde edilmiştir. RO algoritması ile SSA'nın tahmin edilmesinde RMSE değeri 0.039 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, olarak belirlenmiştir. RO ile SSA'nın tahmininde kum ve kil en iyi tahmin edici parametre olarak tespit edilmiştir. Elde edilen gerçek ve tahmin değerlerinin dağılım haritalarında en düşük RMSE Simple Kriging yöntemi ile SSA için Spherical ve RO için ise Exponential model olarak belirlenmiştir. Çalışma sonucunda RO algoritması ile SSA'nın düşük hata oranı ile tahmin edilebileceği ve dağılım haritalarının oluşturulabileceği ortaya konmuştur. Ayrıca tarım üretimde özellikle fındık arazilerinde dağılım gösteren topraklarda, mera ve orman topraklarına göre daha fazla sıkışma ve havalanma problemlerinin olduğu tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprak su dinamiği, pedotransfer fonksiyonlar, jeostatistik

### Evaluation of least limiting water range in different land use types and estimation with machine learning algorithms

#### Abstract

The importance of water is increasing with global warming and drought. For the effective use of water, technological developments should be followed and future scenarios and predictions should be taken into account. Algorithms that exist in every field today have become the center of our lives with technological developments. With the new developments in the agricultural field, the uses of machine learning algorithms are being investigated. In this study; As a result of determining the least limiting water range (LLWR) contents of soils on different land-use types (forest, pasture, and agricultural land), compaction and aeration problems in the area were evaluated. In addition, the predictability of SSA with different machine learning algorithms (random forest, artificial neural networks, and support vector machines) is demonstrated with distribution maps. The LLWR contents of the cultivated soils varied in the range of 0.03-0.21 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>. Optimum conditions were determined in 43.63% of the pasture lands examined in the study area, aeration problems in 36%, compaction in 14.54%, and both aeration and compaction problems in 5.45%. Optimum conditions, namely the available water content, were found to be equal to SSA in 37.03 % of the soils under forest cover. Among the analyzed algorithms, the most successful prediction was obtained with the random forest (RF) algorithm. The RMSE value was determined as 0.039 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> in estimating the LLWR with the random forest algorithm. Sand and

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (246) 214-6313

E-posta : [pelinalaboz@isparta.edu.tr](mailto:pelinalaboz@isparta.edu.tr)

Makale Türü: **ARAŞTIRMA MAKALESİ**

Geliş Tarihi : 28 Nisan 2022

Kabul Tarihi : 1 Haziran 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1110496



clay were determined as the best predictors for the estimation of RF and LLWR. In the distribution maps of the observed and predicted values obtained, the lowest RMSE value was determined by the Spherical model of the Simple Kriging method for SSA while the Exponential model of the Simple Kriging method was found the most suitable model for RF. As a result of the study, it has been revealed that LLWR can be obtained with a low error rate and distribution maps can be created with the random forest algorithm. In addition, it has been determined that there are more compaction and aeration problems in soils of hazelnut cultivated areas for agricultural production when compared with pasture and forest soils.

**Keywords:** Soil water dynamics, pedotransfer functions, geostatistics

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

## Giriş

Günümüzde dünya nüfusunun üçte biri yarı kurak ve kurak iklimlerde su stresi yaşamaktadır. Kuraklık stresi çeken nüfusun 2025 yılında 8 milyar, 2050 yılında ise 9.15 milyar kişiye ulaşacağı bildirilmektedir (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Toprak su kaynaklarının kullanımı, sürdürülebilir kalkınmanın temelini oluşturmaktadır. Fakat günümüzde hızlı ve bilinçsiz tüketim yenilenebilir su kaynakları üzerindeki dengenin kurulmasında sıkıntılar ortaya çıkmasına yol açmaktadır. Kişi başına düşen su miktarı 2025 yılında yaklaşık 4.800 m<sup>3</sup>'e düşeceği tahmin edilirken, su tüketimi tarımda % 17, sanayide % 20 ve evsel tüketimde % 70 daha artacağı bildirilmiştir (Kalkınma Bakanlığı, 2018). Gıda ve Tarım Örgütü tarafından su kaynaklarının azalması ile kuraklık ve çölleşmeden en fazla etkilenen 7 ülke arasında Türkiye'nin de yer aldığı bildirilmektedir (FAO, 2015; Kalkınma Bakanlığı, 2018). Tarımsal üretimin artırılmasında özellikle toprak ve su gibi doğal kaynakların bilinçli kullanımı önemlidir. Ayrıca, iklim, tarımsal üretimi belirleyen önemli bir parametredir. İklim değişikliği senaryolarına göre fazla kaynak tüketimine karşın, tarımsal üretimde sınırlı teknolojik gelişmelerin kullanımı ile su kıtlığı, arazi bozulumu gibi risklerin artması beklenmektedir (IPCC, 2019). Toprakların önemi ve üretkenliği ise genel olarak sulama olanaklarına bağlıdır. Farklı arazi kullanım türlerinde, toprak yönetimindeki farklılığa göre topraktaki suyun dinamiği ve kullanımı değişmektedir (Özdemir 2019; Öztürkmen ve ark., 2021).

Kısıtlı olan suyun etkin kullanımında toprakların özellikleri ve toprak yönetimi oldukça önemlidir. Çeşitli toprak fiziksel özelliklerinin kombinasyonu olarak sınırlandırılmış su aralığı (SSA) özelliği toprak strüktürel kalite göstergelerinden biri olarak değerlendirilmektedir. İlk olarak Letey (1958) tarafından sınırlayıcı olmayan su aralığı olarak tanımlanan özellikte; bitki tarafından alınabilen su içeriği ile havalanma ve penetrasyon direncinden etkilenen su aralıkları tanımlanmıştır. Da Silva ve ark. (1994), toprakların hacimsel ağırlıklarını da modelde değerlendirerek SSA yaklaşımını geliştirmiştir. Sınırlandırılmış su aralığı; su dinamiği, havalandırma ve kök gelişimini etkileyen penetrasyon direncindeki nem içeriğiyle ilişkili olarak bitki gelişiminde sınırlamaların olduğu minimum toprak nem içeriğidir. SSA'nın kök büyümesi üzerindeki etkisinin üst sınırı; hava dolu gözenek hacmi (%10) veya tarla kapasitesi, alt sınırı ise solma noktası veya kök gelişiminin sınırlandığı 2 MPa toprak penetrasyon direncinin olduğu toprak su içeriği olarak belirlenmiştir (Da Silva ve ark., 1994). Ayrıca farklı arazi türlerine bağlı toprak özellikleri üzerindeki değişkenlikler oldukça fazladır (Eraslan ve ark., 2016; İmamoğlu ve ark., 2018; Gündüz ve Barik, 2019).

SSA belirlemesi zahmetli ve zaman alıcı özelliklerin kombinasyonu olan bir kalite indikatörüdür. SSA özelliğinin pedotransfer fonksiyonlar tarafından tahmin edilebilirliği üzerine çalışmalar ise geçmişten günümüze devam etmektedir (Da Silva ve ark., 1997; Leão ve ark., 2005; Tavanti ve ark., 2019) Alaboz ve ark. (2021), SSA'yı derin öğrenme algoritması ile yapay sinir ağları (YSA)'na göre daha yüksek tahmin doğruluğu ile belirlemiştir. Makine öğrenme algoritmalarından rastgele orman algoritması genellikle diğer yaklaşımlara göre daha yüksek doğruluklar sergilemesi yönünden tercih edilmektedir (Akar ve Güngör, 2013). Watts ve Lawrence (2008) rastgele orman algoritmasının, tarımsal bölgelerin belirlenmesinde düşük hata oranı sağladığını belirtmiştir.

Arazi üzerinde birçok faktöre bağlı olarak değişkenlik gösteren toprak özelliklerinin noktasal örneklemeleri alanı temsili oldukça düşüktür. Ayrıca dinamik özelliklerin ortaya konmasında noktasal değerler yerine mekânsal değerlendirmelerin ortaya konması sürdürülebilir bir yönetim için önemli katkı sunmaktadır (Arslan ve ark., 2018; Saygın ve ark., 2019). Gelişen bilgisayar, algılayıcı sensör teknolojileri ve programlar kolaylıkla hızlı bir şekilde toprak özelliklerinin değişkenliğini haritalar ile ortaya koyabilmektedir. Alaboz ve ark. (2020) toprakların tarla kapasitesi ve solma noktası dağılımlarında en yüksek doğruluk gösteren enterpolasyon yöntemlerini sırasıyla Ordinary Kriging'in Gaussan (RMSE: %4.289) ve Cokkriging (RMSE: %3.187) olarak belirlemişlerdir. SSA ile ilgili çalışmalarda da çoğunlukla noktasal bazlı ya da laboratuvar

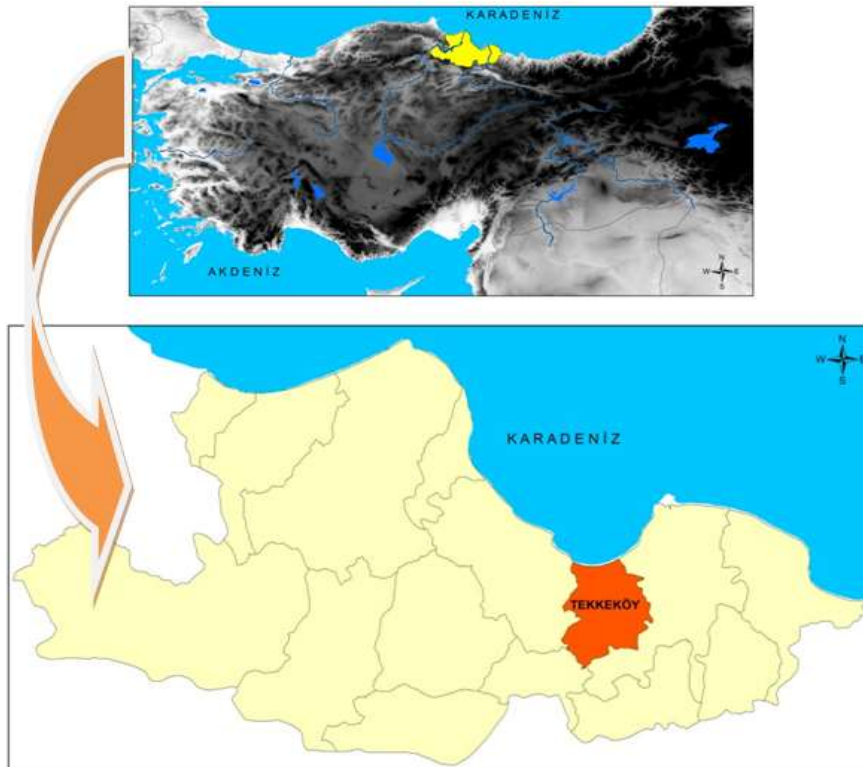
denemeleri şeklinde olup (Cecagno ve ark., 2016; Tavanti ve ark., 2019) en önemli etkinini yaşandığı arazi koşullarında bu özelliğin belirlenmesi tarımsal sürdürülebilirlik açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, i) Orta Karadeniz bölgesinde farklı arazi kullanım türleri üzerindeki (tarım, orman, mera) toprakların SSA içeriklerinin belirlenmesi ve alanda sıkışma ve havalanma problemlerinin dağılım haritalarıyla ortaya konması, ii) farklı makine öğrenme algoritmalarıyla (rastgele orman, yapay sinir ağları, destek vektör makinaları) SSA'nın tahminin edilebilirliğinin değerlendirilmesi, iii) elde edilen tahmin değerlerin dağılım haritalarının kullanılabilirliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Yöntem

### Çalışma alanı genel özellikleri

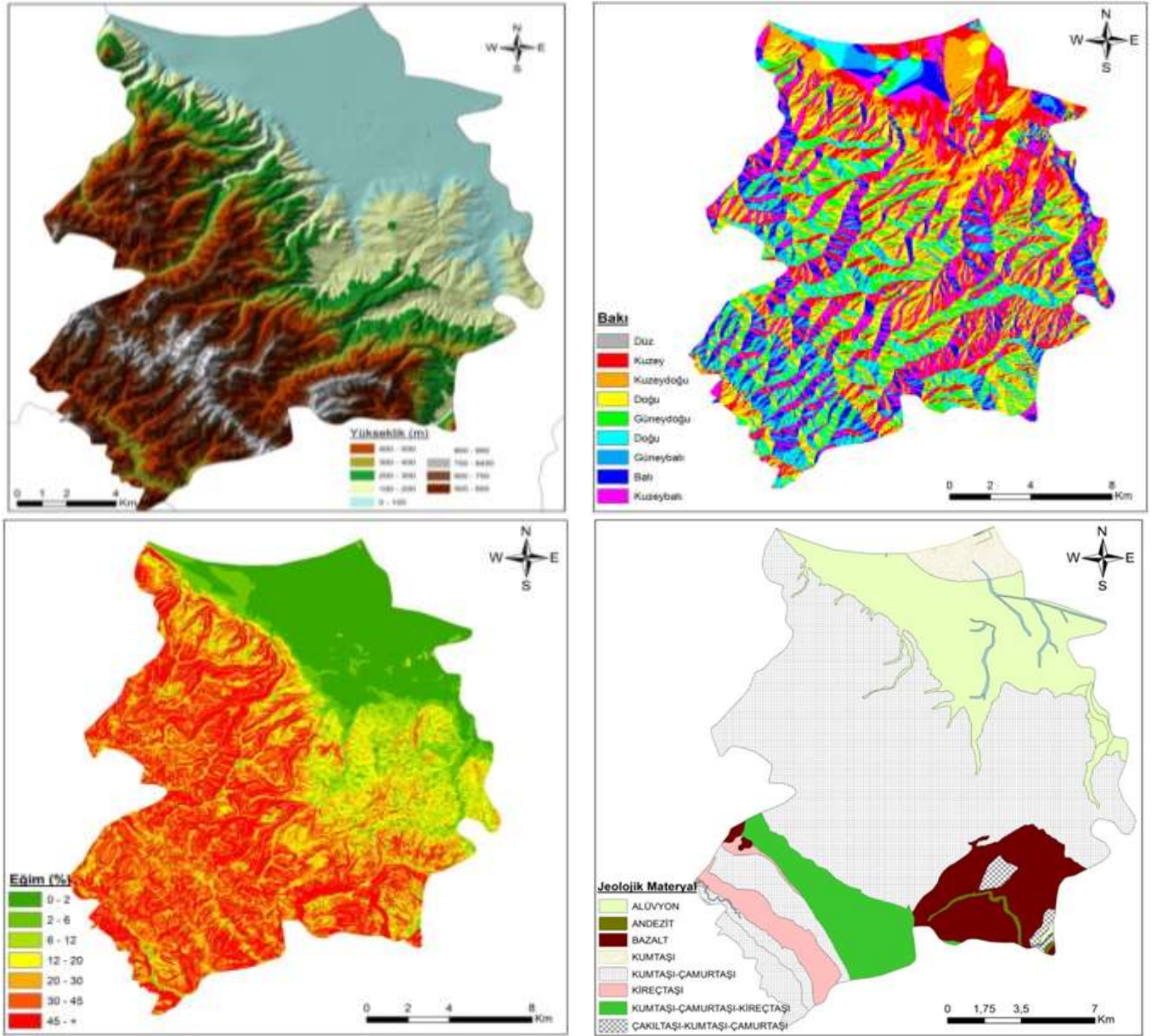
Bu çalışma Samsun Tekkeköy ilçesinde yer alan yaklaşık 13 mikro havzada yürütülmüştür. Samsun ili Tekkeköy ilçesi 41°12'.45.0072" Kuzey, 36°27'.24.9984" doğu koordinatları arasında bulunmaktadır. Samsun - Ordu karayolunun 13 km'sinde güneye doğru 1 km içeride yer almakta olup, İlçe alanı 225.63 km<sup>2</sup> dir (Şekil 1). İlçe topraklarının üçte biri Çarşamba ovasının içerisinde yer alır.



