

TOPRAK SU DERGİSİ

SOIL WATER JOURNAL

ISSN: 2146-7072
E-ISSN: 2148-5534

CİLT
VOLUME **10**

SAYI
NUMBER **1**

2021



TUBİTAK-ULAKBİM Yaşam Bilimleri Veri Tabanı (Tarım Bilimleri)
Tarafından taranmaktadır.

Indexed by TUBİTAK-ULAKBİM Agricultural Sciences
Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik Tarafından
Yayımlanmaktadır.

Published by TUBİTAK-ULAKBİM Turkish JournalPark
Academic Database.



TUBİTAK-ULAKBİM DergiPark Akademik EBSCO Tarafından
taranmaktadır.

Indexed by Turkish JournalPark Academic EBSCO Database.

TOPRAK SU DERGİSİ

SOIL WATER JOURNAL

Yayın Sahibinin Adı / Published by
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Adına
Enstitü Müdürü

On behalf of the Central Research Institute of Soil Fertilizer and Water Resources
Director of Institute
Mehmet KEÇECİ

Editör / Editör-in-Chief
Mesut YILDIRIR

Yayın Kurulu / Editorial Board
Emre Can KAYA, Ayşe Özge SAVAŞ, Eser BORA, Doğan CAN MUTLUM, Fulya GÜZELKÜÇÜK

Sorumlu Yazı İşleri Müdürü / Managing Editor
Aynur DİLSİZ

Yayın Türü : Yaygın Süreli Yayın
Type of Publication: Widely Distributed Periodical

Yayın Dili : Türkçe ve İngilizce
Language: Turkish and English

Hakemli bir dergidir
Peer reviewed journal

Yılda iki kez yayınlanır
Published two times a year

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

Kapak Tasarım : Hüseyin Oğuzhan BEŞEN
Grafik Tasarım : Filiz ERYILMAZ

Basım Tarihi (Gün/Ay/Yıl)/Yeri: 29 Mart 2021 Tarım ve Orman Bakanlığı - Eğitim ve Yayım Dairesi
Başkanlığı İvedik Caddesi Bankacılar Sokak No: 10 Yenimahalle, Ankara Türkiye

Yayın İdare Merkezi Adresi (Postal Addresses) : Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.
İstanbul Yolu Üzeri, No : 32, 06170, Yenimahalle, Ankara - TÜRKİYE.

Yayın İdare Merkezi Tel : (+90 312) 315 65 60 **Belgegeçer / Fax :** (+90 312) 315 29 31

E-posta / E-mail : editor@topraksudergisi.gov.tr

Dergi Web Sayfası / Journal Home Page : <http://www.topraksudergisi.gov.tr>

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

CİLT 10
Volume

2021

SAYI 1
Number

ISSN : 2146-7072
E-ISSN : 2148-5534

DANIŞMA KURULU* (Advisory Board)*

Sevinç ARCAK-Ankara Üniversitesi
Tayfun AŞKIN-Ordu Üniversitesi
Melahat AVCI-Ankara Üniversitesi
Köksal AYDINŞAKIR-Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü
Ihami BAYRAMİN-Ankara Üniversitesi
Recep ÇAKIR-Onsekiz Mart Üniversitesi
İsmail ÇAKMAK-Sabancı Üniversitesi
Gökhan ÇAYCI-Ankara Üniversitesi
Öner ÇETİN-Dicle Üniversitesi
Orhan DENGİZ-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Hatice DUMANOĞLU-Ankara Üniversitesi
Günay ERPUL-Ankara Üniversitesi
Fikret EYÜPOĞLU-Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Emekli)
Sait GEZGİN-Selçuk Üniversitesi
Coşkun GÜLSER- Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Aydın GÜNEŞ-Ankara Üniversitesi
İbrahim GÜRER-Yakın Doğu Üniversitesi
Sema KALE ÇELİK-Süleyman Demirel Üniversitesi
Rıza KANBER-Çukurova Üniversitesi (Emekli)
Mehmet Rüştü KARAMAN- Ankara Yüksek İhtisas Üniversitesi Kurucu Rektörü
Vahap KATKAT-Uludağ Üniversitesi (Emekli)
Şeref KILIÇ-Ardahan Üniversitesi
Rıdvan KIZILKAYA-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Süleyman KODAL-Ankara Üniversitesi
Eyüp Selim KÖKSAL-Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Yusuf KURUCU-Ege Üniversitesi
Ahmet MERMUT-Harran Üniversitesi (Emekli)
Ayten NAMLI-Ankara Üniversitesi
Nejat ÖZEN-Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü
Taşkın ÖZTAŞ-Atatürk Üniversitesi
Osman SÖNMEZ-Harran Üniversitesi
Süleyman TABAN-Ankara Üniversitesi
Bülent TOPÇUOĞLU-Akdeniz Üniversitesi
Metin TURAN-Yeditepe Üniversitesi
Önder TÜRKMEN-Selçuk Üniversitesi
Sadık USTA-Ankara Üniversitesi
İlhami ÜNVER-Ankara Üniversitesi (Emekli)
Ruhsar YANMAZ-Ankara Üniversitesi
Engin YURTSEVEN-Ankara Üniversitesi

*Bilim danışmanları soyadına göre dizilmiştir.

Soil Water Journal
toprak su.
dergisi

İÇİNDEKİLER (Contents)

Araştırma Makaleleri (Research Articles)

1- Aluviyal Depositler Üzerinde Oluşmuş Genç ve Gelişmekte Olan Toprakların Isı Akışı ve Isı Miktarının İncelenmesi

An Investigation on Heat Flow and Quantity of Heat Young and Developing Soils formed on Alluvial Deposit

İmanverdi EKBERLİ, Coşkun GÜLSER, Orhan DENGİZ..... 1-12

2- Elma Tarım Alanlarında Yüzeysel Toprakların Sınırlanmış Su Aralığının Belirlenmesi

Evaluation of Least Limiting Water Range of Surface Soils in Apple Agricultural Areas

Pelin ALABOZ, Sinan DEMİR, Ahmet Ali İŞILDAR, Levent BAŞAYIĞIT 13-22

3- Fındık Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi

Determination of Some Physical and Chemical Properties and Fertility Capacity of Soils under Hazelnut Cultivation

Özlem ETE AYDEMİR, Mehmet AKGÜN, Faruk ÖZKUTLU..... 23-34

4- Çukurova Bölgesinde Farklı Damla Sulama Yöntemleriyle Yetiştirilen Kinoa Bitkisinin Sulama ve Ekonomik Açından Değerlendirilmesi

Irrigation and Economic Evaluation of Quinoa Plant Grown by Different Drip Irrigation Methods in Çukurova Region

Yeşim BOZKURT ÇOLAK, Attila YAZAR, Engin GÖNEN 35-42

5- Büyük Menderes Havzasında Bazı Hidroklimatolojik Değişkenlerin Eğilim Analizi

Trend Analysis of Some Hydroclimatological Variables in Büyük Menderes Basin

Ödül ÖZTÜRK, İlknur CEBECİ 43-50

6- Hasat Öncesi Sulamayı Sonlandırma Zamanının Damla Yöntemiyle Sulanan Salçalık Domatesin Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi

The Effect of Cutting Time of Irrigation before Harvest on Yield and Quality of Processing Tomatoes Irrigated by Drip Method

Mehmetcan AŞIK, Hayrettin KUŞÇU 51-59

- 7- Organik Materyal Kullanımının Alkali Bir Toprağın Bazı Islah Göstergeleri Üzerine Etkisi**
Effect of Organic Material Usage on Some Reclamation Parameters of an Alkali Soil
Barış GÖKOĞLU, Gökhan ÇAYCI..... 60-67
- 8- Toprakların Isısal Özellikleri ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasında Regresyon Modellerin Belirlenmesi**
Determination of Regression Models Between Thermal Properties of Soils and Some Physical and Chemical Properties
İmanverdi EKBERLİ, Coşkun GÜLSER, Orhan DENGİZ..... 68-77
- 9- Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0**
Use of Digital Technologies in Turkish Agriculture and Agriculture-Food Chain Agriculture 4.0
Bekir PAKDEMİRLİ, Nevzat BİRİŞİK, İhsan ASLAN, Bülent SÖNMEZ, Mustafa GEZİCİ..... 78-87

Aluviyal Depositler Üzerinde Oluşmuş Genç ve Gelişmekte Olan Toprakların Isı Akışı ve Isı Miktarının İncelenmesi

İmanverdi EKBERLİ^{1,*}Coşkun GÜLSER¹Orhan DENGİZ¹¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun/Türkiye

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): iman@omu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 13.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 08.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.768878

Öz

Toprak horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı, çeşitli toprak ordolarının pedogenik süreçlerine, toprakta biriken potansiyel enerji değişimine, enerji bilançosunun oluşumuna, diğer faktörlerle beraber önemli düzeyde etki yapan temel termo-fiziksel parametrelerdendir. Bu araştırmanın amacı, yarı humid ekolojik koşullar altında ve aluviyal depositler üzerinde oluşmuş genç (Entisol) ve gelişmekte olan (Inceptisol) toprakların profillerinde ölçülen sıcaklık değerlerine bağlı olarak, ısı akışının ve ısı miktarının belirlenmesidir. Inceptisol toprakların genetik horizon gelişimine bağlı olarak Entisol topraklarla karşılaştırıldığında, ısı akışı ve ısı miktarının daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Inceptisol ordosuna ait Vertic Haplustept ve Typic Haplustept toprak profillerinde ısı akışı ve ısı miktarı sırasıyla 13.221-50.035 watt m⁻² ve 2.285·10⁶-8.646·10⁶ J m⁻²; 7.757-29.284 watt m⁻² ve 1.340·10⁶-5.060·10⁶ J m⁻² aralıklarında değişmektedir. Entisol ordusunun ait topraklarda (Typic Ustifluent, Mollic Ustifluent-1, Mollic Ustifluent-2) ise ısı akışının 8.958-34.300 watt m⁻², ısı miktarının 1.548·10⁶-5.927·10⁶ J m⁻² aralığında değiştiği tespit edilmiştir. Ayrıca, her iki ordoya ait topraklarda derinlik artışına bağlı olarak ısı akışı ve ısı miktarı azalmıştır. Meydana gelen bu değişimin, ordolara ait horizonlardaki kil, ve organik madde miktarları ile toprakların hacim ağırlıklarındaki farklılıkların ısı akışı ve ısı miktarı üzerinde önemli düzeyde etkilemesinden ileri geldiği düşünülmektedir. Ayrıca, herhangi zaman aralığında sıcaklık farkının değişimi; hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım ve ısı iletkenliği arasındaki karşılıklı etkileşim horizonlardaki ısı akışı ve ısı miktarını önemli düzeyde etkilemektedir.

Anahtar Kelimeler: Inceptisol ve Entisol topraklar, ısı akışı, ısı iletkenliği, ısı miktarı, ısısal yayılım, toprak sıcaklığı

An Investigation on Heat Flow and Quantity of Heat Young and Developing Soils formed on Alluvial Deposit

Abstract

The heat flow and quantity, which are the basic thermo-physical parameters, impact pedogenic processes of different soil types, energy potential changes accumulated in soil and formation of energy balance, along with other factors. This study aims to determine thermal conductivity and quantity of heat depending upon temperature values within profiles of newly formed (entisol) and currently developing (inceptisol) soils on alluvial deposits under semihumid ecological conditions. It has been determined that thermal conductivity and amount of heat within inceptisol soil depending upon its genetic horizon development are higher than that in entisol soils. The heat flow and heat amount in horizons of Vertic Haplustept and Typic Haplustept soils, which belong to inceptisol soil type, varied within 13.221-50.035 watt m⁻², 2.285·10⁶-8.646·10⁶ J m⁻² and 7.757-29.284 watt m⁻², 1.340·10⁶-5.060·10⁶ J m⁻² intervals, respectively. Also, the heat flow in entisol soils (Typic Ustifluent, Mollic Ustifluent-1, Mollic Ustifluent-2) varied between 8.958 watt m⁻² and 34.300 watt m⁻² interval, while amount of heat values within those soils varied between 1.548·10⁶ J m⁻² and 5.927·10⁶ J m⁻² interval. Also, heat flow and heat amount in both soils types reduced as the soil

depth increased. The above mentioned variances was thought to be occurred due to differences between quantity of clay, organic matter in horizons of those soils and particle density, which have significant impact on thermal conductivity and heat amount. Besides, mutual interferences between variances in temperature difference in certain time period, dimensional heat preservation capacity, thermal diffusion and thermal conductivity significantly affect heat flow and heat amount.

Keywords: Inceptisol and Entisol soils, heat flow, heat quantity, thermal diffusion, thermal conductivity, soil temperature

GİRİŞ

Toprak sıcaklığı, toprakların bulunduğu ekolojik şartlar altındaki oluşum süreçlerinde meydana gelen fiziksel, kimyasal, biyolojik, morfolojik özelliklere ve bitki gelişimine etki yapan bağımsız bir faktördür. Toprak sıcaklık alanının değişimi ise toprağın temel ısıl özelliklerine (ısıl yayılım, ısı, iletkenliği, ısı akışı, ısı miktarı vb.) bağlıdır. Toprak sıcaklığı ve ısıl parametreler, toprak özellikleriyle farklı ilişkilere sahip olmaktadır. Orta Karadeniz bölgesi gibi yarı humid ekolojik koşullar altında çeşitli toprakların oluşumuna da, diğer faktörlerle beraber toprak sıcaklığı, dolayısıyla ısı akışı ve ısı miktarı önemli düzeyde etki yapmaktadır. Coşkan vd. (2017) toprak sıcaklığının toprağın birçok özelliklerinden etkilenmesiyle beraber, toprağın havaya oranla daha geç ısındığı ve soğuduğu, bu ısınma-soğuma sürecine başta toprağın rengi ve nem içeriğinin etkili olduğunu ifade etmişlerdir. Toprak sıcaklığı çeşitli toprak oluşumu süreçlerinde jeo-bio-kimyasal reaksiyonlara da değişik yoğunluk ve hızda etki yapmaktadır. Toprak sıcaklığı ve nemi, toprakların oluşumlarını etkileyen temel ekolojik faktörlerden olup, ana kayanın ayrışması ve değişim hızı üzerinde etkili rolere sahiptirler.

Toprak taksonomisinde, kurak ekosistemlerde Aridisol toprakların sınıflandırılmasında Aridic toprak nem rejimi ordo seviyesinde sınıflandırmayı etkileyen bir faktör olarak ele alınırken, tundura ekosistemlerde dağılım gösteren Gelisol toprakların sınıflandırılmasında ise toprakların gerek nem gerekse sıcaklık rejimleri özel bir sınıflandırma ile değerlendirilmektedir (Başayığı ve Dinç, 2005). Tikhonravova ve Khitrov (2003), vertisol topraklarda ısıl yayılım katsayısı ile toprağın tanecik fraksiyonları, organik madde, özgül ağırlık ve gözeneklilik değerleri arasında önemli düzeyde ($R^2=0.81-0.96$ ve $P=0.95$) çoklu regresyon ilişkiler elde etmişlerdir. Lukiashchenko ve Arkhangelskaya (2018) tarafından yapılan bir araştırmada, ısı akışını ve ısı miktarını etkileyen ısıl yayılım ile bünye arasındaki ilişkinin, ısıl yayılımın hacim ve özgül ağırlık, organik karbon ile olan ilişkisi ile

karşılaştırıldığında daha etkili olduğu gösterilmiş, belirlenen ilişkilerde hata kareler ortalamasının karekökünün (HKOK) %17-38 arasında değiştiği saptanmıştır. Toprak horizonlarında sıcaklığın ve ısıl özelliklerin değerlendirilmesi ısı akışının, dolayısıyla toprakta depolanan ısı miktarının belirlenmesinde gereklidir. Topraktaki ısı akışı, ısı iletkenliğinin tek değerli fonksiyonu olup, toprak sıcaklığı ve derinliği ile ilişkilidir. Toprak sıcaklığının toprak derinliğine bağlı olarak ekspansiyonel azalmasının ve faz değişiminin, ısı iletkenliğinin, toprak sıcaklığı ve nem verilerinin değerlendirilmesine bağlı olarak, ısı akışının belirlenmesinde farklı yöntemler kullanılmaktadır (Heusinkveld vd., 2004; Gao, 2005; Heitman vd., 2010; Evett vd., 2012; Masseroni vd., 2015; Liu vd., 2017; Gülser vd., 2019). van der Tol (2012), toprak ısı akışının çıplak topraklarda veya seyrek bitki örtülü alanlarda enerji dengesinin önemli bir bileşeni olduğunu vurgulamış; ölçülen ve uzaktan algılama yöntemiyle belirlenen ısı akışı değerleri arasında uyumlu ilişki ($R=0.79$; $r^2=0.89$) saptanmıştır.

Toprak yüzeyindeki ısı akışı ve miktarı, iklim koşulları, topografya, gün içerisindeki zaman, bünye, malçlama, gübre uygulaması vb. gibi faktörlerden etkilenmektedir (van Lier ve Durigon, 2013; Al-Shammary ve Al-Sadoon, 2014; Usowicz vd., 2017; Kader vd., 2019; Al-Shammary vd., 2020). Fritschen (1998) tarafından toprağın enerji ve radyasyon bilançosu bileşenlerinin belirlenmesine ait bir araştırmada (8-25 Temmuz 1991), farklı çim örtüsü ve verimlilik düzeylerinde bulunan toprakların çim örtüsü uzaklaştırılmış ve korunmuş alanlarında toprağın ortalama yüzey ısı akışının sırasıyla -0.44 $MJ m^{-2}$ ve -0.17 $MJ m^{-2}$ olduğu belirlenmiş; yüzey ısı akışının hava koşullarına önemli düzeyde bağlı olduğu vurgulanmıştır. Toprak katmanının ısınması ve soğumasına bağlı olarak, ısı akışı yön değişmektedir. Verhoef vd., (2012) tarafından muson iklimi koşullarında yapılan bir araştırmada, toprak yüzeyinde maksimum ve minimum ısı akışının ortalama değerlerinin sırasıyla yaklaşık 200 $W m^{-2}$ ve -100 $W m^{-2}$ olduğunu; maksimum değerlerin

50 ile 250 W m^{-2} , minimum değerlerinin ise -25 ile -150 W m^{-2} arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Çıplak toprakta yüzey ısı akışı yoğunluğunun günlük ve gündüz ortalama değerleri, net radyasyonun doğrusal fonksiyonu olup, yüze yakın toprak su içeriğinin bir ölçüsü olmaktadır (Novak ve Black, 1983).

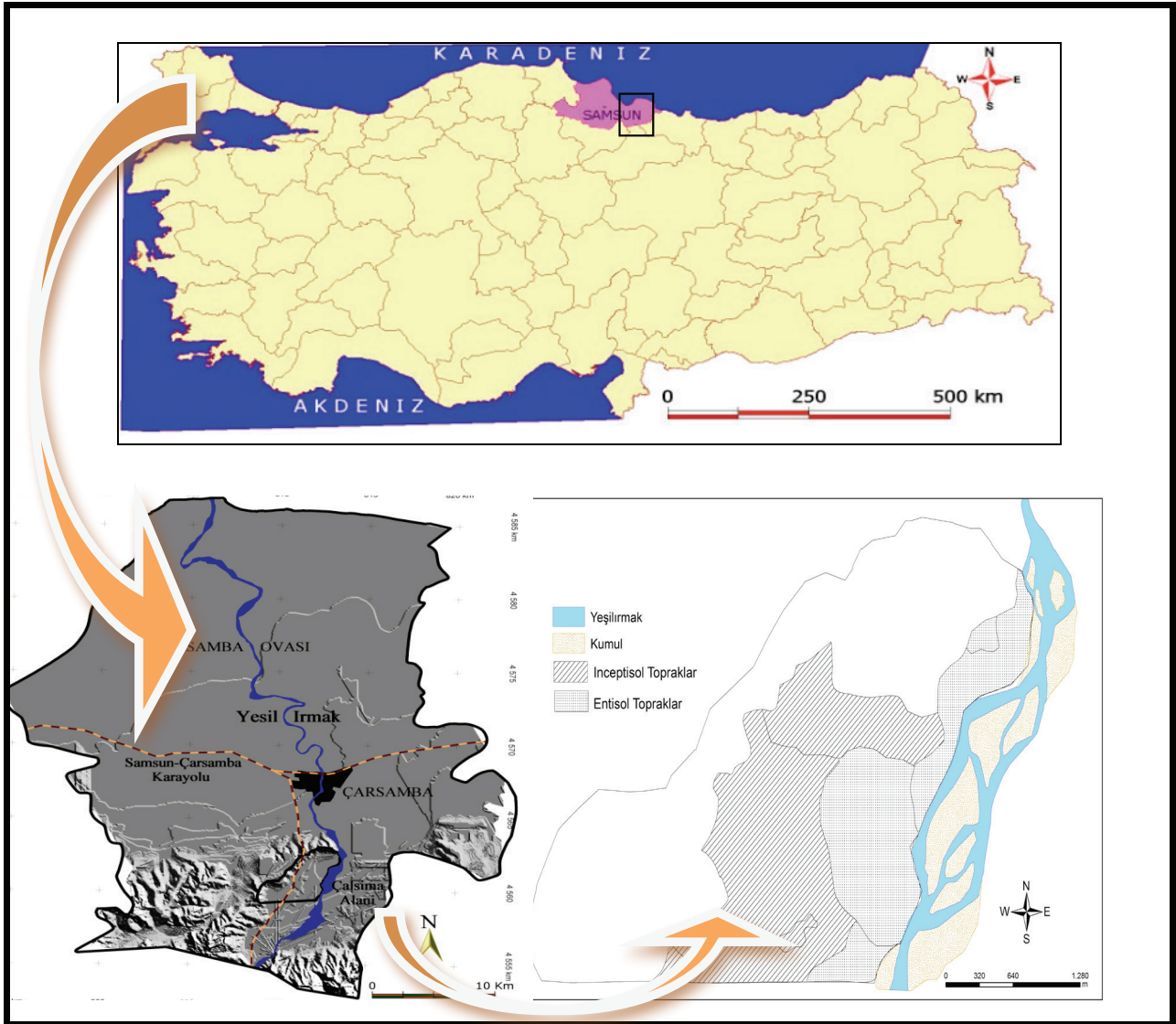
Farklı koşullarda (sulama, gübreleme, malçlama, bitki örtüsü, erozyon, donma, vb.) çeşitli toprakların ısı ve kütle taşınımının modellenmesi ve uygulanabilirliği, toprak özelliklerinin optimum düzeyde düzenlenmesi yöntemlerinin belirlenmesi vb. problemlerin çözümünde de ısı akışı parametresinin teorik ve deneysel olarak değerlendirilmesi önemlidir (Greenland, 1969; Ji vd., 2009; Guan vd., 2010; Ağam vd., 2012; Beardsmore vd., 2017; Ju ve Hu, 2018; Iden vd.,

2019; Bonachela vd., 2020; Wen vd., 2020). Topraktaki ısı akışı, aynı zamanda toprakların temel özellikleri esas alınarak yapılan morfolojik sınıflandırılmasında, özellikle alt ordo, büyük grup ve aile düzeyindeki kategorik ayrımların gerçekleştirilmesinde kullanılan temel bir faktördür. Bu çalışmanın amacı, yarı humid ekolojik koşullar altında ve aluviyal depositler üzerinde oluşmuş genç (Entisol) ve gelişmekte olan (Inceptisol) topraklarda deneysel olarak ölçülen sıcaklık değerlerine bağlı olarak bazı ısıl parametrelerinin yanı sıra ısı akışı ve ısı miktarının incelenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma alanının genel özellikleri

Toprak sıcaklığı ölçümleri Samsun'un Çarşamba ilçesine bağlı Sefalı, Bölmepınar ve Yenikişla



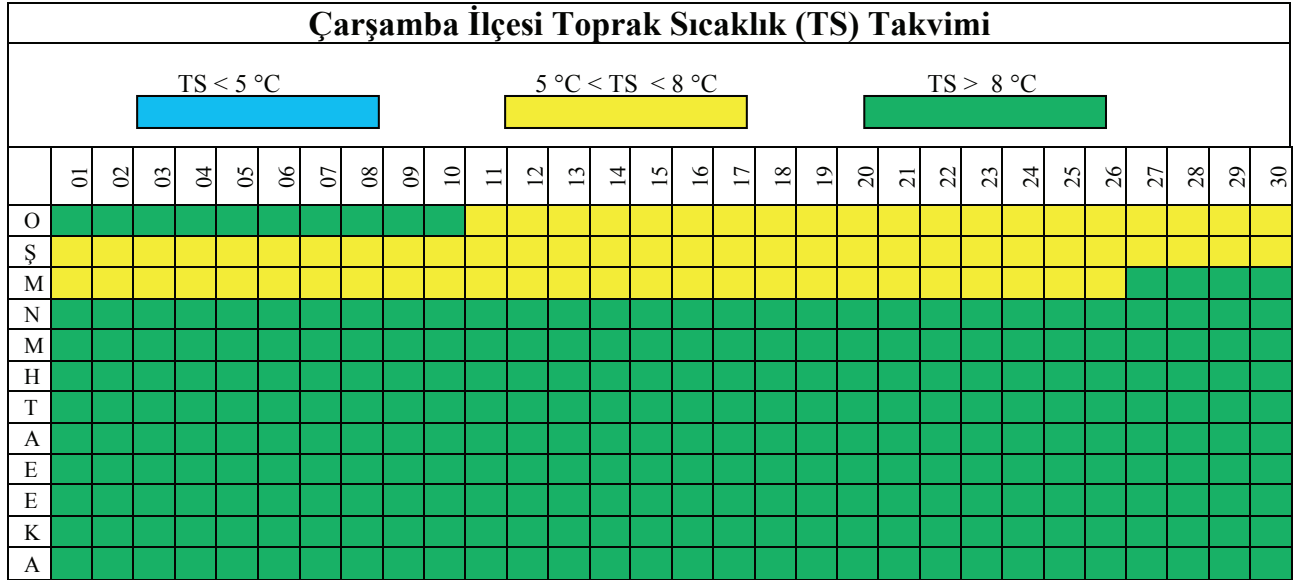
Şekil 1. Çalışma alanına ait lokasyon haritası (Dengiz ve Efendiler, 2016).
Figure 1. Location map of the study area (Dengiz and Efendiler, 2016).

köylerinin yer aldığı ve Yeşilirmak nehrinin getirmiş olduğu alüvyal depositler üzerinde oluşmuş Entisol ve Inceptisol topraklarda yerleşen; Çarşamba ilçesine yaklaşık 5 km ve Samsun iline ise 44 km mesafede bulunmakta olan çalışma alanında yapılmıştır (Dengiz ve Efendiler, 2016). Entisol ve Inceptisol toprakların toplam alanı 492.9 ha olup, 305500-311000 m D ve 4555500-4558500 K (UTM, m) koordinatları arasında, Yeşilirmak nehrinin ise sol sahilinde yer almaktadır (Şekil 1).