Şekil 1. Çalışma lokasyon haritası

İlçede Orta Karadeniz iklimi hâkimdir. Yazlar sıcak ve nemli, kışları ılık, ilkbahar ve sonbahar yağışlı geçer. En sıcak ay ağustos, ortalama 25°C en soğuk ay ocak, ortalama sıcaklık ise 7°C derecedir (MGM, 2022). Uzun yıllar meteorolojik ölçümler incelendiğinde, yıllık ortalama sıcaklığı 14.6 °C olduğu görülmektedir, toprak sıcaklığı 5 °C'nin altına düşmemektedir. Newhall modeline göre toprak sıcaklık rejimi Mesic, toprak sıcaklık rejimi ise Ustic olarak belirlenmiştir. Uzun yıllar ölçümlerde yıllık toplam yağış 710 mm olup, toplam evapotranspirasyon miktarı ise 774.25 mm ve toprakta yıllık su açığı 64.25 mm olarak belirlenmiştir.

Tekkeköy deniz seviyesinden 0 ile 950 m arasında yer almaktadır. Alanın kuzey doğu yönü düz düze yakın eğimli alanlar yer alırken, güney batı yönünde eğim artarak dik eğimli alanlar bulunmaktadır. Toplam alanın %32.5'i eğimin %12 ve altını oluştururken, %42.7'si çok dik ve sarp eğimli alanlardır. Ayrıca alanın %51.9 ile en fazla yöney kuzey doğrultudaki kuzey, kuzey doğu ve kuzey batı yöneyleri oluşturmaktadır (Şekil 2). Tekkeköy jeolojik materyal yönünden alanın büyük bir kısmı (%65.3) kumtaşı, kumtaşı-çamur taşı- kireç taşı üzerinde yer almaktadır. Alanın etek ve düz ve düze kalın olan kuzey kesimleri ise Alüvyon materyallerle kaplı bulunmaktadır. Ayrıca, alanın güney doğu kesimler de ise (yaklaşık alanın %8.2'si) bazalt, bazalt-andezit-proklatik kayalar yer almaktadır (Şekil 2).

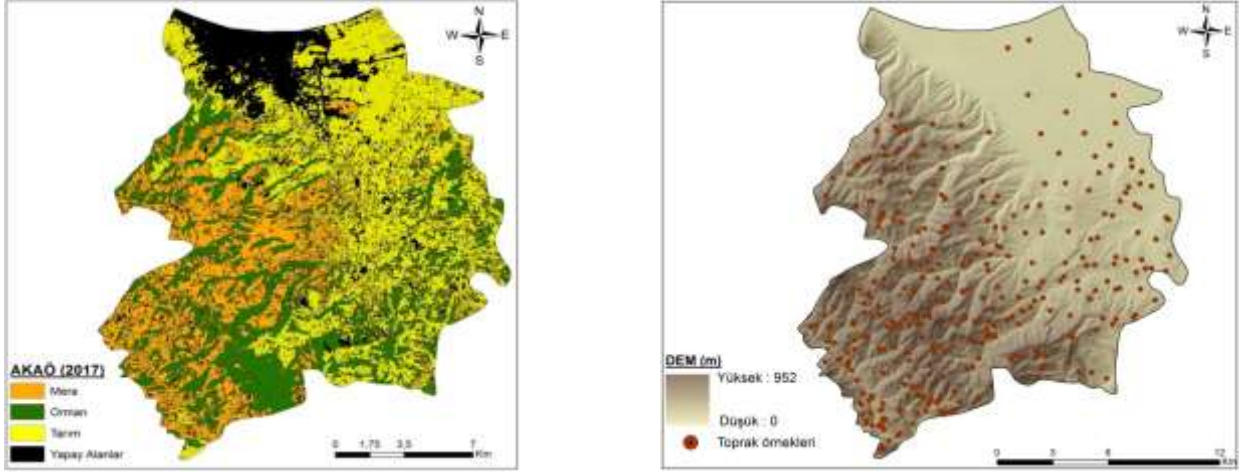


Şekil 2. Çalışma alanı yükseklik, eğim, baki ve jeoloji haritası

## Yöntem

Yapılan büro çalışmaları sonucunda arazi kullanım ve arazi örtüsü, topografik özelliklerdeki değişim gibi unsurlar dikkate alınarak alanı temsil edebilecek 328 adet toprak örnekleme noktası belirlenmiştir (Şekil 3). Toprak örnekleri arazi örtüsü ve arazi kullanım dağılımına göre 165 tanesi tarım (fındık ve işlemeli tarım) alanlarından, 108 tanesi orman alanlarından, 55 tanesi mera arazilerinden alınmıştır.

Araziden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak özelliklerinde temel toprak özellikleri belirlenmiştir. Toprak örnekleme alınan noktalarda nem tayini için toprak alındıktan sonra penetrasyon dirençleri de penetrasyon aleti ile ölçülmüş ve her bir nokta için kaydedilmiştir. Tekstürel fraksiyonlar hidrometre yöntemiyle (Burt, 2014), hacim ağırlığı bozulmamış örnek alma silindirleriyle (Burt, 2014), organik madde Walkley-Black yöntemine göre (Kacar, 2009) doygunluk, tarla kapasitesi ve solma noktası nem sabiteleri seramik basınç tablalarında tayin edilmiştir (Burt, 2014). Hava dolu gözenekliliğinin %10'a eşit olduğu nem içeriği ( $\theta_{HG}$ ) saturasyondaki nem içeriğinden % 10 çıkartılarak hesaplanmıştır (Alaboz ve ark., 2021a).



Şekil 3. Çalışma alanı arazi kullanım-arazi örtüsü (AKAÖ) ve toprak örnekleme deseni haritaları

Sınırlandırılmış su aralığı, 4 farklı eşitlikte belirtilen olasılıklara göre belirlenmiştir (Wu ve ark., 2003). Bu eşitlikler 1, 2, 3, 4 'de (Alaboz ve ark., 2021a) ve Şekil 4'de belirtilmiştir.

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

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

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

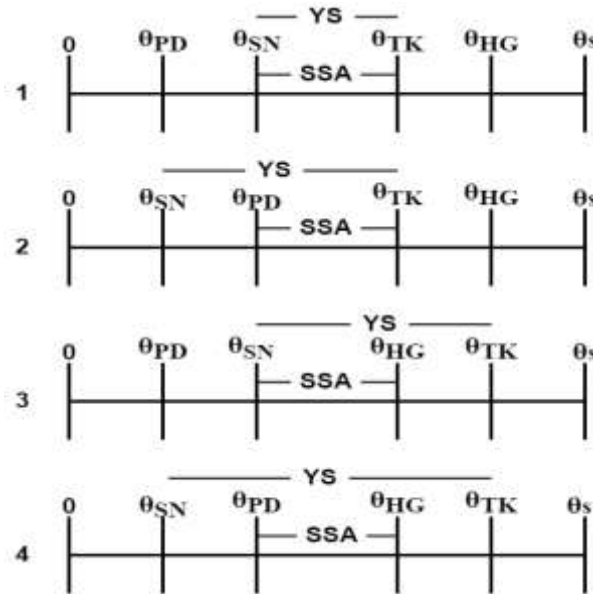
$$4- (\theta_{HG} \leq \theta_{TK}) \text{ ve } (\theta_{PD} \geq \theta_{SN}) \text{ ise } SSA = \theta_{HG} - \theta_{PD} \quad (4)$$

$\theta_{HG}$ : Hava dolu gözenek hacminin %10 olduğu nem içeriği ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ),  $\theta_{TK}$ : Tarla kapasitesi ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ ),  $\theta_{SN}$ : Solma noktası ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )  $\theta_{PD}$ : Toprak nem içeriği- 2MPa penetrasyon direncinde ( $\text{cm}^3 \text{ cm}^{-3}$ )

Toprakların  $\theta_{PD}$  içerikleri Eşitlik 5'de belirtilen formülle belirlenmiştir (Busscher, 1990).

$$PD = a\theta^c D_b^d \quad (5)$$

Denklemden, PD: Penetrasyon direnci (MPa),  $\theta$ : penetrasyon direnci ölçüm anındaki nem içeriği,  $D_b$ : Hacim ağırlığı ( $\text{g cm}^{-3}$ ), a, c ve d denklemin katsayıları. Arazi kullanımına bağlı olarak belirlenen nem, penetrasyon direnci ve hacim ağırlığı değerlerine göre ayrı ayrı katsayılar excel programının "çözücü" özelliğiyle hesaplanmış ve örnekleme noktaları için 2MPa'daki nem içerikleri hesaplanmıştır.



Şekil 4. Sınırlandırılmış su aralıkları (SSA) ve yarayışlı su içeriği (YS)

### Tahmin modelleri

Toprakların kum, silt, kil, organik madde ve hacim ağırlığı özellikleriyle SSA'nın tahminleri yapay sinir ağları, rastgele orman ve destek vektör makinaları ile "R Core ve Matlab" programları aracılığıyla gerçekleştirilmiştir.

## Destek vektör makinaları algoritması

Destek vektör makineleri (SVM), hem sınıflandırma, hem de regresyon analizinde kullanılan denetimli makine öğrenme algoritmasıdır. Algoritmanın çalışması esnasında verilerin türüne bağlı olarak Kernel fonksiyonları kullanılmakta bu sayede hem doğrusal, hem de doğrusal olmayan sınıflandırma işlemleri tahmin edilmektedir. SVM modellemenin amacı; değişkenleri düzlemin bir tarafında ve kategorik durumları düzlemin diğer tarafında olacak şekilde, vektör kümelerini ayırmak ve maksimum marjini veren hiper düzlemi bulmaktır (Cortes ve Vapnik, 1995). SVM, N boyutlu bir veri setinde en iyi şekilde sınıflara ayıran hyperplane bulan bir makine algoritmasıdır. Referans alınan noktalara göre hyperplane çizilir ve referans alınan noktalar support vektörlerdir. SVM’de her zaman doğrusal bir düzlem olmaz doğrusal düzlemlerde hyperplane bulmak çok daha kolaydır ve bu hatta göre sınıflamalar yapılabilmektedir (Smola ve Schölkopf, 2004). Doğrusal olmadığına veriler bir boyut atlattırılarak sınıfları ayıracak hyperplane belirlenir. Doğrusal olmayan bir problem kernel fonksiyonu ile doğrusal bir probleme dönüştürebilmektedir. SVM vektörünün temeli Eşitlik (6)’de belirtilmiştir.

$$f(x) = \omega \cdot \varphi(x) + b \quad (6)$$

Burada  $\varphi(x)$  doğrusal olmayan dönüştürülmüş eğitim verileridir,  $\omega$ : ağırlık vektörleri,  $b$ : bias (eğilim değeri) hiper düzlemin orjinalden olan uzaklığını temsil eder.  $\omega$  ve  $b$  katsayıları, düzenli risk fonksiyonunun minimize edilmesiyle tahmin edilir: Bu çalışmada Support vektör regresyon, kernel fonksiyonu olarak radyal tabanlı fonksiyon kullanılmıştır (Ballabio, 2009). Radyal tabanlı sınıflandırma işlemi doğrusal olmadığından, örneği daha yüksek boyutlu bir uzaya taşıyarak gerçekleştirir. Veri seti %70 training, %30 testing şeklinde değerlendirilmiştir. Tahminde R programında “e1071” ve “Caret” paketleri kullanılmıştır.

## Yapay sinir ağları

Bu çalışmada çok katmanlı ileri beslemeli geri yayımlı ağlar ile çalışılmıştır. Yapay sinir ağlarında (YSA) çok katmanlı algılayıcılar bir giriş bir veya daha fazla ara, bir de çıkış katmanlarından oluşur (Çakır, 2019). İlk katman model giriş katmanı, ikinci katman ara gizli katmanlar üçüncü katman ise model çıkış katmanıdır. Yapay sinir ağları ile oluşturulacak tahminde, ileri beslemeli geri yayılım tekniği kullanılarak farklı öğrenme algoritmalarından Levenberg-Marquardt algoritması (LM) 5:10:1 mimarisi kullanılarak değerlendirilmiştir. YSA tahminlerinin elde edilmesi için MATLAB programında “nntool” paketi kullanılmıştır. Yapay sinir ağlarında veri setinin %70’i model oluşturma, %15’i validasyon %15’i ise test aşamasında kullanılmıştır.