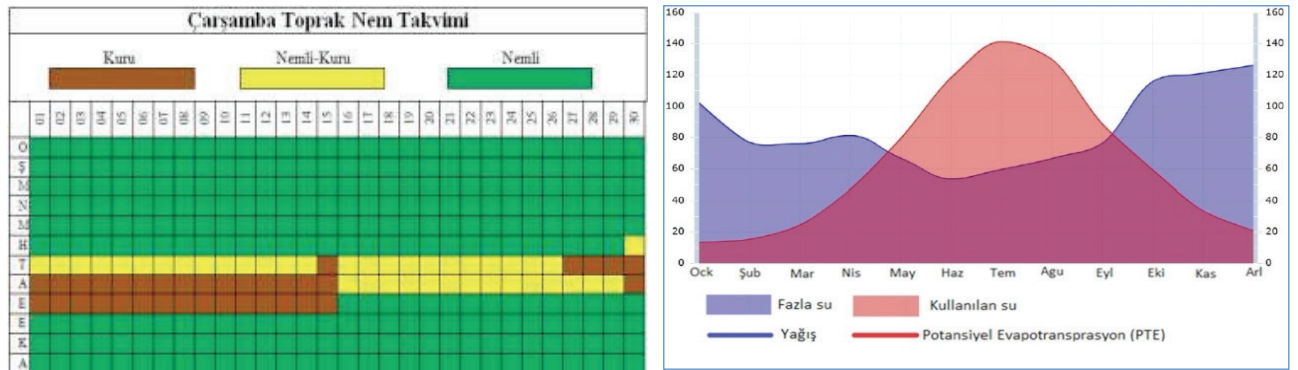
İklim koşulları, toprakta sıcaklık alanının oluşumunu ve değişimini, dolayısıyla toprağın ısı iletkenliğini etkileyen temel faktörlerden biridir. Çalışma alanının yıllık ortalama sıcaklığı 14.3 °C ve yağış miktarı ise 1045.2 mm olup yağışların büyük kısmı kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir.

Turan ve ark. (2018) Newhall simülasyon modeline göre (van Wambeke, 2000) toprak nem ve sıcaklık rejimlerini belirlemişlerdir. Çarşamba meteoroloji istasyonunun uzun yıllar meteorolojik ölçüm verilerine göre, çalışma alanı yıllık ortalama sıcaklığı 14.4 °C'dir. Model sonucuna göre toprak sıcaklık rejimi *Mesic* olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Çarşamba ilçesi Samsun il sınırları içerisinde en yüksek yağış değerine sahip olup, yıllık toplam yağış miktarı toprak nem bütçesinin oluşumunda temel etkileyici faktördür. Genel olarak, toplam yağış miktarının dağılımına bağlı olarak, toprak nemi "nemli" ve "nemli-kuru" olmaktadır. Dengiz ve Efendiler (2016) tarafından ustik olarak belirlenen nem rejimi, Turan vd. (2017) tarafından Newhall simülasyon modeli kullanılarak yapılan



Şekil 2. Çarşamba ilçesi Newhall modeline göre toprak sıcaklık dağılımı
Figure 2. Soil temperature distribution according to Çarşamba county Newhall model



Şekil 3. Çarşamba ilçesi Newhall modeline göre toprak nem bütçesi dağılımı
Figure 3. Soil moisture budget distribution according to Çarşamba county Newhall model

hasas çalışmada ise toprak nem sınıflaması *Dry Tempudic* olarak belirlenmiştir (Şekil 3).

Yöntem

Çalışma alanında genç ve gelişmekte olan toprakları temsilen 5 adet toprak profili açılmış ve genetik horizon esasına göre morfolojik tanımlamalar yapılarak toprak örnekleri alınmıştır. Arazide toprakların morfolojik özelliklerinin incelenmesi amacıyla dikkate alınacak kriterler, örneklemeler ve sınıflandırma için Soil Survey Staff (1993; 1999)'den yararlanılmıştır. Bünye hidrometre yöntemiyle (Bouyoucous, 1951); tarla kapasitesi seramik gözenekler üzerine yerleştirilmiş örneklerin suyla doymuş toprak örneği üzerine 1/3 atm basınç uygulamak suretiyle belirlenmiştir (Richards, 1954). Hacim ağırlığı, bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986); elektriksel iletkenlik saturasyon çamurunda (kondaktivite metre aletinde) (Soil Survey Staff, 1992); organik madde ise Walkley-Black yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile yapılmıştır (Jackson, 1958). Temsil edilen toprak profilleri Soil Survey Staff (1999)'a göre Entisol ve Inceptisol ordolarında sınıflandırılmış ve toprakların çalışma alanı içerisinde dağılımları Şekil 1' de verilmiştir. Arazide her profile ait horizonlarda cıvalı cam termometre ile (Sterling ve Jackson, 1986) toprak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır.

Ölçülen sıcaklık değerlerinden kullanılarak, toprağın $x_i - x_{i+1}$ katmanındaki ısısal yayılım katsayısı

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

(burada; ω uygun olarak toprağın ve derinliklerine ait sıcaklık amplitütü;

$$\omega = 2\pi / P = \frac{6.28}{86400 \text{sn}} \approx 0.0000727 \text{sn}^{-1} \text{-açıl frekansdır}$$

ifadesine göre hesaplanmıştır (Trombotto ve Borzotta, 2009; Correia vd., 2012; Ekberli ve Gülser, 2014; Ekberli ve Sarılar, 2015; Xie vd., 2019; Chen vd., 2020). Kuru toprağın özgül ısı kapasitesi ($C_{\sigma,t}, \text{cal gr}^{-1} \text{°C}^{-1}$ veya $\text{J kg}^{-1} \text{°C}^{-1}$)

$$C_{\sigma,t} = C_{\sigma,org} \frac{m_{org}}{m} + C_{\sigma,min} \left(1 - \frac{m_{org}}{m}\right) \quad (2)$$

[burada, $C_{\sigma,org} = 0.46 \text{cal gr}^{-1} \text{°C}^{-1}$ ve

$C_{\sigma,min} = 0.18 \text{cal gr}^{-1} \text{°C}^{-1}$ -sırasıyla kuru topraktaki organik maddenin ve mineral maddenin özgül ısı

kapasitesi; m_{org} - topraktaki organik madde miktarı gr gr^{-1} veya (%)' dir] ifadesiyle belirlenmiştir (Hanks ve Ashcroft 1980; Hilel, 2004).

Kuru toprağın hacimsel ısı kapasitesi ($C_{h,t}, \text{cal cm}^{-3} \text{°C}^{-1}$ veya $\text{J m}^{-3} \text{°C}^{-1}$) ise

$$C_{h,t} = C_{\sigma,t} \rho + C_{h,s} \theta \quad (3)$$

[burada, ρ - toprağın hacim ağırlığı, gr cm^{-3} ; $C_{h,s} = 1.00 \text{cal cm}^{-3} \text{°C}^{-1}$ suyun hacimsel ısı kapasitesi; θ toprağın hacimsel nem ($\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$) içeriğidir] formülüne göre hesaplanmıştır. Toprağın ısı iletkenliği $\lambda = a C_{h,t}$ (4); sıcaklığın T_0 ortalama değerinden T_y değerine ani değişimi durumunda, herhangi toprak katmanındaki ısı akışı ($q, \text{watt m}^{-2}$ veya $\text{J m}^{-2} \text{sn}^{-1}$) ise

$$q = \frac{\lambda(T_y - T_0)}{\sqrt{\pi a t}} \quad (5)$$

ifadesiyle belirlenmiştir (Luikov ve Mikhailov, 1965; Luikov, 1967; Isachenko vd., 1981; Ekberli vd., 2015; Gülser vd., 2019; Ekberli vd., 2020).

Herhangi zaman aralığında ısı akışının genel toplamı ısı miktarını ifade etmektedir. Bu durumda, $[0, t]$ zaman aralığında ısı miktarı,

$$Q = \int_0^t q dt = \int_0^t \frac{\lambda(T_y - T_0)}{\sqrt{\pi a t}} dt \quad \text{olarak,}$$

$$Q = 2\lambda(T_y - T_0) \sqrt{\frac{t}{a\pi}} \quad (6)$$

ifadesine göre belirlenmektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Genç ve gelişmekte olan topraklara ait bazı fiziksel kimyasal ve morfolojik özellikler

Yeşilirmak Nehri'nin biriktirmiş olduğu depozitler üzerinde oluşmuş ve % 0.0-0.2 eğime sahip taban arazilerde yayılım gösteren araştırma alanı Inceptisol ve Entisol ordolarına ait alt grup topraklarının bazı fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. Çizelge 1'den görüldüğü gibi, Inceptisol toprakların EC değerleri düşük olup 0.01 ile 0.06 dS m^{-1} arasında değişmektedir. Vertic Haplustept ve Typic Haplustept toprakların Ap ve Bw1 horizonlarında organik madde miktarı orta, alt horizonlarda ise çok düşük ve düşük düzeydedir. Inceptisol toprakların genetik horizonları killi olup, kil içeriği % 21.8 ile %71.8 arasında değişmektedir. Toprakların hacimsel nem içeriği hacim ağırlığı ile yakından ilişkili olup, hacim ağırlığının 1.20-1.55 gr cm^{-3} ve hacimsel nem içeriğinin ise 0.26-0.30 $\text{cm}^3 \text{cm}^{-3}$

Çizelge 1. Inceptisol toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri

Table 1. Some physical, chemical and and morphological properties of the Inceptisol

Horizon	Derinlik cm	EC	OM	Bünye (%)			HA	θ	Renk		Stü*	Kvm*
				Kil	Silt	Kum			kuru	nemli		
Vertic Haplustept												
Ap	0-23	0.06	3.93	69.3	19.5	11.2	1.22	0.29	10YR 5/3	10YR 5/3	3 or gr	Sr Yp Pt
Bw1	23-58	0.08	2.49	64.5	28.0	7.5	1.19	0.30	10YR 6/3	10YR 5/3	3 ir yrb	Hf Yp Pt
Bw2	58-90	0.04	1.65	39.0	36.2	24.8	1.39	0.26	10YR 5/3	10YR 5/3	2 or yrb	Hf Yp Pt
C1	90+	0.11	1.01	21.8	31.3	46.9	1.55	0.26	10YR 7/4	10YR 6/4	m	Ge Yd Pd
Typic Haplustept												
Ap	0-30	0.01	3.15	40.9	29.6	29.5	1.35	0.27	10YR 6/4	10YR 6/3	2 or gr	Hf Yp Pt
Bw1	30-64	0.01	3.08	67.1	22.5	10.4	1.22	0.29	2,5YR6/4	2,5YR6/3	3 ir yrb	Hf Yp Pt
Bw2	64-107	0.07	1.38	71.8	19.6	8.6	1.20	0.30	2,5YR6/4	2,5YR6/3	3 ir yrb	Sr Yp Pt
C	107+	0.03	0.35	64.8	23.9	11.2	1.21	0.30	2,5YR6/4	2,5YR6/4	m	Sr Yp Pt

*Strüktür (Stü): 1: Zayıf, 2: Orta, 3: Kuvvetli, k: Küçük, or: Orta, ir: iri, t: Teksel, m: Masif, gr: Granüler, yrb: Yarıköşeli blok, bl: Blok, pr: Prizmatik. Kivam (Kvm): Kuru: Ge: Gevşek, Yu: Yumuşak, Hf: Hafif sert, Sr: Sert, Islak: Yd: Yapışkan değil, AYp: Az yapışkan, Yp: Yapışkan, Pd: Plastik değil, Apt: Az plastik, Pt: Plastik, EC: Elektiriksel iletkenlik (dSm^{-1}), OM: Organik madde (%), HA: Hacim ağırlığı ($gr\ cm^{-3}$), θ : Hacimsel nem içeriği ($cm^3\ cm^{-3}$)

cm^{-3} arasında değişmekte olduğu görülmektedir. Özellikle hacimsel nem içeriği Typic Haplustept topraklarda daha yüksek olarak belirlenmiştir. Her iki toprakta da yüzeyde özellikle organik madde kaynaklı toprak renklerine ait value değerleri düşük olup, alt horizonlara doğru bu değer artarak renk açılmaktadır. Her iki Inceptisol alt grup toprağında yaklaşık 20 cm ile 90 cm arasında özellikle kil miktarındaki artışa da bağlı olarak taneciklerin bir araya gelerek oluşturdıkları agregasyona bağlı olarak strüktürel gelişim göstermeleri neticesinde yüzey altı tanı horizonu olarak cambik horizon

oluşumları tespit edilmiştir. Yüzey horizonlarda genellikle granüler bir yapı varken, strüktürel gelişimin olduğu cambik horizonlar kuvvetli yarı köşeli blok strüktür kil içeriğine bağlı olarak yapışkan kvam ve plastik özelliği göstermektedir.

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, Inceptisol topraklardaki gibi Entisol alt grubu topraklarda da tuzluluk problemi bulunmamakta, horizonlarda EC değerleri $0.03\ dS\ m^{-1}$ ile $0.19\ dS\ m^{-1}$ arasında değişmektedir. Organik madde miktarı yüzey horizonunda yüksek iken (>4.0), derinlik artışına bağlı olarak bu oran azalma göstermektedir.

Çizelge 2. Entisol toprakların bazı fiziksel, kimyasal ve morfolojik özellikleri

Table 2. Some physical, chemical and and morphological properties of the Entisol

Horizon	Derinlik cm	EC	OM	Bünye (%)			HA	θ	Renk		Stü*	Kvm*
				Kil	Silt	Kum			kuru	nemli		
Typic Ustifluent												
Ap	0-18	0.08	3.96	21.6	45.5	32.8	1.31	0.22	10YR3/3	10YR3/2	2 or gr	Hf Yp Pt
A2	18-37	0.11	2.47	17.7	37.4	44.9	1.44	0.26	10YR5/3	10YR5/2	1 k gr	Hf AYp Apt
C	37+	0.13	1.01	7.1	10.6	82.3	1.52	0.10	2,5Y 7/2	2,5Y 7/3	t	G Yd Pd
Mollic Ustifluent-1												
Ap	0-21	0.11	4.17	19.8	21.1	59.1	1.38	0.19	10YR3/3	10YR3/2	2 or gr	Hf Yp Pt
A2	21-55	0.06	2.85	43.9	42.6	13.5	1.27	0.26	10YR5/3	10YR5/3	3 ir gr	Sr Yp Pt
C	55+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	-
Mollic Ustifluent-2												
A	0-15	0.03	5.20	26.0	37.7	36.3	1.25	0.22	10YR3/3	10YR3/2	2 or gr	Hf Yp Pt
C1	15-47	0.19	1.47	21.8	43.4	34.8	1.49	0.20	2,5Y 7/2	2,5Y 7/3	m	Hf Yp Pt
C2	47+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	t	-

*Strüktür (Stü): 1: Zayıf, 2: Orta, 3: Kuvvetli, k: Küçük, or: Orta, ir: iri, t: Teksel, m: Masif, gr: Granüler, yrb: Yarıköşeli blok, bl: Blok, pr: Prizmatik. Kivam (Kvm): Kuru: Ge: Gevşek, Yu: Yumuşak, Hf: Hafif sert, Sr: Sert, Islak: Yd: Yapışkan değil, AYp: Az yapışkan, Yp: Yapışkan, Pd: Plastik değil, Apt: Az plastik, Pt: Plastik, EC: Elektiriksel iletkenlik (dSm^{-1}), OM: Organik madde (%), HA: Hacim ağırlığı ($gr\ cm^{-3}$), θ : Hacimsel nem içeriği ($cm^3\ cm^{-3}$)

Toprakların hacim ağırlığı organik madde ve kil içeriğine bağlı olarak 1.19 gr cm^{-3} ile $1,55 \text{ g cm}^{-3}$ arasında değişmektedir. Typic Ustifluent toprağının C horizonunda (sedimenter aluviyal depozit) kum içeriğinin yüksek oluşu hacim ağırlığının yüksek, buna karşın hacimsel nem içeriğinin düşük olmasına neden olabilir. Diğer horizonlarda ise hacimsel nem içeriği 0.19 cm^{-3} ile 0.26 cm^{-3} arasında değişmektedir (Ekberli ve Dengiz, 2016). Açılan her üç profilde de yüzey altı tanı horizon gelişimlerine sahip olmamaları nedeniyle bu topraklar genç topraklar olarak nitelendirilmektedir. Fakat iki profil yüzeyde özellikle organik maddenin yüksek oluşu, renklerinde value değerlerinin düşük olması (≤ 3), strüktürlerinin hafif sert özellik göstermeleri nedeniyle mollik epi pedon oluşumlarına sahiptirler ve bu nedenle Mollik Ustifluent olarak sınıflandırılmışlardır. Profillerin yüzey horizonları granüler strüktürlü olup, kum oranı çok yüksek olan ana materyalde tekse yapıya dönüşmektedir.

Gelişmekte olan toprakların ısı akışı ve ısı miktarının belirlenmesi

Toprakların gerek pedogenetik süreçlerinde meydana gelen bio-fiziko-kimyasal olaylar sonucunda gerekse de mevcut durumda kazanım/kayıp ve dönüşüm olaylarının yoğunluğuna bağlı olarak cambik horizon gibi genetik katmanların oluşumuna, ısı akışı ve ısı miktarı önemli düzeyde etki yapmaktadır. Horizonlardaki ısı akışı ve ısı miktarının değişimi ise diğer faktörlerle beraber

toprak sıcaklığının, toprağın ısıl yayılım ve ısı iletkenliğinin fonksiyonu olmaktadır. Inceptisol alt grup topraklarında ölçülen sıcaklık değerlerine ve sıcaklık dalgalarının amplitütüne bağlı olarak, (1) ifadesine göre hesaplanan ısıl yayılım katsayıları Çizelge 3'de verilmiştir.

Inceptisol toprakların ısıl yayılım katsayısı yüksek olup, Vertic Haplustept olarak sınıflandırılan toprak profilinde $5,52 \cdot 10^{-6}$ - $8,76 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ arasında, Typic Haplustept olarak sınıflandırılan toprak profilinde ise $6.17 \cdot 10^{-6}$ - $9,36 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ aralığında değiştiği belirlenmiştir. Tarla kapasitesi ve kil miktarı fazla olan horizonlarda, genel olarak ısıl yayılım yüksek; organik maddenin fazla olduğu horizonlarda ise düşük olmaktadır. Isıl yayılım katsayısı ısı akışı ve ısı miktarının belirlenmesinde gerekli temel parametrelerden biridir. Dengiz ve Ekberli (2017) kil içeriği profil boyunca % 40 ve üzerinde olan Vertisol toprakların fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi üzerine yaptıkları çalışmada Vertisol toprakların üst horizonlarda minimum, maksimum ve ortalama günlük sıcaklıkların dar aralıkta, alt horizonlara indikçe ise geniş aralıkta değişmekte, amplitüt değerlerinin ise sıcaklık değişimine uygun olarak aşağı katmanlara doğru azalmakta olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, üst horizonlarda ısıl yayılım katsayısı genellikle az olmakta, aşağı horizonlarda ise artış göstermekte olduğunu vurgulamışlardır.

Toprak horizonlarındaki ısı akışının değişkenleri olan hacimsel ısı kapasitesi ve ısı iletkenliğinin

Çizelge 3. Inceptisol toprakların sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), amplitüt ($^{\circ}\text{C}$) ve ısıl yayılım ($\text{m}^2 \text{ sn}^{-1}$) değerleri
Table 3. Temperature ($^{\circ}\text{C}$), amplitude ($^{\circ}\text{C}$), and thermal diffusion ($\text{m}^2 \text{ s}^{-1}$) values of Inceptisol

Horizon	Derinlik, cm	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)			A_i/A_{i+1}^*	a
		Minimum	Maksimum	Ortalama		
Vertic Haplustept						
	0	20.5	35.9	26.7	9.2	
Ap	0-23	12.3	20.4	15.3	9.2/5.1	$5.52 \cdot 10^{-6}$
Bw1	23-58	12.0	19.7	17.2	5.1/2.5	$8.76 \cdot 10^{-6}$
Bw2	58-90	11.4	16.5	15.3	2.5/1.2	$6.91 \cdot 10^{-6}$
C1	90+			15.1		
Typic Haplustept						
	0	18.4	29.7	23.9	5.8	
Ap	0-30	14.1	20.0	17.2	5.8/2.8	$6.17 \cdot 10^{-6}$
Bw1	30-64	12.8	17.0	15.6	2.8/1.4	$8.74 \cdot 10^{-6}$
Bw2	64-107	10.7	14.4	13.8	1.4/0.6	$9.36 \cdot 10^{-6}$
C	107+			13.4		

* A_i ve A_{i+1} uygun olarak toprağın ve derinliklerine ait sıcaklık dalgalarının amplitütü

Çizelge 4. Inceptisol toprakların horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı değerleri
Table 4. Heat flow and heat content values in horizons of Inceptisol soils

Horizon	Derinlik, Cm	C_{ht} $J m^{-3} °C^{-1}$	λ , watt $m^{-1} °C^{-1}$	q watt m^{-2}	Q $J m^{-2}$
Vertic Haplustept					
Ap	0-23	$2.175 \cdot 10^6$	12.006	50.035	$8.646 \cdot 10^6$
Bw1	23-58	$2.193 \cdot 10^6$	19.211	31.154	$5.383 \cdot 10^6$
Bw2	58-90	$2.183 \cdot 10^6$	15.085	13.221	$2.285 \cdot 10^6$
Typic Haplustept					
Ap	0-30	$2.193 \cdot 10^6$	13.531	29.284	$5.060 \cdot 10^6$
Bw1	30-64	$2.175 \cdot 10^6$	19.010	17.284	$2.987 \cdot 10^6$
Bw2	64-107	$2.201 \cdot 10^6$	20.601	7.757	$1.340 \cdot 10^6$

sayısal değerleri sırasıyla (3) ve (4); bu değerlere bağlı olarak ısı akışı ve ısı miktarının değerleri ise sırasıyla (5) ve (6) ifadelerine göre hesaplanmış ve elde edilen sonuçlar Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4’den görüldüğü gibi, Inceptisol ordosuna ait Vertic Haplustept, Typic Haplustept toprak profillerinin yüzey (Ap) horizonlarında ısı akışı sırasıyla $50.035 \text{ watt m}^{-2}$ ve $29.284 \text{ watt m}^{-2}$; ısı miktarı ise $8.646 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}$ ve $5.060 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}$ olarak saptanmıştır. Alt toprak horizonlarında (Bw1 ve Bw2), sıcaklığın T_0 ortalama değerinden T_y değerine ani değişimine bağlı olarak azalma eğilimi gözükmemekte ve yüzey horizonlardan aşağıya doğru ısı akışı gerçekleşmektedir. $T_0 - T_y$ değerinin negatif olması durumunda ise (gece saatlerinde), topraktaki ısı akışı alt horizonlardan yüzeye doğru gerçekleşecektir. Topraktaki ısı miktarının oluşumu ve değişimiyle ısı akışı değişimi arasında doğrusal ilişki olduğundan, araştırma topraklarının alt horizonlarında ısı miktarı da azalma eğilimi göstermektedir. Araştırma toprağı horizonlarında hacim ağırlığı ve hacimsel nem içeriğinin dar aralıkta değişimi, hacimsel ısı kapasitesi değişiminin düşük olmasına, dolayısıyla ısı akışı ve ısı miktarının düzensiz değişimine neden olmaktadır. Hedayati-Dezfooli ve Leong (2019) tarafından, yüksek sıcaklık koşullarında ($10-90 \text{ °C}$) ısı ve nem taşınımının deneysel incelenmesine ait yapılan bir çalışmada, sıcaklık değişiminin ve doygunluk derecesinin, toprağın termo-fiziksel özellikleriyle beraber ısı akışına, dolayısıyla ısı miktarına önemli düzeyde etki yaptığı bildirilmiştir; ısı miktarının çıplak topraklarda $-0.071-0.158 \text{ MJ m}^{-2} \text{ gün}^{-1}$ arasında değiştiği saptanmıştır. Toprak yüzeyindeki ısı akışı, toprak-bitki-atmosfer sisteminin enerji dengesinin de bileşenlerinden birisi olup, deneysel ve teorik yöntemlerle belirlenmektedir (Ochsner vd., 2006; Peng vd., 2015). Peng vd.

(2015), ısı akımı yoğunluğunun belirlenmesinde “levha yöntemi” kullanarak, toprağın 2 cm; 6cm ve 10 cm derinliklerinde ısı akışının sırasıyla $\approx -75 - 150 \text{ watt m}^{-2}$; $\approx -49 - 130 \text{ watt m}^{-2}$ ve $\approx -24 - 70 \text{ watt m}^{-2}$ aralığında değiştiğini göstermişlerdir.

Genç topraklarda ısı akışı ve ısı miktarının belirlenmesi

Çalışma alanı içerisinde aluviyal araziler üzerinde açılan toprak profilleri, çeşitli toprak ve fiziksel parçalanmaya uğramış kayaç parçalarından yikanan minerallerin karışımlarının Yeşilirmak Nehri tarafından depolanması ile oluşmuş depozitler üzerinde gelişmişlerdir (Mihalikova ve Dengiz, 2020). Fluviyal depozitler taşındıkları kaynağa, taşıyıcı gücün enerjisine ve akışın şiddetine bağlı olarak farklı parçacık boyutlarında olabilirler (Günel, 2016). Parçacık büyüklük dağılımlarında gözlemlenen bu değişkenlik nedeniyle kısa mesafeler içerisinde farklı fiziksel, kimyasal ve morfolojik özelliklere sahip topraklar oluşabilmektedir (Dengiz, 2010). Bir nehir taşkın düzlüğüne girdiğinde kendisine yakın olan yerlere kaba, uzak olan yerlere ise ince materyalleri depolamaktadır. İncelenen profiller içerisinde üç adedi, genellikle Yeşilirmağın taşkın düzlükleri üzerinde yer alan topraklar olup, gelişim süreçlerinin henüz başlangıç evrelerinde olmaları nedeniyle Entisol olarak sınıflandırılmıştır. Entisol alt grup topraklarında ölçülen sıcaklık değerlerine ve sıcaklık dalgalarının amplitütüne bağlı olarak, (1) ifadesine göre hesaplanan ısısal yayılım katsayıları Çizelge 5’de verilmiştir.

Entisol toprakların Typic Ustifluent alt grubunun Ap ve A2 horizonlarında ısısal yayılım katsayısı, inceptisol toprakların ısısal yayılımına nazaran düşük olup, sırasıyla $1.71 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ ve $1.96 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Hacimsel

Çizelge 5. Entisol toprakların sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$), amplitüt ($^{\circ}\text{C}$) ve ısısal yayılım ($\text{m}^2 \text{sn}^{-1}$) değerleri
Table 5. Temperature ($^{\circ}\text{C}$), amplitude ($^{\circ}\text{C}$) and thermal diffusion ($\text{m}^2 \text{s}^{-1}$) values of Entisol

Horizon	Derinlik, cm	Sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$)			A_i/A_{i+1} *	a
		Minimum	Maksimum	Ortalama		
Typic Ustifluent						
	0	19.5	32.6	24.8	7.8	
Ap	0-18	13.0	20.4	17.0	7.8/3.4	$1.71 \cdot 10^{-6}$
A2	18-37	12.5	18.6	17.1	3.4/1.5	$1.96 \cdot 10^{-6}$
C	37+			16.8		
Mollic Ustifluent-1						
	0	24.5	37.0	28.8	8.2	
Ap	0-21	13.7	20.6	16.1	8.2/4.5	$4.45 \cdot 10^{-6}$
A2	21-55	13.9	18.8	16.6	4.5/2.2	$8.20 \cdot 10^{-6}$
C	55+					
Mollic Ustifluent-2						
A	0	20.1	33.4	26.7	6.7	
C1	0-15	14.8	21.2	18.0	6.7/3.2	$1.50 \cdot 10^{-6}$
C2	15-47	13.5	18.9	17.4	3.2/1.5	$6.48 \cdot 10^{-6}$
	47+			16.5		