## Rastgele orman algoritması

Rastgele orman algoritması, ağaç tipi öğrenme algoritmalarından biridir (Breiman, 2001). RO sınıflandırıcısı ile bir ağaç üretmek için en iyi bölünmeyi belirlemek için her bir düğümde kullanılan değişkenlerin sayısı (mtry) ve ağaçların sayısı (ntree)’dir (Pal, 2005). Tuning işlemi gerçekleştirilerek en uygun mtry belirlenir. RO, budama olmadan en büyük boyutta ağaç geliştirmek için CART algoritmasını kullanmaktadır (Breiman, 2001). CART algoritmasında, bir düğümde belirli bir ölçüt uygulanarak bölünme işlemi gerçekleştirilir. Bölünme işlemlerinde homojen sınıf dağılımına sahip düğümler tercih edilir. RO yöntemi, Gini indeksini kullanmaktadır. Gini indeksinin sıfır olmasıyla ağaç dallanma işlemi sona erdirilir (Watts ve ark., 2011). İstenilen ağaç kadar her düğümde en iyi dallar belirlenerek ağaçlar üretilir (Liaw ve Wiener, 2002). En iyi performansı gösteren ağaç bir sınıfa aktarılır (Liaw ve Wiener, 2002). Rastgele orman algoritması R paket programında çalıştırılmıştır. R Core programında “randomforest”, “caret” ve “mice” paketleri kullanılmıştır. Tuning işlemi yapılmış ve mtry: 2, ntree=60 olarak elde edilmiştir. Veri setinin %70’i training, %30’u test seti olarak değerlendirilmiştir. Modellerde en başarılı tahmin seçilerek belirlenen ve tahmin edilen değerlerin konumsal dağılım haritaları üretilmiştir. Konumsal dağılım haritalarının üretilmesi, CBS yazılımı olan ArcGIS programı içerisinde yer alan farklı enterpolasyon modelleri yardımıyla gerçekleştirilmiştir. Haritalama öncesi verilerin normal dağılım göstermeyenleri özelliklere uygun dönüşümler yapılmıştır. Haritalama kısmında Ters Mesafe Ağırlıklandırma (IDW), Radyal Tabanlı Fonksiyon (RBF), Kriging yöntemleri (Basit Kriging, Ordinary Kriging ve Universal Kriging) kullanılmıştır. Genel olarak, modellerin değerlendirilmesinde hata kareler ortalaması karakökü (RMSE), ortalama mutlak hata (MAE) ve ortalama mutlak hata yüzdesi (MAPE) parametreleri en uygun enterpolasyon yöntemi ve tahmin

modelinin değerlendirilmesinde kullanılmıştır. Bu çalışmada en uygun dağılım modelin belirlenmesinde RMSE kullanılmıştır (Eşitlik 7).

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(Z_i - Z)^2}{n}} \quad (7)$$

Burada,  $Z_i$ : tahmin değeri,  $Z$ : gerçek değer,  $n$ : gözlem sayısı

## Bulgular ve Tartışma

### Toprak özellikleri ve SSA içerikleri

Farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak elde edilen toprak özelliklerinin bazı tanımlayıcı istatistikleri Çizelge 1' de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri

	Ortalama	Standart Sapma	Varyasyon Katsayısı	Minimum	Maksimum	Çarpıklık	Basıklık
<b>TARIM</b>							
Kum %	31.80	16.06	50.49	3.18	89.32	0.57	0.03
Silt %	26.570	5.36	20.17	1.00	41.191	-0.82	3.50
Kil %	41.63	15.14	36.36	9.74	72.67	0.03	-0.83
OM %	2.72	1.15	42.39	0.60	6.38	0.92	1.13
HA gr cm <sup>-3</sup>	1.38	0.10	7.41	1.18	1.750	-0.25	-0.47
$\theta_{HG}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.38	0.038	10.25	0.28	0.45	0.11	-0.60
$\theta_{TK}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.36	0.073	20.17	0.12	0.43	-0.78	-0.23
$\theta_{SN}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.25	0.073	29.83	0.07	0.25	-0.32	-1.02
$\theta_{PD}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.25	0.23	92.79	0.07	0.35	2.59	7.15
SSA cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.098	0.027	27.61	0.03	0.21	-0.19	0.89
<b>MERA</b>							
Kum %	39.88	15.96	40.01	4.95	67.82	-0.13	-1.01
Silt %	27.25	5.361	19.67	15.85	40.33	0.53	0.08
Kil %	32.86	13.90	42.29	13.68	59.52	0.34	-1.16
OM %	3.18	1.27	40.06	0.68	6.00	0.23	-0.25
HA gr cm <sup>-3</sup>	1.44	0.06	4.65	1.27	1.75	-0.61	-0.21
$\theta_{HG}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.356	0.026	7.26	0.32	0.42	0.59	-0.36
$\theta_{TK}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.325	0.07	22.28	0.19	0.44	-0.05	-1.31
$\theta_{SN}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.205	0.07	34.20	0.10	0.34	0.33	-1.09
$\theta_{PD}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.035	0.04	116.79	0.01	0.22	2.95	10.12
SSA cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.11	0.02	19.61	0.05	0.16	-0.91	0.99
<b>ORMAN</b>							
Kum %	38.08	13.78	36.19	10.16	72.04	0.15	-0.57
Silt %	29.02	5.719	19.71	15.41	42.28	0.09	-0.21
Kil %	32.90	12.30	37.39	8.58	65.32	0.45	-0.27
OM %	4.16	1.48	35.54	1.32	6.57	-0.14	-1.20
HA gr cm <sup>-3</sup>	1.442	0.06	3.89	1.29	1.73	-0.99	0.23
$\theta_{HG}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.356	0.02	5.99	0.32	0.41	1.01	0.25
$\theta_{TK}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.33	0.06	19.38	0.17	0.44	-0.28	-0.51
$\theta_{SN}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.203	0.06	30.24	0.07	0.34	0.27	-0.69
$\theta_{PD}$ cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.103	0.06	58.62	0.04	0.35	2.02	3.96
SSA cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	0.11	0.02	19.63	0.04	0.17	-0.76	0.57

OM: Organik madde,  $\theta_{HG}$ : Hava dolu gözenek hacminin %10 olduğu durumdaki nem içeriği  $\theta_{TK}$ : Tarla kapasitesinde ki nem içeriği  $\theta_{SN}$ : Solma noktasındaki nem içeriği,  $\theta_{PD}$ : 2MPa penetrasyon direncindeki nem içeriği, SSA: Sınırlandırılmış su aralığı

Tarım topraklarının kum, silt ve kil içerikleri sırasıyla %3.18-89.32, %1.00-41.91, %9.74-72.67 arasında değişkenlik gösterirken bu özellikler mera ve orman için %4.95-67.82, %15.85-40.33, %13.68-59.52, %10.16-72.04, %15.41-42.28 ve %8.58-65.32 aralıklarında tespit edilmiştir. Toprakların tekstürleri genellikle "orta ve ağır" bünye grubunda belirlenmiş ve kum, silt ve kil içerikleri yönünden her üç arazi grubunda da veri setleri normale yakın bir dağılım sergilemiştir. Tarım topraklarının organik madde içerikleri ortalama %2.72 iken mera ve orman örtüsü altında bu değer %3.18 ve %4.16 olarak belirlenmiştir.

Tarım yapılan topraklarda kültürel işlemler, toprak işleme, anız yakma gibi faaliyetler topraklardaki organik madde seviyesini düşürmektedir (Erol, 2011).

Orman örtüsü altında devamlı birikimlerin olması toprakların organik madde içeriğinin yüksek olmasına neden olmuştur. Ayrıca orman örtüsü altında elde edilen organik madde içeriklerinin veri setleri incelendiğinde diğer arazi kullanımlarından farklı olarak negatif çarpıklık katsayısı dikkat çekmektedir. Negatif çarpıklık katsayısı veri setinin ortalamadan daha yüksek değerlerinin varlığı sonucu oluşmaktadır. Tekstürel fraksiyonların varyasyon katsayıları incelendiğinde benzerlikler tespit edilmiştir. Varyasyon katsayısı dağılımdaki değerlerin ortalamaya göre % kaçlık bir değişim gösterdiğinin belirlendiği bir katsayıdır. Wilding (1985)'e göre düşük (<%15), orta (<%35) ve yüksek (>%35) olarak sınıflandırılmış olup tekstürel fraksiyonlardaki veri setleri ortalamaya göre "orta ve yüksek" organik madde ise "yüksek" seviyede varyasyon göstermiştir. Gülser ve ark. (2021) aynı topografyada yer alan orman ve meraya dönüştürülen arazilerin özelliklerini karşılaştırdıkları çalışmada, orman topraklarına ait özelliklerin daha yüksek varyasyon katsayısına sahip olduğunu bildirmişlerdir. Toprakların hacim ağırlığı özellikleri tekstürel fraksiyonlara ve toprak sıkışmasına bağlı olarak değişkenlik gösteren bir parametre olup veri setlerinde normale yakın bir dağılım sergilemiş olsa da, ortalamadan yüksek değerlerin olması negatif çarpıklık katsayısı sonucunu ortaya çıkarmıştır. Tarım topraklarının hava dolu gözenek hacminin %10 olduğu andaki nem içeriği değerleri ( $\theta_{HG}$ ) 0.28-0.45  $cm^3 cm^{-3}$  olarak belirlenirken, tarla kapasitesi ( $\theta_{TK}$ ) nem içerikleri 0.12-0.43  $cm^3 cm^{-3}$  olarak belirlenmiştir. Varyasyonları ise ortalamaya göre %10.25 ve 20.17 seviyelerinde tespit edilmiştir. Toprakların solma noktası ( $\theta_{SN}$ ) ve 2 MPa penetrasyon direncinde belirlenen nem içerikleri ( $\theta_{PD}$ ) ise sırasıyla 0.07-0.25  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.07-0.35  $cm^3 cm^{-3}$  olarak elde edilmiştir.  $\theta_{PD}$  ile elde edilen veri seti normalden uzak bir dağılım sergilemiştir. Arazide ölçülen penetrasyon dirençlerindeki değişkenlik söz konusu bu veri setinde elde edilen nem içeriklerinin de varyasyonunun yüksek olmasına yol açmıştır. Toprakların SSA içerikleri ise 0.03-0.19  $cm^3 cm^{-3}$  olarak tespit edilmiştir. Tarım arazileri üzerindeki toprakların %14.55'inde SSA yarayışlı su içeriğine karşılık gelirken, %28.48'inde havalanma problemi, %27.27'sinde hem havalanma hem sıkışma, %29.70'inde ise sıkışma problemi tespit edilmiştir. Kay ve Anger (2002)' e göre SSA içerikleri <0.1  $cm^3 cm^{-3}$  ise "çok az", 0.1-0.15  $cm^3 cm^{-3}$  ise "az", 0.15-0.2  $cm^3 cm^{-3}$  "ise iyi", >0.2  $cm^3 cm^{-3}$  olduğu durumlarda ise "çok iyi" olarak sınıflandırılmıştır. Topraklar bu sınıflamaya göre "çok az, iyi" olarak sınıflandırılmıştır.

Mera arazi kullanımı altındaki toprakların  $\theta_{HG}$ ,  $\theta_{TK}$ ,  $\theta_{SN}$ ,  $\theta_{PD}$  içerikleri sırasıyla 0.32-0.42  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.19-0.44  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.10-0.34  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.01-0.22  $cm^3 cm^{-3}$  aralıklarında belirlenmiştir. Toprakların SSA seviyeleri 0.05-0.16  $cm^3 cm^{-3}$  olarak tespit edilmiştir. Mera topraklarının % 43.63'ünde yarayışlı su SSA aralığına denk gelirken yani optimum koşullar ortaya çıkarken % 36'sinde havalanma, % 14.54'ünde sıkışma, % 5.45'inde hem havalanma hem sıkışma problemleri tespit edilmiştir.  $\theta_{PD}$ ' dışındaki diğer nem sabitelerinde varyasyon katsayısı düşük ve normale yakın bir dağılım gösteren veri setleri mevcuttur. Kay ve Anger (2002)' e göre SSA aralıkları "çok az ve iyi" sınıflarında belirlenmiştir. Orman örtüsü üzerinde toprakların  $\theta_{HG}$ ,  $\theta_{TK}$ ,  $\theta_{SN}$ ,  $\theta_{PD}$  içerikleri sırasıyla 0.32-0.41  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.17-0.44  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.07-0.34  $cm^3 cm^{-3}$ , 0.04-0.35  $cm^3 cm^{-3}$  olarak tespit edilmiştir. Kay ve Anger (2002)' e göre toprakların SSA içerikleri "çok az, iyi" sınıflarında elde edilmiştir. Toprakların SSA içerikleri belirlenirken yaklaşık % 37.04'sinde optimum koşullar yani yarayışlı su içeriği SSA ya eşit olarak tespit edilmiştir. Toprakların % 4.62'sinde havalanma ve sıkışma problemi, % 3.7'sinde sıkışma ve % 54. 62'sinde ise havalanma problemleri ortaya çıkmıştır.

Tarım topraklarının SSA içerikleri mera ve orman arazi kullanımlarına göre daha yüksek seviyelerde belirlense de ideal koşul olan SSA'nın yarayışlı su içeriğine eşit olduğu koşullar daha düşük oranlardadır. Bu durum özellikle fındık arazilerinde alınan toprak örneklerinde daha yaygın olduğu belirlenmiştir. Tarım arazilerinde diğer arazi gruplarına göre havalanma ve sıkışma problemleri daha yüksek seviyelerde tespit edilmiştir. Bunun sebebi işlemeli tarım arazilerinde, bilinçsiz toprak işleme toprakların tavında işlenmemesi gereğinden fazla tarla trafiği ve organik madde ilavesinin az olması sonucu ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Ayrıca tarım arazilerinin büyük bir kısmını ise fındık alanları oluşturmaktadır ki, bu alanlarda toprak işleme hemen hemen hiç yapılmaması nedeniyle alan içerisinde gübreleme, budama, ilaçlama hasat gibi kültürel işlemler için makinalı uygulamalarda zaman içerisinde sıkışma çok daha fazla meydana gelebilmektedir. Nem sabiteleri tekstür, organik madde ve strüktüre bağlı olarak değişim göstermektedir. Ayrıca tarla kapasitesindeki nem içeriği sıkışmaya bağlı gözenek hacmindeki değişimden kaynaklı önemli seviyede etkilenmektedir (Karahana ve ark., 2014). Sıkışmayla birlikte doğal olarak artan penetrasyon direnci ve hacim ağırlığıyla birlikte SSA azalmaktadır (Haghighi Fashi ve ark. 2017). SSA'nın geniş değişim aralığı bitkilerin sudan daha etkili yararlanabildiğini ve ürün verimi üzerinde olumlu etkisi

olduğu bildirilmiştir (Chan ve ark., 2006). Negiş ve ark (2020), organik materyal uygulamasıyla toprak sıkışmasının azaldığı SSA'nın arttığını belirtmiştir. Alaboz ve ark (2021) SSA'nın kil, organik madde ve CaCO<sub>3</sub> ile pozitif, hacim ağırlığı ile negatif yönlü korelasyon sergilediğini değerlendirmiştir.

### Tahmin modellerinin değerlendirilmesi

Toprakların kum, silt, kil, organik madde ve hacim ağırlığı içerikleri kullanarak SSA'nın tahmininde 3 farklı algoritmanın değerlendirilmesi sonucu elde edilen hata değerleri Çizelge 2'de belirtilmiştir. 3 algoritma incelendiğinde SSA'nın tahmininde en düşük hata oranları RO en yüksek hata ise YSA algoritmaları ile elde edilmiştir. Lewis (1982), MAPE değerine göre modelleri çok iyi (<%10), iyi (%10-20), kabul edilebilir (%20-50), yanlış ve hatalı (>%50) olarak sınıflandırmıştır.

Çizelge 2. Farklı algoritmalar ile SSA tahmini

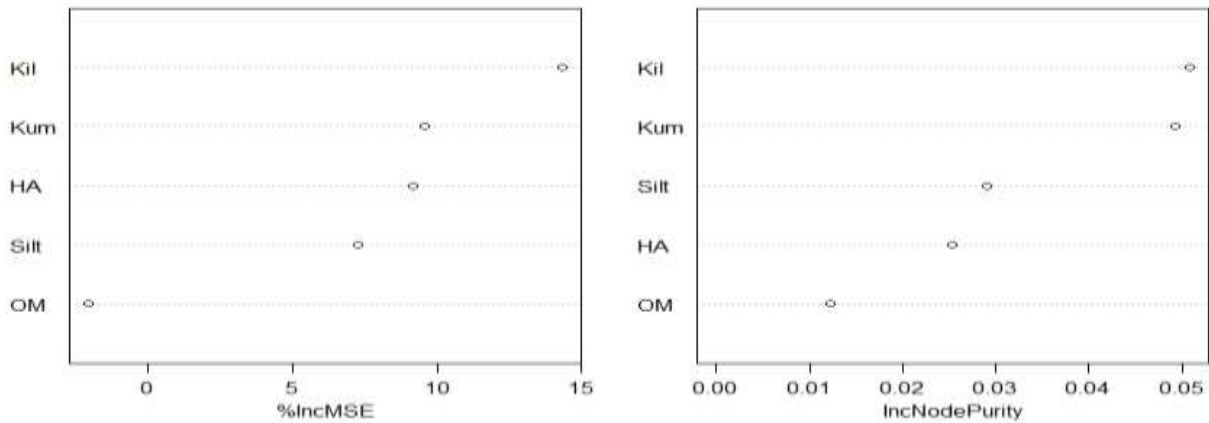
Algoritma		RMSE, cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	MAE, cm <sup>3</sup> cm <sup>-3</sup>	MAPE, %
RO	Eğitim	0.023	0.018	17.92
	Test	0.039	0.023	18.35
DVM	Eğitim	0.044	0.047	22.35
	Test	0.049	0.043	23.44
YSA	Eğitim	0.045	0.041	25.35
	Test	0.058	0.050	25.25

RO: rastgele orman algoritması, DVM: Destek vektör algoritması, YSA: yapay sinir ağırları

Rastgele orman algoritmasında elde edilen RMSE değerleri eğitim ve test verisinde sırasıyla 0.023 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> ve 0.039 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> iken MAE değerleri 0.018 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, 0.023 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> olarak tespit edilmiştir. MAPE değeri ise %17.92 ve %18.35 olarak bulunmuş MAPE değerine göre model gücü "iyi" olarak sınıflandırılmaktadır (Lewis 1982). Rastgele orman algoritmasına göre tahminde kullanılan özelliklerin önemi Şekil 3'de belirtilmiştir. Rastgele orman algoritmasıyla tahminde kullanılan değişkenlerin önemi ve modelden çıkarıldığında oluşabilecek hatayı ortaya koymaktadır (Prasad ve ark., 2006).

Destek vektör algoritması ile tahminde RMSE değerleri 0.039 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> ve 0.044 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, MAE değerleri 0.023 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, 0.047 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup> MAPE ise % 22.35 ve 23.44 olarak belirlenmiş ve modelin tahmin gücü Lewis (1982)' e göre "kabul edilebilir" olarak sınıflandırılmıştır. Yapay sinir ağlarında ise elde edilen RMSE, MAE ve MAPE değerleri eğitim ve test setlerinde sırasıyla 0.045-0.058 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, 0.041-0.05 cm<sup>3</sup> cm<sup>-3</sup>, % 25.35-25.25 olarak tespit edilmiştir. Yapay sinir ağları ile tahminlerde genellikle doğrusal olmayan ilişkiler için uygun olduğu Marashi ve ark. (2017), tarafından bildirirken Alaboz ve ark (2021) yapay sinir ağlarına göre derin öğrenme algoritmasının SSA'nın tahmininde daha başarılı olduğunu belirtmiş. Yine Yamaç ve ark. (2020) tarla kapasitesi tahmininde nisbi RMSE değerini %9.39 ile en düşük hata oranı ile derin öğrenme algoritması ile tahmin etmiştir. Destek vektör makineleri algoritmaları ile de toprak özelliklerinde başarılı tahminler elde edildiği yapılan çalışmalar ile ortaya konmuştur (Silva ve ark., 2020; Dong ve ark., 2021)

Rastgele orman algoritması, orijinal ölçülerin tahmin doğruluğunu tanımlayan iki nitel ölçü Increased Mean Square Error (IncMSE) ve Increased Impurity Index (IncNodePurity) ile özelliklerin önemini ortaya koymaktadır (Şekil 5).



Şekil 5. Rastgele orman algoritmasında özelliklerin önemi



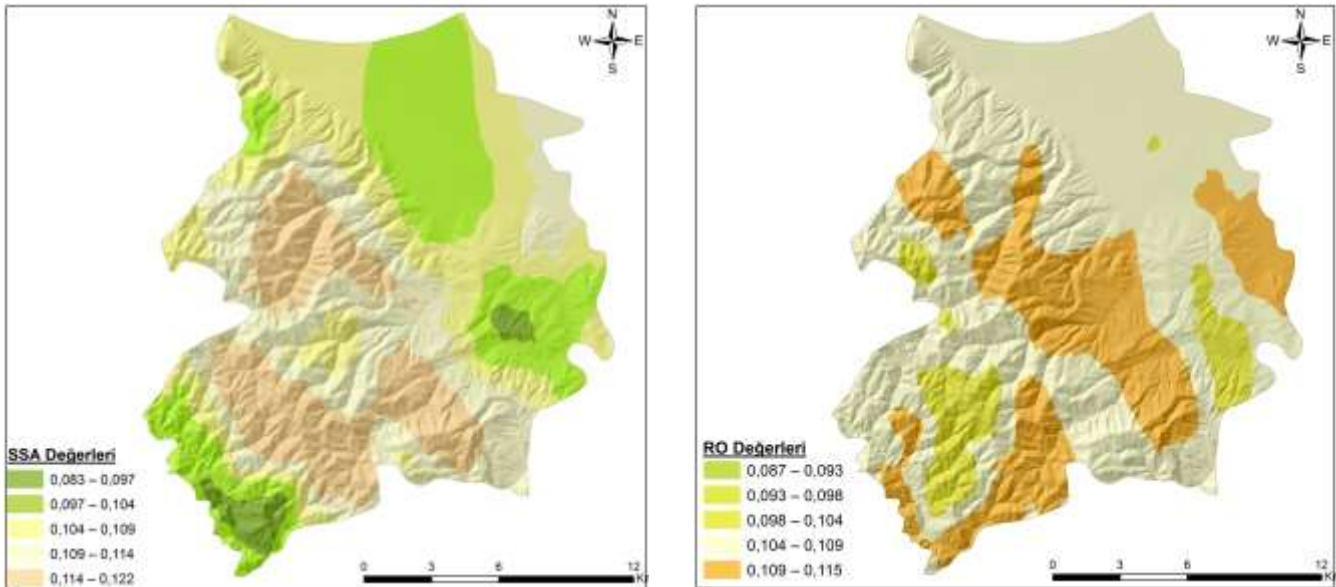
IncMSE, belirli bir orijinal değişkenin değerine rastgele izin verildiğinde tahmin doğruluğu üzerindeki etkiyi ölçer (Breiman, 2001). o değişkenin dışarıda bırakılması ise model doğruluğunun ne kadar azaldığını gösterir. IncNode-Purity her bir bölünmede kullanılan özelliğin kullanılmasıyla homojenliği, purity'i ortaya koyan özelliktir. Daha yüksek bir IncNodePurity değeri, daha yüksek bir değişken önemini temsil eder, yani düğümler çok daha 'saf'tır. IncMSE değerlerine göre RO ile SSA'nın tahmininde OM'nin modelden uzaklaştırılması etki göstermemekte olup kil özelliğinin modelden uzaklaştırılması ile yaklaşık % 15 MSE'nin artacağı belirlenmiştir. Hem IncMSE, hemde IncNodePurity değerlerine göre modelden uzaklaştırılınca hata oranını artacağı ve model için en önemli özellik toprakların kil ve kum içeriği olduğu belirlenmiştir.

Veri setlerinin eğitim ve test aşamasında elde edilen hata oranları bir birine yakın olarak bulunmuştur. Veri setinde eğitim ve test aşamasında yakın tahmin gücünün elde edilmesi modeli oluşturan veri setinin algoritmalar tarafından başarılı bir şekilde eğitildiğini göstermektedir. SSA ve RO için dağılım haritalarının oluşturulması amacıyla uygulanan enterpolasyon modellerine ait RMSE değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Çizelge 3' e göre SSA için en uygun model Simple Kriginge ait Spherical model en uygun olarak belirlenirken, RO için ise Simple Kriginge ait Exponential model ise en uygun dağılımı veren model olarak belirlenmiştir. SSA ve RO değerlerine ait dağılım haritaları Şekil 6 da verilmiştir. Şekil 6 da görüleceği üzere SSA ve RO değerleri çalışma alanının kuzey batıdan güney batıya doğru bir artış eğiliminde olduğu göstermektedir.

Çizelge 3. Enterpolasyon modeller and of SSA ve tamin değerlere ait RMSE

Enterpolasyon	Modeller	SSA	RO
IDW	IDW-1	0.0256	0.0194
	IDW-2	0.0273	0.0209
	IDW-3	0.0290	0.0224
RBF	TPS	0.0351	0.0261
	CRS	0.0264	0.0197
	SWT	0.0262	0.0196
Kriging	Ordinary	Gaussian	0.0254
		Exponential	0.0255
		Spherical	0.0255
	Simple	Gaussian	0.0253
		Exponential	0.0253
		Spherical	<b>0.0252</b>
	Universal	Gaussian	0.0254
		Exponential	0.0255
		Spherical	0.0255
		0.0189	<b>0.0188</b>
		0.0189	0.0189
		0.0197	0.0197
		0.0198	0.0198
		0.0198	0.0198

TPS:Thin Plate Spline, CRS:Completely Regularized Spline, SWT:Spline with Tension, SSA:Sınırlandırılmış su aralığı, RO:Rastgele orman modeli



Şekil 6. SSA ve RO değerlerine ait konumsal dağılım haritaları

## Sonuç

Bu çalışmada; Orta Karadeniz bölgesinde farklı arazi kullanım türleri altında toprakların sınırlayıcı su aralığı içeriklerinin değerlendirilmesi, havalanma ve sıkışma problemlerinin ortaya konmasının yanında, farklı makine öğrenme algoritmaları ile SSA'nın tahmin edilebilirliği incelenmiştir.

Tarım arazileri üzerindeki toprakların % 14.55'inde SSA optimum koşullarda iken, % 28.48'inde havalanma problemi, % 27.27'sinde hem havalanma hem sıkışma, % 29.70'inde ise sıkışma problemi tespit edilmiştir. Havalanma ve sıkışma problemlerinin Mera topraklarının % 43.63'ünde optimum koşullar ortaya çıkarken % 36'sinde havalanma, %14.54'ünde sıkışma, % 5.45'inde hem havalanma hem sıkışma problemleri tespit edilmiştir. Orman örtüsü altındaki topraklarda ise % 37.037'sinde optimum koşullar % 4.62'sinde havalanma ve sıkışma, % 3.7'sinde sıkışma ve % 54.62'sinde ise havalanma problemleri tespit edilmiştir. Çalışma sonucunda tarım yapılan topraklarda (özellikle fındık alanlarında) ideal koşulların oransal olarak daha az olduğu, havalanma ve sıkışma problemlerinin mera ve orman arazi kullanım türlerine kıyasla daha fazla olduğu sonucuna varılmıştır. SSA'nın tahmininde kullanılan farklı algoritmalar içerisinde en düşük hata oranı ve başarılı tahmin rastgele orman algoritması ile elde edilmiştir. Bu algoritmada çok sayıda ağaç kullanılması tahmin gücünü arttırmaktadır.

Bu çalışma ile farklı arazi kullanımlarına bağlı olarak toprakların özellikleri ve suyun dinamiğinde farklılıkların olduğu ortaya konmuştur. Arazilerin durumlarının değerlendirilmesi ve problemlerin önceden tespiti için tahmin modelleri ile jeostatistiksel yaklaşımların kullanılması gelecekte oluşabilecek tehlikelerin önceden değerlendirmesine olanak kılacaktır. Ayrıca sıkışma ve havalanma problemlerini minimum seviyeye indirmek için organik madde ilavesi, korumalı toprak işleme ve tarla trafiğinin azaltılması gibi önlemlerin alınması önerilmektedir.