* A_i ve A_{i+1} uygun olarak toprağın x_i ve x_{i+1} derinliklerine ait sıcaklık dalgalarının amplitüdü

nem içeriğinin fazla olmaması, kil miktarının düşük, organik madde miktarının fazla olması ısısal yayılımın düşük olmasına neden olan faktörlerden olabilir. Mollic Ustifluent-1 alt grup toprağının A2 horizonunda ısısal yayılım, Ap horizonu ile karşılaştırıldığında daha yüksek ($8.20 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$) olmaktadır. Bu ise A2 horizonunda hacimsel nem içeriğinin daha yüksek olmasından kaynaklanabilir. Mollic Ustifluent-2 alt grup toprağının C1 horizonunda ısısal yayılım katsayısı ise düşük ($1.50 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$); C2 horizonunda ise yüksek ($6.48 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ sn}^{-1}$) olarak bulunmuştur. Entisol toprakların horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı değerleri de sırasıyla (5) ve (6) eşitliklerine göre belirlenmiş ve Çizelge 6'da gösterilmiştir.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda Inceptisol toprakla karşılaştırıldığında, Entisol toprak horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı değerleri daha düşük bulunmuştur. Bu durumda özellikle toprakların genetik horizon oluşumlarının, kil içeriklerinin ve strüktürel gelişimlerinin etkili olduğu düşünülmektedir. Fakat, yüzey topraklarda ise en yüksek ısı akışı ve ısı miktarı, Entisol toprakların Mollic Ustifluent-1 alt grubunun Ap horizonunda sırasıyla $34.300 \text{ watt m}^{-2}$ ve $5.927 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}$ olarak belirlenmiştir. Bu durumun ise yüzeyde organik maddenin yüksek olmasından kaynaklandığı ileri sürülebilir. En düşük ısı akışı ve ısı miktarı değerler ise sırasıyla $8.958 \text{ watt m}^{-2}$ ve $1.548 \cdot 10^6 \text{ J m}^{-2}$ olarak, Typic Ustifluent alt grup toprağının

Çizelge 6. Entisol toprakların horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı değerleri

Table 6. Heat flow and heat content values in horizons of Entisol soils

Horizon	Derinlik, cm	C_{ht} $\text{J m}^{-3} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	λ , $\text{watt m}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{C}^{-1}$	q watt m^{-2}	Q J m^{-2}
Typic Ustifluent					
Ap	0-18	$1.952 \cdot 10^6$	3.338	16.663	$2.879 \cdot 10^6$
A2	18-37	$2.222 \cdot 10^6$	4.355	8.958	$1.548 \cdot 10^6$
Mollic Ustifluent-1					
Ap	0-21	$1.882 \cdot 10^6$	8.375	34.300	$5.927 \cdot 10^6$
A2	21-55	$2.088 \cdot 10^6$	17.122	25.255	$4.364 \cdot 10^6$
Mollic Ustifluent-2					
A	0-15	$1.905 \cdot 10^6$	2.858	14.337	$2.477 \cdot 10^6$
C1	15-47	$2.094 \cdot 10^6$	13.569	15.351	$2.653 \cdot 10^6$

A2 horizonunda saptanmıştır. Tüm alt grup topraklarında alt horizonlarda ısı akışı ve ısı miktarı genel olarak azalmaktadır.

SONUÇLAR

Farklı toprak gelişim özelliklerine sahip profillerin ısı akışı ve ısı miktarının belirlenmesi, toprak oluşum süreçlerinin açıklanmasında, profillerdeki ısı taşınımının modellenmesinde, toprak özellikleri ve sıcaklık alanının karşılıklı etkisinin düzenlenmesinde, toprakların ısı bilançosunun nicel olarak değerlendirilmesinde vb. gereklidir. Genel olarak, Inceptisol alt grup toprak horizonlarındaki ısı akışı ve ısı miktarı, Entisol toprak horizonlarındakinden daha yüksek olmaktadır. Bu durum toprakların pedogenetik süreçler doğrultusunda tanı horizonlarının varlığı veya yokluğunun yanı sıra kil içerikleri, strüktür özelliklerinin etkili olduğundan kaynaklanabilir. Toprakların yüzey horizonlarında ise mollik epipedona sahip Entisol toprakların ısı akışı ve ısı miktarı fazla olmasında, organik maddenin etkili olduğu düşünülmektedir. Genel olarak her iki ordo topraklarının profillerindeki üst horizonlarda ısı akışı ve ısı miktarı değerleri yüksek olmasına karşın alt horizonlarda azalma eğilimi gözükmekte; araştırma döneminde ısı akışı pozitif yönde gerçekleşmektedir. Isı akışının teorik ifadesinden de görüldüğü gibi, ısı iletkenliği, sıcaklık değişimi, ısıl yayılım, zaman parametreleri, toprak özellikleriyle beraber, ısı akışına ve ısı miktarına etki yapan temel faktörlerdir. Ayrıca, Inceptisol ve Entisol ordosu toprakları horizonlarında kil, silt ve kum; organik madde, hacim ağırlığı, hacimsel nem içeriği gibi toprak özelliklerinin değişimi, ısı akışı ve ısı miktarını önemli düzeyde etkilemektedir.

KAYNAKLAR

Agam N, Kustas, WP, Evett SR, Colaizzi PD, Cosh MH, McKee LG (2012). Soil heat flux variability influenced by row direction in irrigated cotton. *Advances in Water Resources*, 50: 31-40.

Al-Shammary AAG, Al-Sadoon JNA (2014). Influence of tillage depth, soil mulchingsystems and fertilizers on some thermal properties of silty clay soil. *European Journal of Forest Research* [Published by European Centre for Research Training and Development UK (www.ea-journals.org)], 2(2): 1-16.

Al-Shammary AAG, Kouzani A, Gyasi-Agyei Y, Gates W, Rodrigo-Comino J (2020). Effects of solarisation on soil thermal-physical properties under different soil treatments: A review. *Geoderma*, 363: 114137.

Başayığıt L, Dinç U (2005). Toprak taksonomisine göre toprak iklim rejimleri ve Türkiye toprakları için örnekler. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(1): 83-91.

Beardsmore G, Sandiford M, Gordon K, McLean M, Egan S, McLaren S (2017). Heat flow and inferred ground surface temperature history at Tynong North, southeastern Australia, *Australian Journal of Earth Sciences*, 64(6): 753-767.

Blake GR, Hartge KH (1986). Bulk density and Particle Density. In: *Methods of Soil Analysis, Part I, Physical and mineralogical Methods*. Pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9(2nd ed), Madison.

Bonachela S, Lopez JC, Granados MR, Magan JJ, Hernandez J, Baille A (2020). Effects of gravel mulch on surface energy balance and soil thermal regime in an unheated plastic greenhouse. *Biosystems Engineering*, 192: 1-13.

Bouyoucos GJ (1951). A Recalibration of Hydrometer for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*. 43: 9.

Chen S, Li X., Wu T, Xue K, Luo D, Wang X, Wu O, Kang S, Zhou H, Wei D (2020). Soil thermal regime alteration under experimental warming in permafrost regions of the central Tibetan Plateau *Geoderma*, 372: 114397.

Coşkan A, Erdal İ, Öz H (2017). Toprak altı sıcaklığının erkencilikte kullanılma potansiyeli. *Akademia Mühendislik ve Fen Bilimleri Dergisi*, ICAE - IWCB 2017, Özel Sayı, 318-324.

Correia A, Vieira G, Ramos M (2012). Thermal conductivity and thermal diffusivity of cores from a 26 meter deep borehole drilled in Livingston Island, Maritime Antarctic. *Geomorphology*, 155(156): 7-11.

Dengiz O (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. *Journal of Agricultural Sciences*, 16 (3): 205-212.

Dengiz O, Efendiler A (2016). Farklı iki fizyografik ünite üzerinde oluşmuş toprakların karakteristiklerinin belirlenmesi ve dağılım haritalarının oluşturulması. *Uluslararası Coğrafya Sempozyumu, TÜCAUM*, 13-14 Ekim, Ankara, s: 156-168.

Dengiz O, Ekberli İ (2017). Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1):45-52.

Ekberli İ, Dengiz O (2016). Bazı Inceptisol ve Entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısıl yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5 (2): 1-10.

Ekberli İ, Gülser C (2014). Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University (Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета)*, 2 (30), 12-15.

Ekberli İ, Gülser C, Dengiz O (2020). Yarı humid ekolojik koşullar altında oluşmuş bazı Vertisol alt grup toprakların profillerinde ısı akışının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2): 198-207.

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, Sarılar Y (2015). Toprak sıcaklığının profil boyunca sönme derinliğinin ve gecikme zamanının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi*, 52 (2): 219-225.

- Evelt SR, Agam N, Kustas WP, 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.
- Fritschen LJ (1998). Energy and radiation balance components for three grass surfaces near Kursk, Russia. *Remote Sensing Reviews*, 17(1-4): 269-280.
- Gao Z (2005). Determination of soil heat flux in a tibetan short-grass prairie. *Boundary-Layer Meteorology*, 114(1): 165-178.
- Greenland DE (1969). Soil heat flow investigation at Cass, South Island high country. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 12(2): 352-366.
- Guan XJ, Spence C, Westbrook CJ (2010). Shallow soil moisture-ground thaw interactions and controls-Part 2: Influences of water and energy fluxes. *Hydrology and Earth System Sciences*, 14: 1387-1400.
- 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 ısıl yayınıma etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(3): 261-269.
- Günal H (2006). Ardışık iki topografya'da yer alan toprakların oluşumları ve sınıflamaları. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 23 (2): 59-68.
- Hanks RJ, Ashcroft GJ (1980). *Applied soil physics. Soil water and temperature applications*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 125-144.
- Hedayati-Dezfooli M, Leong WH (2019). An experimental study of coupled heat and moisture transfer in soils at high temperature conditions for a medium coarse soil. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 137: 372-389.
- Heitman JL, Horton R, Sauer TJ, Renn TS, Xiao X (2010). Latent heat in soil heat flux measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150(7-8): 1147-1153.
- Heusinkveld BG, Jacobs AFG, Holtslag AAM, Berkowicz SM (2004). Surface energy balance closure in an arid region: role of soil heat flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 122(1-2): 21-37.
- Hilel D (2004). *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier Academic Press, USA, pp. 215-233.
- Iden SC, Blöcher JR, Diamantopoulos E, Peters A, Durner W (2019). Numerical test of the laboratory evaporation method using coupled water, vapor and heat flow modelling. *Journal of Hydrology*, 570: 574-583.
- Isachenko VP, Osipova VA, Sukomel AS (1981). *Heat transfer (in Russian)*. Energoizdat Press, Moscow, 417 p.
- Jackson, M.L., 1958. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.
- Ji XB, Kang ES, Zhao WZ, Zhang ZH, Jin BW (2009). Simulation of heat and water transfer in a surface irrigated, cropped sandy soil. *Agricultural Water Management*, 96: 1010-1020.
- 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.
- Kader MA, Nakamura K, Senge M, Mojid MA, Kawashima S (2019). Numerical simulation of water- and heat-flow regimes of mulched soil in rain-fed soybean field in central Japan. *Soil and Tillage Research*, 191: 142-155.
- Liu X, Yang S, Xu J, Zhang J, Liu J (2017). Effects of soil heat storage and phase shift correction on energy balance closure of paddy fields. *Atmosfera*, 30(1): 39-52.
- Luikov AV (1967). *Theory of thermal conductivity (in Russian)*. Vysshaya Shkola Press, Moscow, 599 p.
- Luikov AV, Mikhailov YuA (1965). *Theory of energy and mass transfer*. Pergamon Press, Oxford, England, 392 p.
- Lukiashchenko KI, Arkhangelskaya TA (2018). Modelling thermal diffusivity of differently textured soils. *Eurasian Soil Science*, 51(2): 183-189.
- Masseroni D, Facchi A, Romani M, Chiaradia EA, Gharsallah O, Gandolfi C (2015). Surface energy flux measurements in a flooded and an aerobic rice field using a single eddy-covariance system. *Paddy Water Environment*, 13: 405-424.
- Mihalikova M, Dengiz O (2019). Towards more effective irrigation water usage by employing land suitability assessment for various irrigation techniques. *Irrigation and Drainage*. 0.1002/ird.2349.
- Novak MD, Black TA (1983). The surface heat flux density of a bare soil. *Atmosphere-Ocean*, 21(4): 431-443.
- Ochsner TE, Sauer TJ, Horton R (2006). Field tests of the soil heat flux plate method and some alternatives. *Agronomy Journal*, 98 (4): 1005-1014.
- Peng X, Heitman J, Horton R, Ren T (2015). Field evaluation and improvement of the plate method for measuring soil heat flux density. *Agricultural and Forest Meteorology*, 214-215: 341-349.
- Richards LA (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils*. U.S. Dept. Agr. Handbook, 60, 109. Riverside.
- Soil Survey Staff (1992). *Procedures for collecting soil samples and methods of analysis for soil survey*. Soil Surv. Invest. Rep. 1. U.S. Gov. Print. Office, Washington D.C. USA.
- Soil Survey Staff, 1993. *Soil Survey Manual*, USDA. Handbook No: 18 Washington D.C.
- Soil Survey Staff (1999). *Soil taxonomy. A basic of soil classification for making and interpreting soil survey*. U.S.D.A Handbook No: 436, Washington D.C.
- Sterling AT, Jackson RD (1986). *Temperature*. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No: 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Turan M, Dengiz O, Turan Demirağ İ (2018). Samsun ilinin Newhall Modeline göre toprak sıcaklık ve nem rejimlerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5:2, 131-142.

Tikhonravova PI, Khitrov NB (2003). Estimation of thermal conductivity in Vertisols of the Central Ciscaucasus region. *Eurasian Soil Science*, 36(3): 313-322 [Pochvovedeniye, 3: 342-351, in Russian].

Trombotto D, Borzotta E (2009). Indicators of present global warming through changes in active layer-thickness, estimation of thermal diffusivity and geomorphological observations in the Morenas Coloradas rockglacier, Central Andes of Mendoza, Argentina. *Cold Regions Science and Technology*, 55: 321–330.

Usovich B, Lukowski MI, Rudiger C, Walker JP, Marczewski W, 2017. Thermal properties of soil in the Murrumbidgee River Catchment (Australia). *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 115: 604–614.

Van der Tol C (2012). Validation of remote sensing of bare soil ground heat flux. *Remote Sensing of Environment*, 121: 275-286.

Van Lier J, Durigon A (2013). Soil thermal diffusivity estimated from data of soil temperature and single soil component properties. *Revista Brasileira de Ciencia do Solo*, 37(1): 106-112.

Van Wambeke AR (2000). The Newhall Simulation Model for estimating soil moisture & temperature regimes. Department of Crop and Soil Sciences. Cornell University, Ithaca, NY.

Verhoef A, Otle C, Cappelaere B, Murray T, Saux-Picart S, Zribi M, Maignan F, Boulain N, Demarty J, Ramier D (2012). Spatio-temporal surface soil heat flux estimates from satellite data; results for the AMMA experiment at the Fakara (Niger) supersite. *Agricultural and Forest Meteorology*, 154-155: 55-66.

Xie X, Lu Y, Ren T, Horton R (2019). Soil temperature estimation with the harmonic method is affected by thermal diffusivity parameterization. *Geoderma*, 353: 97-103.

Wen W, Lai Y, You Z (2020). Numerical modeling of water–heat–vapor–salt transport in unsaturated soil under evaporation. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 159: 120114.

Elma Tarım Alanlarında Yüzey Toprakların Sınırlandırılmış Su Aralığının Belirlenmesi

Pelin ALABOZ^{1,*} Sinan DEMİR¹ Ahmet Ali İŞILDAR¹ Levent BAŞAYİĞİT¹

¹Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): pelinalaboz@isparta.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 12.06.2020

Kabul tarihi (Accepted): 19.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.752137

Öz

Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı kuraklığın artması ve su kaynaklarının azalması ile toprağa uygulanan sulama suyundan bitkinin optimum yarar sağlanması beklenmektedir. Bu kapsamda toprağın strüktür kalitesinin bir indeksi olarak bilinen sınırlandırılmış su aralığı (SSA) oldukça dikkat çekmekte ve kök gelişmesinin minimum düzeyde sınırlandırıldığı toprak su içeriği olarak tanımlanmaktadır. Bu çalışmada; Isparta ili, Eğirdir ilçesi Boğazova çevresindeki yoğun elma üretimi yapılan bahçelerde, yüzey toprakların SSA değerleri, dağılımları ve SSA'nın bazı toprak özellikleri ile ilişkileri araştırılmıştır. Çalışmada orta-ince bünye grubu hakim olan toprakların SSA'ları % 6.59-19.27 arasında değişim göstermiştir. Sınırlandırılmış su aralığı özelliği; kil, organik madde ve CaCO₃ ile pozitif, hacim ağırlığı ile negatif yönlü istatistiksel olarak önemli (P<0.05; P<0.01) ilişkiler sergilemiştir. Ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) enterpolasyon yöntemi kullanılarak oluşturulan dağılım haritalarında hata kareler ortalaması karekökü % 0.98 olarak belirlenmiştir. % 15-20 aralıklarında SSA, çalışma alanının güneyinde ve Eğirdir gölünün güney batısında yer alırken, % 10-15 SSA ise genellikle kuzeyde, ağır bünyeli topraklarda belirlenmiştir. Söz konusu elma bahçelerinin % 80'inde havalanma ve/veya sıkışma problemleri sonucu SSA, optimum yarayışlı su içeriklerinden daha düşük seviyelerde bulunmuştur. Çalışma sonucunda hava dolu gözenek hacminin % 10 olduğu nem içeriği ile tarla kapasitesi nem içeriklerinin havalanma ve sıkışma problemlerinden oldukça fazla etkilendiği böylece SSA'nın önemli ölçüde değiştiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sınırlandırılmış su aralığı, konumsal dağılım, yarayışlı su içeriği, penetrasyon direnci

Evaluation of Least Limiting Water Range of Surface Soils in Apple Agricultural Areas

Abstract

The In recent years, it is expected that the plant obtains optimum benefit from irrigation applied to the soil since the increase of drought due to global warming and the decrease of water resources. That is why, The least limiting water range (LLWR) which is known as an index of the soil quality, draws considerable attention and is defined as the soil water content in which root development limited. In this study, LLWR values of surface soils of the orchards which intensive apple production was made in Boğazova plain, Eğirdir district Isparta province were determined. Spatial distribution of LLWR values, and relations of LLWR with some soil properties was investigated. The medium-fine texture group is dominant in the study and the SSA values of these soils varied between 6.59-19.27 %. LLWR values of soils; It showed statistically positive significant relationships with clay, organic matter and CaCO₃, and negative with bulk density (P<0.05; P<0.01). The SSA distribution map created using the inverse distance weighting (IDW) spatial distribution method, the root mean square error (RMSE) was determined as 0.98 %. Soils, where LLWR is determined between 15-20 % range, are in the South

of the study area and in the southwest of Eğirdir lake. LLWR is determined between 10-15 % range, were generally determined in the North where there are fine textured soils. It was determined that 80 % of these apple orchards, LLWR values were determined at lower levels than optimum available water capacity as a result of aeration and/or compaction problems. As a result of the study, it was determined that the moisture content of the air filled pore volume is 10 % and the field capacity moisture contents are affected by the problems of aeration and compaction so that the LLWR changed significantly.

Keywords: Least limiting water range, spatial distribution, available water content, penetration resistance

GİRİŞ

Son yıllarda küresel ısınmaya bağlı kullanılabilir su potansiyelindeki azalma, devam etmekte olan bilinçsiz su tüketimiyle birleşince özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde su ihtiyaçlarının karşılanmasında sorunlara yol açmaktadır. Türkiye’de tüketilen toplam su miktarı yıllık 44 milyar m³tür ve bu miktarın 32 milyar m³’ü sulamada kullanılmaktadır. Nüfus artışı ve gelişmeye bağlı olarak 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1.120 m³ yıl⁻¹ olarak öngörüldüğü göz önüne alındığında, su kaynaklarının kullanımı odaklı baskının artması kaçınılmazdır (Anonim, 2020). Bu nedenlerle tarımda su yönetimi, gelecekte bugün olduğundan çok daha spesifik ve özgün araştırmalara gereksinim gösteren bir konu olacaktır. Toprakta suyun daha fazla depolanması, evaporasyonun azaltılması, bitki su kullanım randımanının artırılması, bitki ıslahı ve genetik yapının değiştirilmesi gibi çalışmalar üzerine yoğunlaşılacaktır. Ancak etkin bir su yönetimi için öncelik, toprak-bitki-su ilişkilerinin iyi bilinmesi gerekmektedir.

Optimum verim için toprakta bitki besin elementlerinin yeterli düzeylerde bulunması yanında havalanma, gözeneklilik, kök penetrasyon direnci ve toprak su içeriği gibi dinamik fiziksel özelliklerin uygunluğu da gereklidir (Da Silva vd., 1994). Bitki kök bölgesindeki sıkışmanın neden olduğu toplam gözenek miktarındaki azalma ve gözenek büyüklük dağılımındaki değişim, su ve hava kapasitesi ile hareketini etkilemektedir. Bu durumda topraktaki su içeriğinin kullanılabilirliği, toprak kütle yoğunluğundan etkilenmektedir (Zou vd., 2000; Haghghi Fashi vd., 2017). Toprağın strüktür kalitesinin bir indeksi olarak kullanılan sınırlandırılmış su aralığı (SSA) (Leao vd., 2005), kök gelişmesinin minimum düzeyde sınırlandırıldığı toprak su içeriğidir ve suyun elverişliliği, havalanma ve penetrasyon direnci gibi fiziksel değişkenleri içerir. Dolayısıyla, toprak kütle yoğunluğunun bir fonksiyonu olarak değerlendirildiğinde toprak sıkışması doğrudan etkilidir (Keller vd., 2015).

Sınırlanmış su aralığı yaklaşımında, kök gelişmesi üzerine etkinin üst sınırı; % 10’luk hava dolu gözenek hacmi karşılığı nem düzeyi veya tarla kapasitesi nem düzeyi, alt sınır ise solma noktası veya 2 MPa’lık penetrasyon direnci karşılığı toprak nem düzeyi olarak değerlendirilmektedir (Da Silva vd., 1994).

Toprak yönetimine bağlı mekanik ve su dinamiği değişimleri SSA üzerinde etkilidir (Shaver vd. 2002). Toprak sıkışması, SSA değerinde azalmaya yol açmakta ve dolayısıyla bitki su kullanımı olumsuz yönde etkilenmektedir (Haghghi Fashi vd., 2017; De Vares Rossetti ve Centurion, 2017). Toprakların SSA değişim aralığının genişliği, çevresel stres altında olmadığından da bir göstergesidir (Da Silva ve Kay, 2004). Bitkinin yararlanabileceği su içeriğine yönelik belirlemeler, büyük çoğunlukla tarla kapasitesi ve solma noktası nem sabiteleri farkının alınması esasına dayalıdır (Pachepsky ve Rawls 2004; Gülser ve Candemir 2014; Mihalikova vd., 2015, Alaboz ve Işıldar, 2018). Fakat, 2 MPa’lık toprak penetrasyon direnci karşılığı toprak nem düzeyinin solma noktası nem düzeyinden daha yüksek olması durumunda, yararlanılabilir su miktarı için yapılan söz konusu belirlemede olması gerekenden daha yüksek değerler elde edilmektedir. Benzer durum % 10’luk hava dolu gözenek hacmi karşılığı nem düzeyinin tarla kapasitesi nem düzeyinden düşük olduğu koşullar için de geçerlidir. Bu durumda bitkinin yararlanabileceği su içeriği tarla kapasitesi ve solma noktası arasındaki nem içeriği olmamaktadır.

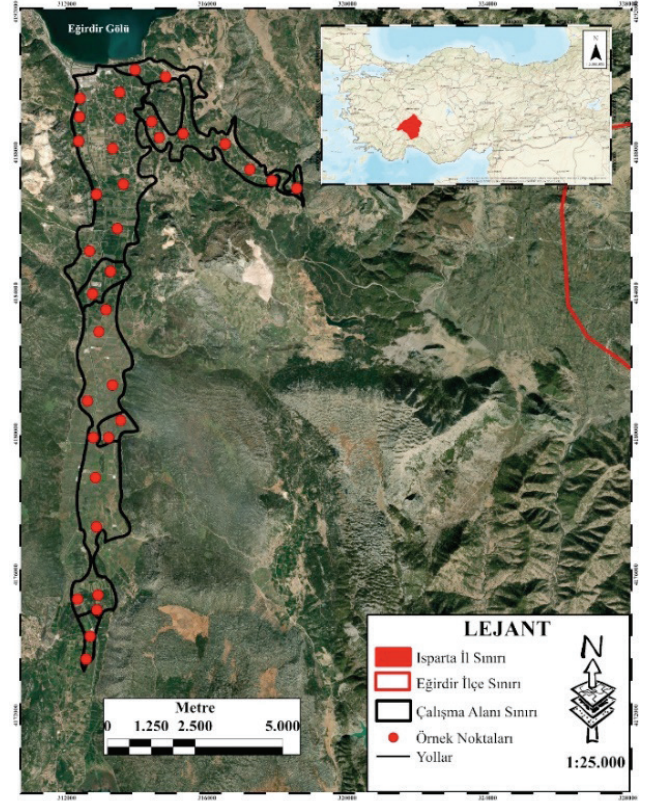
Bitkilerin kullanabileceği su içeriğindeki sınırlama tarımsal üretimi etkilemektedir. Özellikle yarı kurak ve kurak iklimlerde ki bitkisel üretim deseninde kısıtlı olan suyun optimum yararı göz önüne alındığında yaygın olarak üretimi yapılan ürünlerde toprak-bitki-su ilişkisinin ortaya konması oldukça önem arz etmektedir. Ülkemizde tarımı yaygın olarak yapılan elmanın TÜİK (2019) verilerine göre üretimi 3.618.752 ton’ dur. En yüksek üretim

potansiyeline sahip il Isparta, ilçe ise Eğirdir'dir. Elma ağaçlarında köklerin saçak yapılı ve ince köklerin nispeten yüzey derinliklerde bulunması nedeniyle su alımının yaklaşık % 70'inin 40 cm derinlikteki kökler vasıtasıyla gerçekleştiği belirtilmektedir (Green ve Clothier, 1999). Ayrıca, maksimum kök su alımının (15 ve 28 cm) daha yüzeysel derinliklerde gerçekleştiğine ilişkin araştırma bulgularına (Andreu vd., 1997 ve Vrugt vd., 2001) ve elma bahçelerinde sürüm uygulamalarının neden olduğu kök zararlanmalarının, su ve besin elementleri alımını olumsuz yönde etkilediğine yönelik değerlendirmelere de sıkça rastlanılmaktadır. Elma ağaçlarının kökleri, toprak içerisinde yüzeysel geliştiği için sürme derinliği 12-15 cm'yi geçmemelidir (Özçağırın vd., 2011). Kültürel uygulamalara ilişkin tarla trafiği yoğunluğu, sıkışma ve havalanma sorunlarının ortaya çıkmasına yol açabilmektedir (Ferree ve Warrington 2003). Bu çalışmada; Isparta İli, Eğirdir ilçesi Boğazova mevkiinde yoğun elma üretimi yapılan bahçelerde, yüzey topraklarının SSA'larının belirlenmesi ve tematik harita ile dağılımlarının değerlendirilmesi yanında diğer bazı toprak özellikleri ile ilişkilerinin ortaya konması amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma alanı

Çalışma alanı, Isparta-Eğirdir ilçe merkezi ve Kovada gölü arasında yer alan Boğazova vadisi Holosen yaşlı alüvyonlardan oluşmuştur (Karabacak 2007). Çalışma bu Alüvyal topraklar üzerinde 2511.3 hektarlık bir alanda yürütülmüştür (Şekil 1). Karasal iklim ile Akdeniz ılıman iklimi arasında geçit bölgesinde yer alan ilde yarı kurak iklim tipi hakimdir. Bölgenin uzun yıllar meteorolojik verilerine göre yıllık ortalama sıcaklık 12.5°C, ortalama toplam yağış 466.8 mm ve evapotranspirasyon ise 724.58 mm'dir (MGM, 2020). Elma yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı bölge, 1970'li yıllarda Eğirdir-Kovada gölleri etkisi altında olan ve bu nedenle V. sınıf iken daha sonra yapay drenaj kanalları ile taban suyunun düşürüldüğü ve I. sınıf arazi kullanım kabiliyet sınıfına dönüşen alanları kapsamaktadır (Derici, 2018). Çalışma alanını %14'lük kısmı I. sınıf, % 81.5'lik kısmı II. sınıf ve % 4.5'i III. sınıf arazi kullanım kabiliyet sınıfı (AKK) içerisinde yer alan arazilerden oluşmaktadır (KHGM, 1994). Çalışmada seçilen elma bahçeleri, çöğür anacı üzerine aşılı Scarlet Spur çeşidi (yarı bodur) ile kuruludur. Bahçeler ortalama 30 yaşındadır.