## Kaynaklar

- Akar Ö, Güngör Ö. 2013. Classification of multispectral images using random forest algorithm. *Journal of Geodesy and Geoinformation* 1(2):139-146.
- Alaboz P, Demir S, Dengiz O. 2020. Determination of spatial distribution of soil moisture constant using different interpolation model case study, Isparta Atabey plain. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty* 17(3): 432-444.
- Alaboz P, Başkan O, Dengiz O. 2021. Computational intelligence applied to the least limiting water range to estimate soil water content using GIS and geostatistical approaches in alluvial lands. *Irrigation and Drainage* 70(5): 1129-1144.
- Alaboz P, Demir S, Işıldar A A, Başayığıt L. 2021a. Elma tarım alanlarında yüzey toprakların sınırlandırılmış su aralığının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi* 10(1): 13-22.
- Arslan E, Çaycı G, Dengiz O, Yüksel M, Atikman Çiçek N. 2018. Toprakların bazı makro besin elementi içeriklerinin farklı tarımsal arazi kullanımları altında konumsal dağılımlarının belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 7(2): 28-37.
- Ballabio C. 2009. Spatial prediction of soil properties in temperate mountain regions using support vector regression. *Geoderma* 151: 338-350. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2009.04.022>.
- Breiman L. 2001. *Random Forests*, Machine learning, Kluwer Academic Publishers 45(1): 5-32.
- Burt R. 2014. *Soil survey field and laboratory methods manual*. United States Department of Agriculture. Natural Resources Conservation Service. National Soil Survey Center. Natural Resources Conservation Service. Kellog Soil Survey Laboratory.
- Busscher WJ. 1990. Adjustment of flat-tipped penetrometer resistance data to a common water content. <http://naldc.nal.usda.gov/download/18014/PDF>.
- Cecagno D, de Andrade S E V G, Anghinoni I, Kunrath T R, Martins A P, Reichert J M, de Faccio Carvalho PC. 2016. Least limiting water range and soybean yield in a long-term, no-till, integrated crop-livestock system under different grazing intensities. *Soil and Tillage Research*, 156: 54-62.
- 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
- Cortes C, Vapnik V. 1995. Support-vector networks. *Mach. Learn.* 20, 273-297.
- Çakır F S, 2019. *Yapay sinir ağları*. Nobel yayınları, 2. Baskı, Ankara.
- 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 AP, Kay B. 1997. Estimating the least limiting water range of soils from properties and management. *Soil Science Society of America Journal* 61 (3): 877-883.
- Dong Z, Wang N, Liu J, Xie J, Han J. 2021. Combination of machine learning and VIRS for predicting soil organic matter. *Journal of Soils and Sediments*, 21(7): 2578-2588.
- 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. *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu*, 13-14.
- Erol H. 2011. Farklı dozlarda humik+fulvik asit uygulamasının farklı bölge topraklarında mısır vejetasyonu altında toprağın biyolojik aktivitesine etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, 58s.
- FAO-Toprak Gübre ve Su Kaynakları MAE. 2015. Türkiye topraklarının organik karbon bilgi yönetim sistemi, Ankara.
- Gülser C, Ekberli İ, Gülser F. 2021. Effects of deforestation on soil properties and organic carbon stock of a hillslope position land in Black Sea Region of Turkey. *Eurasian Journal of Soil Science*. 10(4):278-284.
- Gündüz Z, Barik K. 2019. Farklı Toprak Yönetiminin Toprağın Bazı Fiziksel Özelliklerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology* 9(3): 1797-1807.
- Haghighi Fashi F, Gorji M, Sharifi F. 2017. Least limiting water range for different soil management practices in dryland farming in Iran. *Archives of Agronomy and Soil Science* 63(13): 1814-1822.
- IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change, 2019. Fifth assessment report (AR5). <https://www.ipcc.ch/report/ar5/syr/>.
- İmamoğlu A, Eraslan S, Coşkun A, Saygın, F, Dengiz O. 2018. Farklı toprak özelliklerine bağlı toprak kabuk oluşumu. *Türk Coğrafya Dergisi* (71): 47-52.
- Kacar B. 2009. Toprak analizleri. Nobel yayın dağıtım, Ankara, p.467.
- Kalkınma Bakanlığı, 2018. On Birinci Kalkınma Planı (2019-2023), Tarımda toprak ve suyun sürdürülebilir kullanımı. Özel İhtisas Komisyon Raporu.
- Karahan G, Erşahin S, Öztürk HS. 2014. Field capacity dynamics affected by soil properties. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University* 30(1): 1-9.
- Kay BD, Anger DA. 2002. Soil structure in soil physics companion (AWarrick, Ed) 249-296.
- Leão TP, Da Silva AP, Perfect E, Tormena CA. 2005. An algorithm for calculating the least limiting water range of soils. *Agronomy Journal* 97(4): 1210-1215.
- Letey J. 1958. Relationship between soil physical properties and crop production. In *Advances in soil science* (pp. 277-294). Springer, New York, NY.
- Lewis CD. 1982. *Industrial and business forecasting methods*. Londra: Butterworths publishing, 40 p
- Liaw A, Wiener M. 2002, Classification and regression by random forest. *R News*, Vol.2/3, December.
- Marashi M, Torkashvand A M, Ahmadi A, Esfandyari M, 2017. Estimation of soil aggregate stability indices using artificial neural network and multiple linear regression models. *Spanish Journal of Soil Science: SJSS* 7(2):122-132.
- MGM - Meteoroloji Genel Müdürlüğü, 20220. <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU>.
- Negiş H, Şeker C, Çetin A. 2020. Toprak sıkışması ve sınırlayıcı su aralığı üzerine farklı organik materyallerin etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 8(2): 118-127.
- Özdemir N. 2019. Farklı topoğrafik yapı ve arazi kullanım koşullarında hacim ağırlığı ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri arasındaki ilişkiler. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi* 7(2): 86-91.
- Öztürkmén AR, Ramazanoğlu E, Çelik A, Arslan M. 2021. Effects of different land use on some soil properties in Adıyaman province. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi* (25): 594-600.
- Pal M. 2005. Random forest classifier for remote sensing classification. *International Journal of Remote Sensing* 26(1): 217-222.
- Prasad AM, Iverson LR, Liaw A. 2006. Newer classification and regression tree techniques: Bagging and random forests for ecological prediction. *Ecosystems* 9:181-199
- Saygın F, Dengiz O, İç S, İmamoğlu A. 2019. Bazı fiziko-kimyasal toprak özellikleri ile bazı erodibilite parametreleri arasındaki ilişkilerin mikro havza ölçeğinde değerlendirilmesi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi* 20 (1): 82-91.
- Silva SHG, Weindorf DC, Pinto LC, Faria WM, Junior FWA, Gomide LR, Curi N. 2020. Soil texture prediction in tropical soils: A portable X-ray fluorescence spectrometry approach. *Geoderma* 362: 114136.

- Smola AJ, Schölkopf B. 2004. A tutorial on support vector regression. *Statistics and Computing* 14(3):199-222.
- Takçı H. 2008. *Data Mining Lecture Notes*, Gebze Institute of Technology.
- Tavanti RF, Freddi ODS, Tavanti TR, Rigotti A, Magalhães WDA. 2019. Pedofunctions applied to the least limiting water range to estimate soil water content at specific potentials. *Engenharia Agrícola* 39(4): 444-456.
- Watts JD, Lawrence RL. 2008. Merging random forest classification with an object-oriented approach for analysis of agricultural lands, *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVII(B7).
- Watts JD, Powell SL, Lawrence RL, Hilker T. 2011. Improved classification of conservation tillage adoption using high temporal and synthetic satellite imagery. *Remote Sensing of Environment*, 115(1): 66-75.
- Wilding LP. 1985. Spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. 166-194p. In D.R. Nielsen and J. Bouma (eds.). *Soil Spatial Variability*: Pudoc. Wageningen Netherlands.
- Wu L, Feng G, Letey J, Ferguson L, Mitchell J, Mc Cullough-Sanden B, Markegard G. 2003. Soil management effects on the nonlimiting water range. *Geoderma* 114(3-4): 401-414.
- Yamaç SS, Şeker C, Negiş H. 2020. Evaluation of machine learning methods to predict soil moisture constants with different combinations of soil input data for calcareous soils in a semiarid area. *Agricultural Water Management* 234:106121.



# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

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



## Toprağın bazı ısı parametrelerinin maksimum toprak sıcaklığıyla ilişkisi

İmanverdi EKBERLİ\*, Coşkun GÜLSER

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

### Özet

Toprak özelliklerinin değişimi, bitki gelişimi için optimum toprak ortamının oluşturulması, toprak oluşum süreçlerinin açıklanması vb. topraktaki maksimum sıcaklıkla ilişkili olup, topraktaki maksimum sıcaklığın teorik ve deneysel olarak belirlenmesi gereklidir. Bu çalışmada, toprağın ısı iletkenliği denkleminin çözümünden elde edilen maksimum toprak sıcaklığının analitik ifadesinin uygulanabilirliği incelenmiştir. Teorik olarak maksimum toprak sıcaklığının, toprak derinliğinin ortalama sıcaklığının, birim alandan geçen ısı miktarının, kütle yoğunluğunun, özgül ısı kapasitesinin ve derinliğin bir fonksiyonu olduğu gösterilmiştir. Toprağın 0-50 cm derinliğinde ölçülen ve hesaplanan maksimum sıcaklıklar sırasıyla 16.6-35.8 °C ve 16.4-38.4 °C aralıklarında; birim alandan geçen ısı miktarı  $3.716 \cdot 10^6$ - $17.857 \cdot 10^6$  J m<sup>-2</sup> aralığında; özgül ısı kapasitesi ise 950.404 J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup> olarak saptanmıştır. Ölçülen ve hesaplanan maksimum toprak sıcaklıkları arasındaki ilişki yüksek ( $R^2=0.9106$ ) bulunmuştur. Ayrıca, nispi hatanın 0.012-0.148 aralığında; ortalama nispi hata ise 0.086 olarak tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Toprağın ısı iletkenliği denklemi, ısı miktarı, özgül ısı kapasitesi

### The relationship of some heat parameters of the soil with the maximum soil temperature

#### Abstract

Change of soil properties, creation of optimum soil environment for plant growth, explanation of soil formation processes etc. It is related to the maximum temperature in the soil and it is necessary to determine the maximum temperature in the soil theoretically and experimentally. In this study, the applicability of the analytical expression of the maximum soil temperature obtained from the solution of the thermal conductivity equation of the soil was investigated. Theoretically, it has been shown that the maximum soil temperature is a function of the average temperature of the soil depth, the amount of heat passing through a unit area, mass density, specific heat capacity, and depth. The maximum temperatures measured and calculated at 0-50 cm depth of the soil are in the ranges of 16.6-35.8°C and 16.4-38.4°C, respectively; the amount of heat passing through the unit area is in the range of  $3.716 \cdot 10^6$ - $17.857 \cdot 10^6$  J m<sup>-2</sup>; the specific heat capacity was determined as 950.404 J kg<sup>-1</sup> °C<sup>-1</sup>. The correlation between the measured and calculated maximum soil temperatures was found to be high ( $R^2=0.9106$ ). Also, the relative error is in the range of 0.012-0.148; mean relative error was determined as 0.086.

**Keywords:** Equation of thermal conductivity of soil, amount of heat, specific heat capacity

© 2022 Türkiye Toprak Bilimi Derneği. Her Hakkı Saklıdır

### Giriş

Toprak sıcaklığı; toprak oluşum süreçlerini ve bitki büyümesini kontrol eden önemli toprak özelliklerinden biridir. Ayrıca, toprak üstü ve toprak altı çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri etkileyen toprak sıcaklığı, enerji akışı, su akışı, besin döngüsü ve ekolojik kararlılık arasındaki denge değişikliklerini etkileyen temel bir parametredir (Maryanaji ve ark., 2017; Savva ve ark., 2010; Shiwei ve ark., 2019; Zhang ve ark., 2022). Farklı derinliklerde toprağın maksimum ve minimum sıcaklıklarının teorik ve deneysel olarak belirlenmesi, hem topraktaki enerji süreçlerinin hem de bölgesel çevre ve iklim koşullarının tanımlanmasında, aynı zamanda tarım yöntemlerinin ve stratejilerinin geliştirilmesinde de önemlidir. Toprak-bitki-su ilişkisinin incelenmesi (Ruiz-Machuca, 2015; Salau, 2015; Yadav ve ark., 2020), toprak verimliliğinin ve sürdürülebilirliğinin korunması için çeşitli yöntemlerin uygulanması (Deguchi, 2009, Liu ve

\* Sorumlu yazar:

Tel. : 0 (362) 312-1919  
E-posta : iman@omu.edu.tr

Makale Türü: ARAŞTIRMA MAKALESİ

Geliş Tarihi : 18 Nisan 2022  
Kabul Tarihi : 06 Haziran 2022

e-ISSN : 2146-8141

DOI : 10.33409/tbbbd.1105351

ark., 2018; Maslov ve ark., 2022), toprağın sıcaklık rejiminin düzenlenmesi (Luz ve ark., 2015; Chen ve ark., 2021; Li ve ark., 2021) vb. toprakların maksimum ve minimum sıcaklıklarının değerlendirilmesi ile ilişkili olmaktadır.