Şekil 1. Çalışma alanı
Figure 1. Study area

Toprak örnekleme ve temel toprak analizleri

Çalışma alanı içerisinde rastgele yöntemle 1:25.000 ölçekli Ulusal Toprak Veri Tabanı dikkate alınarak 35 noktada 0-25 cm derinlikten bozulmuş ve bozulmamış yüzey toprak örnekleme yapılmıştır. Sınırlandırılmış su aralığı içerikleri hacim ağırlığı ve toprak sıkışmasından etkilendiği için tarla trafiğinde en etkili sıkışmanın yüzey toprağından olması kaynaklı bu çalışmada 0-25 cm toprak derinliği ile çalışılmıştır. Söz konusu toprak derinliklerinde penetrasyon direnci ölçümleri yapılmış ve nem içeriği belirlemeleri için alınan örnekler yerinde tartılarak diğerleri ile birlikte laboratuvara nakledilmiştir. Bozulmuş toprak örnekleri bazı fiziksel ve kimyasal analizler için standart ön işlemlere tabi tutulmuştur. Nem içeriğine bağlı penetrasyon direnci ve kütle yoğunluğu değişimleri için belirli aralıklarla ölçüm ve örnekleme tekrarlanmıştır.

Toprakların mekanik analizi (% kum, silt, kil) Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1962), Kütle yoğunluğu bozulmamış örnek alma silindirleri (100 cm³) kullanılarak belirlenmiştir. Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerleri 1:1 toprak-su süspansiyonunda ölçülmüştür (Soil Survey Staff, 1992; Kacar, 2009). % CaCO₃ içeriği Volumetrik kalsimetre ve organik madde

Çizelge 1. Toprak özelliklerinin tanımlayıcı istatistikleri
Table 1. Descriptive statistics of soil properties

	SS	VK	Ort	Min	Max	Çrp	Bsk
Kil (%)	12.72	47.73	26.65	5.47	49.49	-0.21	-0.72
Silt (%)	13.41	37.43	35.83	9.93	70.41	0.49	0.36
Kum (%)	15.16	40.39	37.52	9.37	58.08	0.62	1.40
OM (%)	0.86	25.70	3.34	2.16	4.90	0.64	-1.24
D _b (g cm ⁻³)	0.13	10.06	11.38	1.12	1.62	-0.21	-0.45
D _p (g cm ⁻³)	0.08	3.26	2.59	2.55	2.75	0.89	1.39
pH	0.19	2.38	8.13	7.68	8.46	-0.22	-1.00
EC (µmhos cm ⁻¹)	155.8	38.40	405	214	798	1.39	1.63
CaCO ₃ (%)	4.68	52.16	8.97	2.73	17.99	-0.38	-1.03
θ _{HG} (%)	5.54	14.95	37.12	27.88	47.02	0.15	-0.57
θ _{TK} (%)	5.83	15.85	36.18	25.92	48.93	0.47	0.37
θ _{SN} (%)	4.65	18.09	25.21	18.33	35.13	0.41	-0.62
θ _{PR} (%)	6.97	33.02	21.26	8.45	31.41	-0.33	-0.93
SSA (%)	2.94	24.44	12.03	6.59	19.27	0.50	0.22

OM: organik madde, D_b: hacim ağırlığı, D_p: tane yoğunluğu, EC: Elektriksel iletkenlik, CaCO₃: Eşdeğer kireç içeriği, θ_{HG}: Hava dolu gözenek hacminin % 10 olduğu nem içeriği, θ_{TK}: tarla kapasitesi, θ_{SN}: solma noktası, θ_{PR}: 2MPa penetrasyon direncinde toprak nem içeriği, SSA: sınırlandırılmış su aralığı SS: standart sapma, Ort: ortalama, Min: Minimum, Max: Maksimum VK: varyasyon katsayısı, Çrp: çarpıklık katsayısı, Bsk: basıklık katsayısı

Kay ve Anger (2002) tarafından SSA, iyi (>0.2 cm³ cm⁻³), orta (0.15-0.2 cm³ cm⁻³) düşük, (0.10-0.15 cm³ cm⁻³) ve az (<0.10 cm³ cm⁻³) olarak gruplandırılmaktadır. Bu kapsamda toprakların SSA değerlerinin % 17.15'i orta, % 60'ı düşük, % 22.85'i az olarak belirlenmiştir. Genelde toprak çalışmaları kapsamında incelenen özelliklere ilişkin varyasyon, büyük değişiklikler gösterebilmektedir. Buna neden olarak, toprak özelliğinin niteliği, niceliği, örnekleme alanı ve derinliğinin, örnekleme grubu ve diğer bazı faktörlerin değişkenliği gösterilmektedir (Başayığı vd., 2008; Şenol vd., 2018).

Wilding (1985)'e göre varyasyon katsayısı düşük, orta ve yüksek olarak (<% 15, %15-35, > %35) gruplara ayrılmaktadır. Bu kapsamda çalışmada toprak reaksiyonu, Db, θ_{HG} ve Dp "düşük" OM, θ_{TK}, θ_{SN}, θ_{PR} ve SSA "orta" kil, silt, kum, EC ve CaCO₃ özellikleri ortalamaya göre "yüksek" varyasyon sergilemiştir. Wilding vd. (1994), toprakların tekstürü, rengi, derinliği gibi daha stabil olan toprak özelliklerinin diğer dinamik özelliklere göre daha dar bir aralıkta değiştiğini belirtirken Başayığı vd., (2008) toprak pH'sındaki değişim aralığı darlığını toprağı oluşturan aktif faktörlerle ilişkilendirmiştir. Kil, Db, pH, CaCO₃ ve θ_{PR} sola çarpık (-) diğer özelliklerde sağa çarpık (+) bir dağılım göstermektedir. Çarpıklık katsayısı

en yüksek normalden en uzak dağılım gösteren özellik EC olarak belirlenmiştir. Elektriksel iletkenlik özelliğinin sağa çarpık sola yığılımlı bir dağılım göstermesi toprakların EC içeriklerinin büyük bir kısmının ortalamadan (405 µmhos cm⁻¹) daha düşük seviyede olduğunun bir sonucudur. Söz konusu bu toprakların % kum içerikleri diğer topraklara göre daha düşük seviyelerde belirlenmiştir. Su ve besin elementini tutma özelliği düşük olan kum fraksiyonunun toprak içerisindeki miktarının düşük seviyelerde olması tuz birikimi arttırabilmektedir. Yine bu toprakların pH seviyeleri diğer topraklara göre daha düşüktür. Bu durum düşük pH'da çözünebilir tuz miktarının artmasıyla ilişkilendirilebilmektedir (Mohd-Aizat vd., 2014; Budak vd., 2018). Silt, kum, Dp, EC ve SSA özelliklerinin eğrileri normale göre daha dik (+), diğer özellikler ise daha basık (-) olarak dağılım göstermektedir. Toprak özelliklerinin dinamik bir yapıda olması olası farklılıkların bir sebebidir.

Sınırlandırılmış su aralığı ve konumsal dağılımı

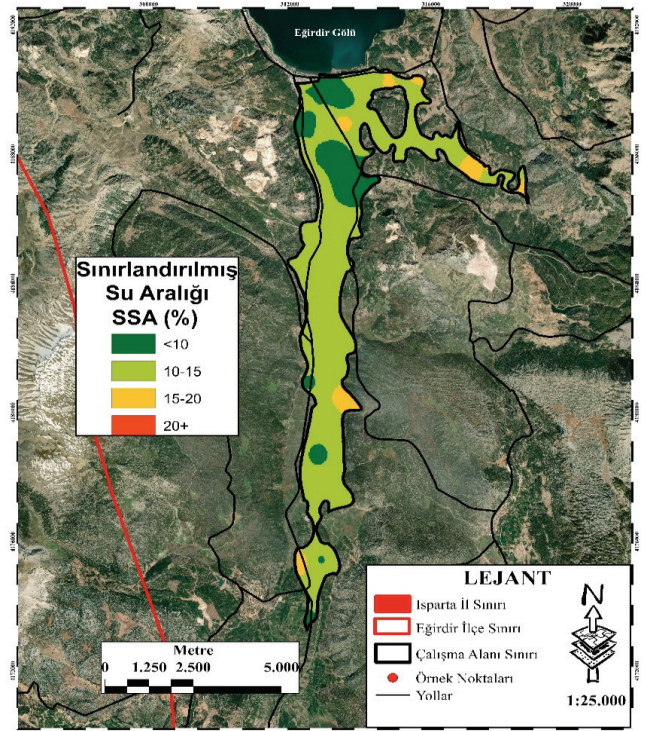
Toprakların θ_{HG}, θ_{TK}, θ_{SN}, θ_{PR} içerikleri sırasıyla % 27.88-47.02, % 25.92-48.93, % 18.33-35.13, % 8.45-31.41 arasında değişmektedir. Sınırlandırılmış su aralığı ise % 6.59- 19.27 (v/v) seviyelerinde bulunmuştur. Sınırlandırılmış su aralığı için

toprakların % 40'ında θ_{TK} ve % 60'ında θ_{HG} üst sınır olarak belirlenmiştir. Alt sınırları ise % 34.3'lük oranda θ_{PR} ve % 65.7'lik oranda θ_{SN} oluşturmaktadır. Üst sınırın θ_{TK} ve alt sınırın θ_{SN} olarak gerçekleşmesi durumunda, topraklarda SSA, optimum yarayışlı su içeriği karşılığıdır. Eğer alt sınır θ_{PR} ise daha dar bir SSA ve dolayısıyla penetrasyon direncinin yüksekliği söz konusudur.

Üst sınırın θ_{TK} yerine θ_{HG} olması durumu, havalanma yetersizliğinin bir göstergesidir. Sorunun sadece havalanma yetersizliği olması durumunda alt sınır değişmeksizin θ_{SN} 'dir. Alt sınır için θ_{PR} durumu ise havalanma yetersizliği yanında penetrasyon direncinin yüksekliğine işaret etmektedir. Toprakların % 20'sinde optimum yarayışlı su içeriğinin (YSİ) SSA'ya eşit olduğu belirlenmiştir. Kök gelişim ve aktivitesi bakımından, penetrasyon direncinin toprakların % 20'sinde, havalanma yetersizliğinin % 45.7'sinde ve her ikisinin % 14.3'ünde sınırlayıcı rol oynadığı gözlenmiştir. Yarayışlı su içerikleri ile sınırlayıcı etkilerin hakim olduğu durumdaki SSA karşılaştırıldığında ortalama SSA değeri % 10.91 iken bu toprakların yarayışlı su içerikleri ortalama % 14.15 olarak belirlenmiştir. SSA ile YSİ arasındaki farkın en yüksek olduğu bazı topraklar için (% 7.50, 5.58, 4.98, 4.93, 4.73) hava dolu gözenek hacminin % 10 olduğu durumdaki nem seviyeleri (% 36, 38, 33, 32, 30), tarla kapasitesindeki nem seviyesinden (% 45, 46, 36, 37, 34) daha düşüktür. Farkın az olduğu bazı topraklar için (% 0.64, 0.86, 1.82, 1.96) ise solma noktasındaki nem içeriği (% 24, 27, 29, 24) θ_{PR} 'den (% 25, 29, 31, 26) daha düşük seviyelerdedir. Çalışmada SSA'nın YSİ den farklı belirlenmesinde, θ_{TK} ve θ_{HG} diğer özelliklere göre daha etkili bulunmuştur. Söz konusu özellikler gözenek büyüklük dağılımından etkilenirken θ_{SN} genellikle kil içeriğiyle ilişkili olarak değişkenlik göstermektedir. Bu sebepten sıkışma ve havalanma problemleri genellikle θ_{TK} ve θ_{HG} özellikleri üzerinde etki göstermektedir.

Çalışma alanı toprakları için SSA dağılım durumu Şekil 3'de gösterilmiştir. Ters mesafe komşuluk benzerliği (IDW) enterpolasyon yöntemiyle oluşturulan SSA dağılım haritalarının tahmin başarısında hata kareler ortalaması karakökü (RMSE) değeri % 0.98 olarak belirlenmiştir. Gerçek bir değer için modelin bu değer için öngörüsünde ne kadar saptığını belirlemek için kullanılan RMSE değerinin 0'a yakın olması tahmin ile gerçek arasındaki hata payının düşük seviyelerde

olduğunu göstermektedir. Sınırlandırılmış su aralığı % 15-20 olan toprakların, çalışma alanının güneyinde ve Eğirdir gölünün güney batısında yer aldığı belirlenmiştir. % 10'dan küçük olan SSA ise genellikle kuzeydeki ağır bünyeli topraklarda rastlanmaktadır. Bölgede genellikle orta-ince bünye grubu hakimdir ve toprakların % 80'inde havalanma ve/veya sıkışma sorunları söz konusudur. Elma bahçelerinde genellikle 4 farklı dönemde toprak işleme, 3 farklı dönemde gübreleme ve belirli aralıklarla hastalık ve zararlarla mücadele işlemleri uygulanmaktadır (Özçağırın vd., 2011) Çalışma alanındaki meyve bahçelerinde toprak işleme, yoğun gübreleme, ilaçlama ve diğer kültüvasyon uygulamaları gibi nedenlerle; bir taraftan zayıf strüktürel durum ve bünyesel özelliğin toprakları sıkışmaya duyarlı kılması ve diğer taraftan aşırı tarla trafiğinin böyle bir tablonun ortaya çıkmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir.