Toprak sıcaklığının değişimi toprakların ısısal özelliklerini etkilemekte, ısısal özelliklerin ve ısı iletkenliği denkleminin sınır koşullarının detaylı olarak değerlendirilmesi ise ısı iletkenliği denkleminin çözümünün uygulanabilirlik performansını yükseltmektedir. Lu ve ark. (2020), çeşitli su içerikleri ve sıcaklıklarda toprakların ısı iletkenliği bileşenlerinin tahmin edilmesine ait bir araştırmada, kumlu tınlı ve siltli killi topraklar için çeşitli sıcaklık ve su içeriklerinde ısı iletkenliği belirlenmiş ve sıcaklığın ısı iletkenliğini önemli düzeyde etkilediği gösterilmiştir. Toprak sıcaklığı, yüzey enerji dağılımı değişimini, ısının mekânsal-zamansal dinamiklerini, toprak mikro iklimini, su rejimini ve gizli ısı alışverişini etkilemektedir (Ghauman ve Lal, 1985; Chung ve Horton, 1987; Heitman vd., 2008; Xiao vd., 2011). Sıcaklığın etkisi sonucunda oluşan toprak mikro iklimi ise, bitki büyümesi (tohum çimlenmesi, fide oluşumu vb.), toprağın kimyasal ve biyolojik süreçleri, mikrobiyal aktivitesi (organik maddenin mineralizasyonu, solunum hızı) üzerinde önemli etkiye sahiptir (Abu-Hamdeh ve Reeder, 2000; Mellander ve ark., 2004; Karhu ve ark., 2010; Xu ve ark., 2012; Wu ve ark., 2012). Toprakta maksimum ve minimum sıcaklıkların, ısısal özelliklerin detaylı olarak belirlenmesi, toprağın fiziksel süreçlerinin modellenmesi, tarım yönetimi, meteorolojik ve endüstriyel uygulamalar gibi birçok alanlarda önemlidir (Ochsner ve ark., 2001; Usowicz ve ark., 2013). Toprak sıcaklığını tahmin etmek için ısı iletkenliği denkleminin dayanan analitik modeller, toprak özelliklerine ve sıcaklıklarına ait veri tabanları (her bir araştırma bölgesi için ampirik katsayıların geliştirilmesi gereken) kullanılarak oluşturulan ampirik denklemler, benzerlik teorisi ve yapay sinir ağları yöntemleri kullanılmaktadır (Plauborg, 2002; Gülser ve Ekberli, 2004; 2019; Ekberli, 2006; Gao ve ark., 2007; Bilgili, 2010; Graham ve ark., 2010; Ozturk ve ark., 2011; Ekberli ve Gülser, 2015; Ekberli ve ark., 2016; 2017; 2021; Gülser ve ark., 2018; 2019; Kara ve Cemek, 2019; Kassaye ve ark., 2021; Mondal ve ark., 2022). Toprak sıcaklığının teorik (matematiksel) modellerinin oluşturulmasında, temel ısı iletimi denkleminin farklı sınır ve başlangıç koşullarına bağlı, çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Passerat de Silans ve ark. (1996) tarafından yapılan bir araştırmada, ısı iletkenliği denkleminin harmonik, Laplace dönüşümü, düzeltilmiş Laplace dönüşümü ve homojen olmayan toprak sisteminde Lettau yöntemi (Lettau, 1954) ile elde edilen toprak sıcaklığı modellerinden yararlanılmıştır. Antonopoulos (2006), bitki örtüsü altındaki toprakta su ve ısı iletiminin modellenmesi araştırmasında, başlangıç ve sınır koşulu olarak sıcaklığın kosinüsoidal değişiminden ve maksimum ve minimum değerlerinden faydalanmıştır. Evett ve ark. (2012) ise, zamana bağlı olarak toprak yüzeyinde sıcaklık değişiminin modellenmesinde Fourier serisini uygulamışlardır. Bazı araştırmacılar (Samanta ve Guha, 2012; Ekberli ve ark., 2015; Xu ve ark., 2015; Qi ve ark., 2019) ise toprak sıcaklığının modellenmesinde, toprağın ısı bilançosu denklemini ve benzerlik teorisini kullanmışlardır.

Bu çalışmanın amacı, toprağın ısı iletkenliği denkleminin çözümünden elde edilen ve toprağın birim alandan geçen ısı miktarına, kütle yoğunluğuna, katı kısmının özgül ısı kapasitesine ve derinliğine bağlı olan sıcaklık modelinin maksimum sıcaklık tahminine uygulanabilirliğinin incelenmesidir.

## Materyal ve Yöntem

Isısal parametrelerin ve maksimum sıcaklık değerlerinin belirlenmesinde, Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Yerleşim sahası Ziraat Fakültesinin deneme alanı (41°21.86' Kuzey, 36°11.41' Doğu koordinatlarında, deniz seviyesinden 190 m yükseklikte) toprağında yapılan sıcaklık ölçümlerinden yararlanılmıştır. Günlük toprak sıcaklığı değerleri 9<sup>00</sup>, 11<sup>00</sup>, 13<sup>00</sup>, 15<sup>00</sup>, 17<sup>00</sup>, 19<sup>00</sup> saatlerinde civalı cam termometre ile (Sterling and Jaskson, 1986) 0; 10; 20; 50 cm toprak derinliklerinde belirlenmiştir (Ekberli ve Gülser, 2020).

Toprağın birim alandan geçen ısı miktarı ( $J m^{-2}$ )

$$Q = C_H V (T_i - T_{i+1}) = C_H V \Delta T \quad (i = \overline{1,3})$$

(burada,  $C_H$  - toprağın hacimsel ısı kapasitesi,  $cal cm^{-3} °C^{-1}$  veya  $J m^{-3} °C^{-1}$ ;  $V$  - birim hacim,  $cm^3$  veya  $m^3$ ;  $\Delta T$  - toprağın  $x_i$  ve  $x_{i+1}$  derinliklerindeki ortalama sıcaklık farkıdır,  $°C$ ) ifadesine göre belirlenmiştir.

Toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesinin ( $C_g$ ,  $cal gr^{-1} °C^{-1}$  veya  $J kg^{-1} °C^{-1}$ ) belirlenmesinde

$$C_g = C_{org} \frac{m_{org}}{m} + C_{min} \left( 1 - \frac{m_{org}}{m} \right)$$

[burada,  $C_{org}$  ve  $C_{min}$  - sırasıyla topraktaki organik maddenin ve mineral maddenin özgül ısı kapasitesi ( $cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ );  $\frac{m_{org}}{m}$  - topraktaki organik madde miktarı ( $gr\ gr^{-1}$  veya %) olmaktadır] ifadesi kullanılmış ve toprakta  $C_{org} = 0.46\ cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ ;  $\frac{m_{org}}{m} = 0.0283\ gr\ gr^{-1}$ ;  $C_{min} = 0.22\ cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  olduğunu göz önüne alarak,  $C_g = 0.227\ cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1} = 950.404\ J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  bulunmuştur.

Toprağın hacimsel ısı kapasitesi ( $J\ m^{-3}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$ )

$$C_H = C_g \rho_v + C_s W_\theta$$

[burada,  $\rho_v = 1.12\ gr\ cm^{-3}$  olup, toprağın hacim ağırlığı;  $C_s = 1.00\ cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$  - suyun hacimsel ısı kapasitesi;  $W_\theta$  - toprağın hacimsel nem ( $cm^3\ cm^{-3}$ ) içeriğidir] olarak,

$$C_H = 0.227\ cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1} \cdot 1.12\ gr\ cm^{-3} + 1.00\ cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1} W_\theta \text{ veya}$$

$$C_H = (0.254 + W_\theta)\ cal\ cm^{-3}\ ^\circ C^{-1}$$

ifadesine göre değerlendirilmiştir. Sıcaklık fonksiyonunun maksimumunun belirlenmesinde, fonksiyona ait ekstrem noktaların belirlenmesi kuralı uygulanmıştır.

## Bulgular ve Tartışma

### Maksimum toprak sıcaklığının modellenmesi

Toprakta sıcaklık değişiminin incelenmesinde, ısı iletkenlik denkleminin çeşitli özel çözümleri kullanılmaktadır. Toprağın

$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} \quad (0 \leq x < \infty, -\infty < t), \quad a = \frac{\lambda}{C_H} \quad (1)$$

Burada,  $T$  - toprak katmanının sıcaklığı,  $^\circ C$ ;  $t$  - zaman, sn;  $a$  - ısıl yayılım katsayısı,  $m^2\ sn^{-1}$ ;  $\lambda$  - ısı iletkenliği katsayısı,  $J\ m^{-1}\ sn^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $watt\ m^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ ;  $x$  - mesafe, cm.

Yukarıdaki biçimde ifade olunan ısı iletkenliği denkleminin, toprak katmanlarında sıcaklık değişimi sonucunda oluşan ve birim alandan geçen ısı miktarına ( $Q$ ,  $J\ m^{-2}$ ) bağlı özel çözümü ise

$$T = T_0 + \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a t}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \quad (2)$$

olarak belirlenmektedir (burada,  $T_0$  - toprak yüzeyinin veya herhangi bir katmanın ortalama sıcaklığı,  $^\circ C$ ;  $Q$  - birim alandan geçen ısı miktarı,  $J\ m^{-2}$ ;  $\rho = 2650\ kg\ m^{-3}$  - toprağın özgül ağırlığı;  $C_g$  - toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi,  $cal\ gr^{-1}\ ^\circ C^{-1}$  veya  $J\ kg^{-1}\ ^\circ C^{-1}$ ) (Luikov, 1967; Turcotte ve Schubert, 1985; Ekberli ve Gülser, 2020).

Maksimum toprak sıcaklığının teorik ifadesinin belirlenmesi için, (2) ifadesine fonksiyonun ekstrem noktalarının belirlenmesi kuralı uygulanır.

$$\text{Yukarıda verilen (2) ifadesinden } \frac{\partial T}{\partial t} = \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \left( -\frac{1}{2t\sqrt{t}} + \frac{x^2}{4at^2\sqrt{t}} \right) = 0 \Rightarrow -1 + \frac{x^2}{2at} = 0 \Rightarrow t = \frac{x^2}{2a}$$

elde edilir.  $\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} \Big|_{t=\frac{x^2}{2a}} < 0$  olduğundan, sıcaklığın maksimum değeri  $t = \frac{x^2}{2a}$  zamanında gerçekleşmektedir.

Sıcaklığın maksimum değerini veren yukarıdaki zaman ifadesi (2)'de yerine konursa aşağıdaki (3) ifadesi elde edilir:

$$T_{maksimum} = T_0 + \frac{Q}{\rho C_g x \sqrt{2\pi e}} \quad (3)$$

## Modelin girdi parametrelerinin incelenmesi

Toprak sıcaklığının maksimum değerini gösteren (3) ifadesinin uygulanabilirliğinin belirlenmesi için, ölçülen toprak sıcaklıklarına bağlı olarak ilgili parametrelerinin (toprak katmanın ortalama sıcaklığı, toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi, birim alandan geçen ısı miktarı) değerlendirilmesi gerekir. Deneme alanından farklı tarih ve saatlerde yapılan toprak sıcaklığı ölçümleri Çizelge 1’de verilmiştir.

Çizelge 1. Toprağın farklı tarih ve zaman diliminde ölçülen sıcaklık (°C) değerleri

Tarih	Derinlik, cm	Zaman, saat						Ortalama sıcaklık, °C
		09 <sup>00</sup>	11 <sup>00</sup>	13 <sup>00</sup>	15 <sup>00</sup>	17 <sup>00</sup>	19 <sup>00</sup>	
19.04.2005	0-20	17.5	20.2	27.9	22.2	18.2	15.8	20.3
	20-50	14.7	16.0	18.6	16.2	15.3	15.6	16.0
05.05.2005	0-20	20.2	26.0	30.0	27.2	21.7	18.9	24.0
	20-50	13.8	14.7	16.6	14.4	14.7	14.6	14.8
14.06.2005	0-20	27.0	30.7	35.8	32.6	30.1	24.3	30.1
	20-50	18.7	19.4	21.5	19.1	19.2	19.4	19.6

Çizelge 1’den de görüldüğü gibi, ölçüm zamanına bağlı olarak toprak sıcaklıkları geniş aralıkta değişim göstermekte, 20-50 cm katmanında toprak sıcaklığının değişimi sabitleşme sürecine yaklaşmaktadır. Tüm ölçüm zamanlarında maksimum toprak sıcaklığı aynı zamanda (13:00) gerçekleşmiş ve 0-20 cm yüzey katmanında daha yüksek değerlere sahip olmuştur.

Toprağın birim alandan geçen ısı miktarı ve özgül ısı kapasitesi değerleri modelin temel girdi parametrelerini oluşturmaktadır. Modelin girdi parametrelerine ait ortalama değerleri belirlenmiş (Ekberli ve Gülser, 2020) ve Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Modelin girdi parametre değerleri

Tarih	Derinlik, cm	$C_g,$ $J kg^{-1} °C^{-1}$	$Q, J m^{-2}$
19.04.2005	0-20	950.404	$8.219 \cdot 10^6$ *
	20-50		$3.716 \cdot 10^6$
05.05.2005	0-20	950.404	$17.857 \cdot 10^6$ *
	20-50		$4.877 \cdot 10^6$
14.06.2005	0-20	950.404	$17.288 \cdot 10^6$ *
	20-50		$15.570 \cdot 10^6$

\*0-10 cm ve 10-20 cm katmanlarının birim alanından geçen ısı miktarı değerlerinin ortalaması

Toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi toprak sıcaklığı değişimlerini kontrol eden önemli termal özelliklerden biri olup, toprağın mineralojik ve organik madde bileşimine, yoğunluğuna, gözenekliliğine ve su içeriğine bağlı olmaktadır. Araştırma toprağının katı kısmının özgül ısı kapasitesinin belirlenmesinde tüm katmanlar için  $\frac{m_{org}}{m} = 0.0283 \text{ gr gr}^{-1}$  ortalama değeri kullanıldığından dolayı, sabit değerler elde edilmiştir.

Jananee ve ark. (2021), üç farklı topografyayı temsil eden toprakların termal ve spektroskopik yöntemle incelenmesine ait bir çalışmada, tarım, orman ve yol kenarındaki toprakların özgül ısı kapasitelerinin sırasıyla  $570-780 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$ ;  $910-1140 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$ ;  $780-920 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$  aralıklarında değiştiğini, ortalama değerlerin ise sırasıyla  $690 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$ ;  $1010 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$ ;  $850 \text{ J kg}^{-1} °C^{-1}$  olduğunu saptamışlardır. Ju ve Hu (2018), yapay ısıtmanın kışlık buğday tarlasında toprağın hidrotermal özelliklerine etkisini inceledikleri bir çalışmada, toprakların hacimsel ısı kapasitesi, ısı iletkenliği ve ısı akışı gibi ısıl özelliklerinin belirlenmesinde, toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesini  $0.85 \text{ kJ kg}^{-1} K^{-1}$  ( $\frac{m_{org}}{m} = 0.0139 \text{ gr gr}^{-1}$ ) olarak

kabul etmişlerdir. Ren ve ark. (2003) farklı çalışmalarda çeşitli bünyeye sahip toprakların özgül ısı kapasitelerine ait değerleri özetlemişlerdir. Termal ataletle ilgili olarak toprağın su içeriğini tahmin edilmesine ait diğer çalışmada ise, toprağın özgül ısı kapasitesi  $800 \text{ J kg}^{-1} K^{-1}$  olarak kullanılmıştır (Lu ve ark., 2009).

Toprağın ısı miktarı, topraktaki sıcaklık değişimine ve hacimsel ısı kapasitesine bağlı olup, araştırma döneminde  $3.716 \cdot 10^6 - 17.857 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}$  aralığında değişmekte, aşağı derinliklerde genel olarak azalma eğilimi göstermektedir. Toprağın 0-10 cm ve 10-20 cm derinliklerindeki ortalama sıcaklık farkı yüksek olduğundan, 0-20 cm derinlikteki birim alandan geçen ısı miktarı da yüksek olmaktadır. Ayrıca, iklim koşullarının değişimi, net radyasyon, gizli ısı akışı, evapotranspirasyon gibi faktörlerde birim alandan geçen



ısı miktarını önemli düzeyde etkilemektedir. [Heitman ve ark. \(2010\)](#), toprakta ısı akışı ölçümlerinde gizli ısının etkisine ait araştırmalarında, toprağın 1 cm ve 3 cm derinliklerindeki taşınan ısı miktarını sırasıyla 7.2-12.5 MJ m<sup>-2</sup> ve 11.2-12.5 MJ m<sup>-2</sup> aralıklarında tahmin ederek, ısı taşınımında net radyasyonun etkili faktör olduğunu vurgulamışlardır. Toprakta depolanan ısı miktarının yenilenebilir bir termal kaynak olarak kullanılmasına ait on yıl boyunca (Ağustos 2007 - Temmuz 2017) yapılan diğer bir araştırmada ([Brys, 2020](#)), yüzey, 5 cm ve 10 cm toprak derinliklerindeki sıcaklık değerlerini kullanılmış; denemede çıplak ve çimen örtülü toprakların 0-8 cm katmanında yıllık ortalama pozitif ısı akışı toplamının sırasıyla 331.8 MJ m<sup>-2</sup> (92.2 kW saat m<sup>-2</sup>) ve 179.0 MJ m<sup>-2</sup> (49.7 kW saat m<sup>-2</sup>); negatif ısı akışı toplamının ise 330.3 MJ m<sup>-2</sup> (91.8 kW saat m<sup>-2</sup>) ve 170.6 MJ m<sup>-2</sup> (47.4 kW saat m<sup>-2</sup>) olduğunu saptamıştır.

Aluviyal depositler üzerinde oluşmuş genç ve gelişmekte olan toprakların ısı akışı ve ısı miktarının incelenmesi konulu bir çalışmada, Entisol ordusuna ait topraklarda (Typic Ustifluent, Mollic Ustifluent-1, Mollic Ustifluent-2) ısı miktarının 1.548·10<sup>6</sup>-5.927·10<sup>6</sup> J m<sup>-2</sup> aralığında değiştiği tespit edilmiştir ([Ekberli ve ark., 2021](#)).

### Maksimum toprak sıcaklığını teorik belirlenmesi ve ölçülen maksimum sıcaklıklarla karşılaştırılması

Toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi ( $C_g = 950.404 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ ) ve özgül ağırlığı

( $\rho = 2650 \text{ kg m}^{-3}$ ) değerlerini göz önüne alarak, (3) ifadesi

$$T_{maksimum} = T_0 + \frac{Q}{2650 \text{ kg m}^{-3} \cdot 950.404 \text{ J kg}^{-1} \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot x \sqrt{2 \cdot 3.1416 \cdot 2.7183}} =$$

$$= T_0 + 0.96 \cdot 10^{-7} \text{ J}^{-1} \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot \frac{Q}{x}$$

olarak, aşağıdaki biçimde sadeleştirilir:

$$T_{maksimum} = T_0 + 0.96 \cdot 10^{-7} \text{ J}^{-1} \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot \frac{Q}{x} \quad (4)$$

Örneğin, araştırma toprağının 0-20 cm katmanı için

$$T_{maksimum} = 20.3 + 0.96 \cdot 10^{-7} \text{ J}^{-1} \text{ m}^3 \text{ }^\circ\text{C}^{-1} \cdot \frac{8.219 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}}{0.2 \text{ m}} = 24.3^\circ\text{C} \text{ bulunur.}$$

Modelin girdi parametre değerleri (Çizelge 2) kullanılarak (4) ifadesine göre diğer katmanlar için hesaplanan maksimum toprak sıcaklıkları ve  $NH = \frac{|T_0 - T_H|}{|T_H|}$  (burada,  $T_0$  ve  $T_H$  sırasıyla ölçülen ve hesaplanan

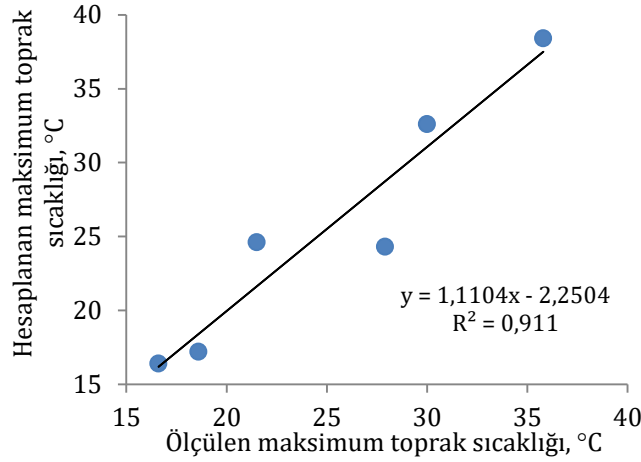
maksimum toprak sıcaklıklarıdır) ifadesine göre ölçülen ve hesaplanan maksimum toprak sıcaklıkları arasındaki nispi hata değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelge 3. Toprağın (4) ifadesine göre hesaplanan maksimum sıcaklık değerleri

Tarih	Derinlik, cm	Ortalama sıcaklık, °C	Ölçülen maksimum sıcaklık ( $T_0$ ), °C	Hesaplanan maksimum sıcaklık ( $T_H$ ), °C	Nispi hata (NH)
19.04.2005	0-20	20.3	27.9	24.3	0.148
	20-50	16.0	18.6	17.2	0.081
05.05.2005	0-20	24.0	30.0	32.6	0.080
	20-50	14.8	16.6	16.4	0.012
14.06.2005	0-20	30.1	35.8	38.4	0.068
	20-50	19.6	21.5	24.6	0.126

Ölçülen ve hesaplanan maksimum toprak sıcaklıkları arasındaki nispi hata değerleri 0.012-0.148 aralığında değişmektedir. Ortalama nispi hata değeri ise 0.086 olarak saptanmıştır. Toprak yüzeyinde toprak sıcaklığının tamponlanmasında etkili olan nem, organik madde, gözeneklilik vb. bazı toprak özelliklerindeki değişimlerin farklılık göstermesi, yani alt katmanlara göre daha heterojen bir yapıda olması; ısınma ve soğuma olaylarının yüzey katmanında gerçekleşmesi nedeniyle bu katmandaki sıcaklık değerleri daha geniş aralıkta değişmekte, dolayısıyla nispi hatanın yüksek olmasına neden olmaktadır. Toprak sıcaklığının farklı yöntemlerle modellenmesi ve bazı ısıl parametrelerin belirlenmesine ait literatür kaynaklarında ([Mihalakakou, 2002](#); [Kisi ve ark., 2017](#); [Chen ve ark., 2018](#); [Wan ve ark., 2021](#); [Du ve ark., 2022](#)) nispi hata değerleri %(-14.5) ile %22.0 arasında saptanmıştır. Ölçülen ( $T_0$ ) ve hesaplanan ( $T_H$ ) maksimum toprak sıcaklık değerleri arasındaki ilişki yüksek ( $R^2=0.911$ ) olarak belirlenmiştir (Şekil 1). Toprak sıcaklığı ve

onun mekansal ve zamansal değişimi; toprak özelliklerinin değişimi, tohum çimlenmesi, kök gelişimi, buharlaşma, suyun depolanması ve hareketi, besin döngüsü vb. toprakta meydana gelen birçok dinamik süreçlerin kapsamını ve yönünü doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir (Qian ve ark, 2011; Citakoglu, 2017; Mehdizadeh ve ark., 2018). Bu nedenle, farklı toprak derinliklerinde sıcaklığın tahmin edilmesine imkan sağlayan modellerin belirlenmesi, tarımsal araştırmalar bakımından önemlidir (Shamshirband ve ark., 2020).



Şekil 1. Ölçülen maksimum toprak sıcaklık değerleri ( $T_0$ ) ile (3) ifadesinden hesaplanan maksimum toprak sıcaklık değerleri ( $T_H$ ) arasındaki ilişki

## Sonuç

Maksimum toprak sıcaklığının modellenmesinde toprağın ısı iletkenlik denkleminin, toprak katmanlarında sıcaklık değişimi sonucunda oluşan ve birim alandan geçen ısı miktarına bağlı olan özel çözümü kullanılmıştır. Fonksiyonun eksterm noktalarının belirlenmesi kuralına dayanarak, maksimum toprak sıcaklığının analitik ifadesi belirlenmiştir. Maksimum toprak sıcaklığının tahmininde, toprak derinliğindeki ortalama sıcaklığın etkileyici faktör olduğu gözükülmektedir. Maksimum toprak sıcaklığı, birim alandan geçen ısı miktarının artışıyla artarken; toprağın katı kısmının özgül ısı kapasitesi ve toprak derinliğindeki artışla azalmaktadır. Toprağın organik madde miktarı özgül ısı kapasitesini etkilediğinden, maksimum toprak sıcaklığının da değişimine neden olmaktadır. Maksimum toprak sıcaklığının tahmin edilmesinde kullanılan bu modelin performansının daha da yükseltilmesi, girdi parametrelerinin detaylı olarak belirlenmesine bağlı olup, bu parametrelerin farklı toprak ve iklim koşullarında değerlendirilmesi gerekir.

**EK:**  $\left. \frac{\partial^2 T}{\partial t^2} \right|_{t=\frac{x^2}{2a}} < 0$  koşulunun detaylı açıklaması

(3) ifadesine göre,

$$\begin{aligned} \frac{\partial T}{\partial t} &= \frac{\partial}{\partial t} \left( T_0 + \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} \frac{1}{\sqrt{t}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \right) = \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{1}{\sqrt{t}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \right) = \\ &= \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \left( \frac{x^2}{4at^2 \sqrt{t}} - \frac{1}{2t\sqrt{t}} \right) \end{aligned} \quad (\text{E1) elde edilir.}$$

(E1) ifadesinden ise

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} = \frac{\partial}{\partial t} \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right) = \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} \frac{\partial}{\partial t} \left[ e^{-\frac{x^2}{4at}} \left( \frac{x^2}{4at^2 \sqrt{t}} - \frac{1}{2t\sqrt{t}} \right) \right] =$$

$$= \frac{Q}{2\rho C_g \sqrt{\pi a}} e^{-\frac{x^2}{4at}} \left( \frac{x^4 + 12a^2 t^2 - 12atx^2}{16a^2 t^4 \sqrt{t}} \right) \quad (E2) \text{ bulunur.}$$

$t = \frac{x^2}{2a}$  olduğunda,

$$\frac{\partial^2 T}{\partial t^2} \Big|_{t=\frac{x^2}{2a}} = -\frac{\sqrt{2} Q a^2}{\rho C_g \sqrt{\pi} e x^5} < 0 \quad (E3) \text{ olarak belirlenmektedir.}$$

## Kaynaklar

- Abu-Hamdeh NH, Reeder RC, 2000. Soil thermal conductivity effects of density, moisture, salt concentration, and organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 64: 1285-1290.
- Antonopoulos VZ, 2006). Water movement and heat transfer simulations in a soil under ryegrass. *Biosystems Engineering*, 95 (1): 127-138.
- Bilgili M, 2010. Prediction of soil temperature using regression and artificial neural network models. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 110: 59-70.
- Brys K, Brys T, Sayegh MA, Ojrzynska H, 2020. Characteristics of heat fluxes in subsurface shallow depth soil layer as a renewable thermal source for ground coupled heat pump. *Renewable Energy*, 146: 1846-1866.
- Chen H, Chu S, Luan D, Li Q, Zhang L, Zhai H, 2018. Performance study on heat and moisture transfer in soil heat charging. *International Journal of Sustainable Energy*, 37(7): 669-683.
- Chen N, Li X, Simůnek J, Shi H, Hu Q, Zhang Y, 2021. Evaluating the effects of biodegradable and plastic film mulching on soil temperature in a drip-irrigated field. *Soil & Tillage Research*, 213: 105116.
- Chung SO, Horton R, 1987. Soil heat and water flow with a partial surface mulch. *Water Resources Research*, 23(12): 2175-2186.
- Citakoglu H, 2017. Comparison of artificial intelligence techniques for prediction of soil temperatures in Turkey. *Theoretical and Applied Climatology*, 130(1-2): 545-556.
- Deguchi S, Kawamoto H, Tanaka O, Fushimi A, Uozumi S, 2009. Compost application increases the soil temperature on bare Andosol in a cool climate region. *Soil Science and Plant Nutrition*, 55(6): 778-782.
- Du Y, Li R, Wu T, Yang C, Zhao L, Hu G, Xiao Y, Yang S, Ni J, Ma J, Shi J, Qiao Y, 2022. A new model for predicting soil thermal conductivity for dry soils. *International Journal of Thermal Sciences*, 176: 107487.
- Ekberli I, 2006. Determination of initial unconditional solution of heat conductivity equation for evaluation of temperature variance in finite soil layer. *Journal of Applied Sciences*, 6(7): 1520-1526.
- Ekberli İ, Dengiz O, Gülser C, Özdemir N, 2016. Benzerlik teorisinin toprak sıcaklığına uygulanabilirliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4 (2): 63-68.
- Ekberli İ, Gülser C, 2015. İki boyutlu ısı iletkenliği denkleminin bağılı olarak toprak sıcaklığının matematiksel modellenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3): 287-291.
- Ekberli İ, Gülser C, 2020. Toprak sıcaklığının ısı miktarına bağılı olarak değişiminin matematiksel modellenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(2): 229-240.
- Ekberli İ, Gülser C, Dengiz O, 2021. Aluviyal depositler üzerinde oluşmuş genç ve gelişmekte olan toprakların ısı akışı ve ısı miktarının incelenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 10(1): 1-12.
- Ekberli İ, Gülser C, Dengiz O, 2021. Toprağın zamana bağılı olmayan bir boyutlu ısı iletkenliğinin incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 36(2): 212-220.
- Ekberli İ, Gülser C, Mamedov A, 2015. Toprakta bir boyutlu ısı iletkenlik denkleminin incelenmesinde benzerlik teorisinin uygulanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(2): 69-79.
- Ekberli İ, Gülser C, Özdemir N, 2017. Farklı toprak derinliklerindeki sıcaklığın tahmininde parabolik fonksiyonun kullanımı. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 5 (1): 34- 38.
- Evelt SR, Agam N, Kustas WK, Colaizzi PD, Schwartz, RC, 2012. Soil profile method for soil thermal diffusivity, conductivity and heat flux: Comparison to soil heat flux plates. *Advances in Water Resources*, 50: 41-54.
- Gao Z, Bian L, Hu Y, Wang L, Fan J, 2007. Determination of soil temperature in an arid region. *Journal of Arid Environments*, 71: 157-168.
- Ghauman BS, Lal R, 1985. Thermal conductivity, thermal diffusivity, and thermal capacity of soil Nigerian soils. *Soil Science*, 139: 74-80.
- Graham EA, Lam Y, Yuen EM, 2010. Forest understory soil temperatures and heat flux calculated using a Fourier model and scaled using a digital camera. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 640-649.

- Gülser C, Ekberli I, 2004. A Comparison of estimated and measured diurnal soil temperature through a clay soil depth. *Journal of Applied Science*, 4(3): 418-423.
- Gülser C, Ekberli İ, 2019. Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.
- Gülser C, Ekberli İ, Mamedov A, 2019. Toprak sıcaklığının yüzey ısı akışına bağlı olarak değişimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(1): 1-9.
- Gülser C, Ekberli İ, Mamedov A, Özdemir N, 2018. Faz değişimine bağlı olarak ısı iletkenliği denkleminin incelenmesi ve toprak neminin ısısal yayınıma etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(3): 261-269.
- Heitman, JL, Horton R, Ren T, Nassar IN, Davis DD, 2008. A test of coupled soil heat and water transfer prediction under transient boundary temperatures. *Soil Science Society of America Journal*, 72: 1197-1207.
- Heitman JL, Horton, R, Sauer TJ, Ren TS, Xiao X, 2010. Latent heat in soil heat flux measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150: 1147-1153.
- Jananee B, Thangam V, Rajalakshmi A, 2021. Investigation of soils by thermal and spectroscopic analysis. *Chemical Engineering Communications*, 208(6): 812-821.
- Ju Z, Hu C, 2018. Experimental warming alters soil hydrothermal properties and heat flux in a winter wheat field. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 64(5): 718-730.
- Kara F, Cemek B, 2019. Orta Karadeniz Bölgesi illerine ait toprak sıcaklıklarının yapay sinir ağları yöntemi ile tahmin edilmesi. *Derim*, 36(2): 192-198.
- Karhu K, Fritze H, Tuomi M, Vanhala P, Spetz P, Kitunen V, Liski J, 2010. Temperature sensitivity of organic matter decomposition in two boreal forest soil profiles. *Soil Biology and Biochemistry*, 42: 72-82.
- Kassaye KT, Boulange J, Tu LH, Saito H, Watanabe H, 2021. Soil water content and soil temperature modeling in a vadose zone of Andosol under temperate monsoon climate. *Geoderma*, 384: 114797.
- Kisi O, Sanikhani H, Cobaner M, 2017. Soil temperature modeling at different depths using neuro-fuzzy, neural network, and genetic programming techniques. *Theoretical and Applied Climatology*, 129: 833-848.
- Lettau HH, 1954. Improved models of thermal diffusion in the soil. *Transactions of the American Geophysical Union*, 35(1): 121-132.
- Li Y, Chai S, Chai Y, Li R, Lan X, Ma J, Cheng H, Chang L, 2021. Effects of mulching on soil temperature and yield of winter wheat in the semiarid rainfed area. *Field Crops Research*, 271: 108244.
- Liu Z, Xu, J, Li, X, Wang J, 2018. Mechanisms of biochar effects on thermal properties of red soil in South China. *Geoderma*, 323: 41-54.
- Lu S, Ju Z, Ren T, Horton R, 2009. A general approach to estimate soil water content from thermal inertia. *Agricultural and Forest Meteorology*, 149: 1693-1698.
- Lu S, Ren T, Horton R, 2020. Estimating the components of apparent thermal conductivity of soils at various water contents and temperatures. *Geoderma*, 376: 114530.
- Luikov AV, 1967. Theory of thermal conductivity (in Russian). *Vyshshaya Shkola Press, Moscow*, pp. 45-69.
- Maryanaji Z, Merrikhpour H., Abbasi H., 2017. Predicting soil temperature by applying atmosphere general circulation data in west Iran. *Journal of Water and Climate Change*, 8 (2): 203-218.
- Maslov MN, Maslova OA, 2022. Soil nitrogen mineralization and its sensitivity to temperature and moisture in temperate peatlands under different land-use management practices. *Catena*, 210: 105922.
- Mehdizadeh M, Behmanesh J, Khalili K, 2018. Comprehensive modeling of monthly mean soil temperature using multivariate adaptive regression splines and support vector machine. *Theoretical and Applied Climatology*, 133(3-4): 911-924.
- Mellander PE, Bishop K, Lundmark T, 2004. The influence of soil temperature on transpiration: a plot scale manipulation in a young scots pine stand. *Forest Ecology and Management*, 195: 15-28.
- Mihalakakou G, 2002. On estimating soil surface temperature profiles. *Energy and Buildings*, 34: 215-259.
- Mondal, S, Singh DN, Tang AM, Pereira JM, 2022. A finite difference model for undefined end boundary to analyse the heat transfer in dry sands. *International Journal of Geotechnical Engineering*, 16(2): 256-262.
- Ochsner TE, Horton R, Ren T, 2001. A new perspective on soil thermal properties. *Soil Science Society of America Journal*, 65: 1641-1647.
- Ozturk M, Salman O, Koc M, 2011. Artificial neural network model for estimating the soil temperature. *Canadian Journal of Soil Science*, 91: 551-562.
- Passerat de Silans, A.M.B., Monteny, B.A., Lhomme, J.P. (1996). Apparent soil thermal diffusivity, a case study: HAPEX-Sahel experiment. *Agricultural and Forest Meteorology*, 81, 201-216.
- Plauborg F, 2002. Simple model for 10 cm soil temperature in different soils with short grass. *European Journal of Agronomy*, 17: 173-179.
- Qi J, Zhang X, Cosh MH, 2019. Modeling soil temperature in a temperate region: A comparison between empirical and physically based methods in SWAT. *Ecological Engineering*, 129: 134-143.
- Qian B, Gregorich EG, Gameda S, Hopkins DW, Wang XL, 2011. Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. *Journal of Geophysical Research*, 116(D2): 1-16.
- Ren T, Ochsner TE, Horton R, Ju Z, 2003. Heat-pulse method for soil water content measurement: Influence of the specific heat of the soil solids. *Soil Science Society of America Journal*, 67(6): 1631-1634.

- Ruiz-Machuca LM, Ibarra-Jiménez L, Valdez-Aguilar LA, Robledo-Torres V, Benavides-Mendoza A, Cabrera-De La Fuente M, 2015. Cultivation of potato – use of plastic mulch and row covers on soil temperature, growth, nutrient status, and yield, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science*, 65(1): 30-35.
- Salau AW, Olasantan FO, Bodunde JG, Makinde EA, 2015. Soil temperature and moisture content changes with growth and yield of cassava/vegetable intercrops. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 61(4): 447-460.
- Samanta S, Guha A, 2012. A similarity theory for natural convection from a horizontal plate for prescribed heat flux or wall temperature. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 55: 3857-3868.
- Savva Y, Szlavecz K, Pouyat RV, Groffman PM, Heisler G, 2010. Effects of land use and vegetation cover on soil temperature in an urban ecosystem. *Soil Science Society of America Journal*, 74 (2): 469-480.
- Shamshirband S, Esmailbeiki F, Zarehaghi D, Neyshabouri M, Samadianfard S, Ghorbani MA, Amir Mosavi A, Nabipour N, Chau KW, 2020. Comparative analysis of hybrid models of firefly optimization algorithm with support vector machines and multilayer perceptron for predicting soil temperature at different depths. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, 14(1): 939-953.
- Shiwei G, Tao Z, Jixun G, 2019. Warming and nitrogen addition change the soil and soil microbial biomass C:N: P stoichiometry of a meadow steppe. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 16(15): 2705.
- Sterling, A.T. and R.D. Jackson, 1986. Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No. 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Turcotte DL, Schubert G, 1985. *Geodynamics. Applications of continuum physics to geological problems (Volume 1)*. Mir Press, Moscow (in Russian), 376 p.
- Usovich B, Lipiec J, Usovich JB, Marczewski W, 2013. Effects of aggregate size on soil thermal conductivity: comparison of measured and model-predicted data. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 57: 536-541.
- Wan X, Zhong C, Mohamed HS, Qiu E, Qu M, Nkiegaing FJ, 2021. Study on the thermal conductivity model of sodium sulfate soils. *Experimental Heat Transfer*, 34(3): 217-239.
- Wu SH, Jansson PE, Kolari P, 2012. The role of air and soil temperature in the seasonality of photosynthesis and transpiration in a boreal Scots pine ecosystem. *Agricultural and Forest Meteorology*, 156: 85-103.
- Xiao X, Horton R, Sauer TJ, Heitman JL, Ren T, 2011. Cumulative soil water evaporation as a function of depth and time. *Vadose Zone Journal*, 10: 1016-1022.
- Xu G, Li Y, Deng H, Li H, Yu X, 2015. The application of similarity theory for heat transfer investigation in rotational internal cooling channel. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 85: 98-109.
- Xu X, Luo Y, Zhou, J, 2012. Carbon quality and the temperature sensitivity of soil organic carbon decomposition in a tallgrass prairie. *Soil Biology and Biochemistry*, 50: 142-148.
- Yadav B, Krishnan P, Shafeeq PM, Parihar CM, Aggarwal P, 2020. Modelling soil thermal regime in wheat using HYDRUS-2D under diversified maize-wheat-mungbean cropping system. *Catena*, 194: 104765.
- Zhang T, Huang J-C, Lei Q, Liang X, Lindsey S, Luo J, Zhu A-X, Bao W, Liu H, 2022. Empirical estimation of soil temperature and its controlling factors in Australia: Implication for interaction between geographic setting and air temperature. *Catena*, 208: 105696.

## TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ YAZIM KURALLARI

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

### Makale gönderilmesi

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

### “Telif Hakkı Devir Sözleşmesi” formu

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

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

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

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

### Başlık sayfası

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

### Ana metin

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

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

### **Giriş**

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

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

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

### **Bulgular ve Tartışma**

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

### **Teşekkür**

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

### **Kaynaklar**

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

### **Dergiden,**

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

### **Kongre veya sempozyumdan,**

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

### **Tezden,**

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

**Kitaptan,**

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

**Elektronik materyalden**

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

**Şekil ve Çizelgeler**

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

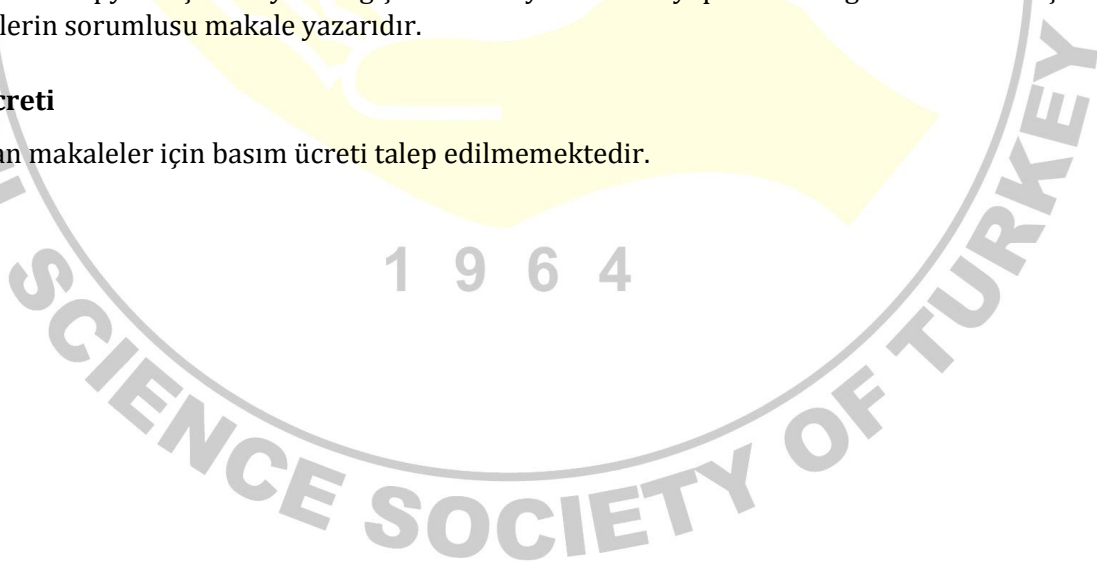
**Kabul Sonrası**

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

**Basım Ücreti**

Yayınlanan makaleler için basım ücreti talep edilmemektedir.

1 9 6 4







# TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME DERGİSİ

www.toprak.org.tr



## TELİF HAKKI DEVİR SÖZLEŞMESİ \*

Makale Başlığı :

Yazarlar ve tam isimleri :

Yayıncıdan sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Adresi :

Telefon :

Cep Telefonu :

Faks :

E-posta:

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

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

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

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

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

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

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

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

Sorumlu yazarın

Adı - Soyadı :

Tarih :

İmza:

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