Şekil 3. Sınırlandırılmış su aralığının dağılım haritası
Figure 3. Distribution map of least limiting water range

Sınırlandırılmış su aralığı ve diğer toprak özellikleri ilişkileri

Toprak özelliklerinin korelasyon ilişkileri Çizelge 2'de belirtilmiştir. Toprak özelliklerinin korelasyon matrisleri oluşturulması aşamasında, çarpıklık katsayısı 0.5'den büyük olan özellikler

için değerlerin log ve türev dönüşümleri (Şenol vd., 2018) kullanılarak normal dağılıma yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Sınırlandırılmış su aralığı özelliği; C , θ_{HG} , θ_{TK} , θ_{SN} , OM ve $CaCO_3$ ile pozitif, D_b ile negatif yönlü istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$; $P<0.01$) ilişkiler sergilemiştir. Toprağın su tutma özellikleri ve kil arasında pozitif yönlü ilişkilerin varlığı (Gülser, 2004, Yakupoğlu vd. 2012; Tunçay vd., 2018; Şenol vd., 2018,) geçmişten bu yana pek çok çalışmada doğrulanmıştır. Toprağın iyi bir strüktür kazanması, agregatların dayanıklılıkları, su tutma kapasitesi, havalanması gibi fiziksel özellikleri, büyük ölçüde toprak organik maddesi ile ilgilidir (Aydemir vd., 2005). Tarla trafiğine bağlı toprak sıkışması, kök gelişimini etkilemekte, hacim ağırlığında artış, agregat stabilitesinde azalışlara neden olmaktadır (Aksakal ve Öztaş, 2010). Kireç içeriğinin artmasıyla agregatlaşma artmaktadır. Toprak tekstürü inceldikçe, organik madde, kireç ve suya dayanıklı agregatların miktarı arttıkça hacim ağırlığı azalmakta, gözeneklerde tutulan su miktarı artmaktadır (Yılmaz vd., 2005; Aksakal ve Öztaş, 2010). Dolayısıyla OM ve $CaCO_3$ ile SSA arasındaki pozitif yönlü ilişkiler beklenen bir durumdur. Organik madde sağa çarpık sola yığılımlı bir dağılım göstermektedir ve topraklar genellikle ortalamadan (% 3.34) daha düşük değerlere sahiptir. Oysa, toprakların $CaCO_3$ içeriklerinin büyük bir kısmı ortalamadan daha yüksek seviyelerde belirlenmiştir. θ_{HG} , θ_{TK} , θ_{SN} , θ_{PR} değerleri ile OM ve $CaCO_3$ arasındaki ilişkiler

birlikte değerlendirildiğinde $CaCO_3$ lehine belirgin bir üstünlük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 3). $CaCO_3$ 'ün yüksek olduğu toprak gruplarının bazılarında kil içerikleri yüksek (% 49.49, 48,17, 40.80, 40.22), organik madde içerikleri düşük olan topraklarda ise kum içerikleri yüksek (% 58.08, 53,19, 48.36, 40.75) seviyelerdedir. Söz konusu bu durum $CaCO_3$ 'ün su tutma üzerine etkisini daha önemli kılmıştır.

Kütle yoğunluğu ile SSA arasında negatif yönlü önemli bir ilişki belirlenmiştir. Kütle yoğunluğunun artması diğer bir deyimle penetrasyon direnci değerinin 2 MPa'nın üzerine çıkmasıyla θ_{SN} 'nin yerini θ_{PR} aldığında, θ_{TK} 'nin aynı kaldığı koşullarda SSA'da bir daralma söz konusudur. Haghghi Fashi vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada kontrol koşullarında %15 (v/v) olan SSA, sıkışmayla birlikte % 7(v/v) seviyelerinde belirlenmiştir. Mevcut çalışmamızda elde edilen, kütle yoğunluğu artışı θ_{HG} 'yi azaltırken, TK ve SN'de artışlara yol açtığına ilişkin bulgularımız, Çetin (2018) tarafından bildirilen çalışma sonuçlarıyla uyumludur. Mikro gözeneklerde (< 0.2 mikron) tutulan su, bitkiler tarafından alınmaz. Orta gözeneklerde tutulan su ise bitkiler tarafından alınabilir. Makro gözeneklerde (> 50 mikron) ise genellikle su tutulamaz. Bu nedenle kaba gözeneklerin oranı, toprak havalanması için bir ölçü olmaktadır. Hacim ağırlığının artmasıyla makro gözenekler azalarak orta ve mikro gözeneklerde artış gerçekleşmektedir (Çepel 1988). Yine birçok çalışmada penetrasyon

Çizelge 2. Toprak özellikleri arasındaki pearson korelasyon katsayıları

Table 2. Pearson correlation coefficients between soil properties

	Kil	Silt	Kum	D_b	OM	$CaCO_3$	θ_{TK}	θ_{HG}	θ_{SN}	θ_{PR}
Kil	-									
Silt	-0.12	-								
Kum	-0.75**	-0.48**	-							
D_b	-0.36**	0.11	0.12	-						
OM	0.34	0.40**	-0.43**	-0.10	-					
$CaCO_3$	0.18	-0.19	-0.10	-0.30*	-0.30*	-				
θ_{TK}	0.45**	-0.09	-0.22*	0.58**	0.23	0.44**	-			
θ_{HG}	0.12	0.11	-0.11	-0.60**	-0.13	0.21*	0.54**	-		
θ_{SN}	0.41**	0.09	-0.25*	0.45**	0.20	0.34*	0.65**	0.34**	-	
θ_{PR}	0.25*	-0.12	-0.16	0.54**	0.09	0.36*	0.47**	0.48**	0.63**	-
SSA	0.38**	-0.17	-0.19	-0.43**	0.35*	0.31*	0.58**	0.34*	0.32*	0.20

OM: organik madde, D_b : hacim ağırlığı, EC:elektriksel iletkenlik, $CaCO_3$: eşdeğer kireç içeriği, θ_{HG} : hava dolu gözenek hacminin % 10 olduğu nem içeriği, θ_{TK} : tarla kapasitesi, θ_{SN} : solma noktası, θ_{PR} : 2MPa penetrasyon direncinde toprak nem içeriği, SSA:sınırlandırılmış su aralığı
* $P<0.05$, ** $P<0.01$

direnci ile kütle yoğunluğu arasında pozitif, nem içeriğiyle ise negatif ilişkiler gözlenmiştir (Blainski vd., 2008; Ribon ve Tavares Filho, 2008).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışma sonucunda toprakların büyük bir kısmının SSA'ları düşük seviyelerde belirlenmiştir. Bölgede toprakların genelinde orta-ince bünye grubu hakimdir. Özellikle uygun olmayan nem koşullarında yoğun tarla trafiği, söz konusu bünye grubu için ciddi boyutta toprak sıkışmasına neden olmaktadır. Ayrıca uzun yıllar kapama elma tarımı yapılan bahçelerin arazi kullanımına bağlı olarak SSA'nın düşük seviyelerde belirlendiği düşünülmektedir. Toprakların % 20'lik kısmında YSİ, SSA'ya eşit belirlenirken, büyük bölümünde (% 80) havalanma ve/veya sıkışma problemleri tespit edilmiştir. Sınırlandırılmış su aralığının orta seviyede (%15-20) değişim gösterdiği topraklar, çalışma alanının güneyinde ve Eğirdir gölünün güney batısında yer alırken, düşük SSA ise genellikle kuzeyde ağır bünyeli topraklarda belirlenmiştir. Çalışma alanının güneyi ve Eğirdir gölünün güney batısında bulunan topraklarda koruyucu toprak işleme ve kültürel mücadele, kuzeydeki topraklarda ise tarla trafiğinin azaltılması, örtülü toprak işleme sistemine geçilmesi yüzey toprağının strüktürel yapısının iyileştirilmesine önemli katkı sağlayacaktır. Sınırlandırılmış su aralığı C, OM, CaCO₃ ve D_b ile istatistiksel olarak önemli (P<0.05; P<0.01) ilişkiler sergilediği korelasyon analizi sonucunda belirlenmiştir. Özellikle agregasyon ile ilişkili bu parametrelerin SSR ile önemli korelasyonlar göstermesi bu özelliklerin strüktürel yapıyı etkilemesinin bir sonucudur. Sınırlandırılmış su aralığı, YSİ'den daha düşük seviyede görüldüğü topraklarda θ_{SN} ve θ_{PR} yerine θ_{HG} ve θ_{TK} özelliklerinin etkinliği daha yüksek belirlenmiştir.

Buna göre; bitkiler tarafından kullanılabilir yarayışlı su içeriğinin sıkışmaya bağlı olarak değiştiği, SSA'nın optimum su içeriği aralığından daha düşük seviyelerde belirleneceği sonucuna varılmıştır. Bu kapsamda, özellikle bitki köklerinin sudan faydalandığı etkili kök derinliğinde ortaya çıkacak herhangi bir sıkışma ve havalanma probleminin verim kaybına neden olacağı düşünülmektedir. Bitkinin sulamadan optimum yararı sağlayacağı koşulların elde edilebilmesi için etkili kök derinliğinde söz konusu bu özelliğin belirlenmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksakal EL, Öztaş T (2010). Changes in distribution patterns of soil penetration resistance within a silage-corn field following the use of heavy harvesting equipments. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 34: 173-179.
- Alaboz P, Işıldar AA (2018). Elma ve gül posası biyoçarlarının kumlu toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2): 67-72.
- Andreu L, Hopmans JW, Schwankl LJ (1997). Spatial and temporal distribution of soil water balance for a drip-irrigated almond tree. Agric. Water Manage, 35:123-146.
- Anonim (2020). <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. (Erişim Tarihi: 08.06.2020).
- Aydemir O, Akgül M, Canbolat MY, Işıldar AA (2005). Toprak bilgisi. Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Ders Notu Yayın No:1, Isparta, p. 172.
- Başayığıt L, Şenol H, Müjdeci M (2008). Isparta ili meyve yetiştirme potansiyeli yüksek alanların bazı toprak özelliklerinin coğrafi bilgi sistemleri ile haritalanması. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(2):1-10.
- Blainski É, Tormena CA, Fidalski J, Guimarães RML (2008). Quantificação da degradação física do solo por meio da curva de resistência do solo à penetração. Revista Brasileira de Ciência do Solo, 32(3): 975-983.
- Bouyoucos GJ (1962). Hydrometer method improved for making particle size analyses of soils. Agron. J., 54: 464-465.
- Budak M, Günel H, Çelik İ, Acır N, Sırrı M (2018). Dicle havzası toprak özelliklerinin yersel değişimlerinin jeostatistik ve coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi ve haritalanması. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 5(2):103-115.
- Burt R (Ed.) (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, kellogg 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>. (Erişim: 08.08.2019).
- Çepel N (1988). Toprak ilmi ders kitabı; orman topraklarının karakteristikleri, toprakların oluşumu, özellikleri ve ekolojik bakımdan değerlendirilmesi. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, Yayın No: 3416, İstanbul (Çeviri), p. 276.
- Çetin A (2018). Toprak nemi ve hacim ağırlığının penetrasyon direncine etkisi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Konya.
- Da Silva A, Kay B, Perfect E (1994). Characterization of the least limiting water range of soils. Soil Science Society of America Journal, 58 (6):1775-1781.
- Da Silva AP, Kay BD (2004). Linking process capability analysis and least limiting water range for assessing soil physical quality. Soil and Tillage Research, 79(2):167-174.

- De Vares Rossetti K, Centurion JF (2017). Least limiting water range in Oxisols under different levels of machine traffic. *Comunicata Scientiae*, 8(2): 337-346.
- Demiralay İ (1993). Toprak fiziksel analizleri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Erzurum, p.143.
- Derici B (2018). Bütünleşik kıyı alanları yönetimi'nin (bkay) göl kıyılarında uygulanabilirliği: Eğirdir gölü örneği. Yüksek lisans tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Isparta.
- Doran JW, Jones AJ (1996). Methods for assessing soil quality. *Soil Science Society of America Special Publication 49*. SSSA. Madison, WI., USA.
- Ferree DC, Warrington IJ (Eds.) (2003). Apples: botany, production, and uses. CABI.
- Green S, Clothier B (1999). The root zone dynamics of water uptake by a mature apple tree. *Plant and Soil*, 206(1): 61-77.
- Gülser C, Candemir F (2014). Using soil moisture constants and physical properties to predict saturated hydraulic conductivity. *Eurasian Journal of Soil Science*, 3: 77-81.
- Gülser C (2004). Tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası değerlerinin toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleriyle ilişkili pedotransfer eşitliklerle belirlenmesi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(3):19-23.
- 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.
- Hazelton P, Murphy B (2016). Interpreting soil test results: What do all the numbers mean?. CSIRO publishing.
- Kacar B (2009). Toprak analizleri. Nobel yayın dağıtım, Ankara, p.467.
- Karabacak K (2007). Eğirdir ilçesi'nin coğrafi etüdü. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Konya.
- Kay BD, Anger DA (2002). Soil structure in soil physics companion (AWarrick, Ed) 249-296.
- Keller T, Da Silva AP, Tormena CA, Giarola NFB, Cavalieri KMV, Stettler M, Arvidsson J (2015). SoilFlex-SSA: linking a soil compaction model with the least limiting water range concept. *Soil Use and Management*, 31(2):321-329.
- KHGM (1994). Köy Hizmetleri genel Müdürlüğü Isparta İli Arazi Varlığı.
- Leao 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.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM) (2020). <http://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/yillik-toplam-yagis-verileri.aspx#sfU>. [Erişim tarihi: 20.01.2020].
- Mihalikova M, Başkan O, Dengiz O (2015). Capability of different interpolation models and pedotransfer functions to estimate soil hydraulic properties in Büyükçay Watershed. *Environmental Earth Sciences*, 74(3): 2425-2437.
- Mohd-Aizat A, Mohamad-Roslan MK, Sulaiman WNA, Karam DS (2014). The relationship between soil ph and selected soil properties in 48 years logged-over forest. *International Journal of Environmental Sciences*, 4(6):1129.
- Özçağiran R, Ünal A, Özeker E, İsfendiyaroğlu M (2011). İliman iklim meyve türleri. Yumuşak çekirdekli meyveler Cild-II, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir.
- Pachepsky Y, Rawls WJ (Eds.) (2004). Development of pedotransfer functions in soil hydrology. Elsevier.
- Ribon AA, Tavares Filho J (2008). Estimativa da resistência mecânica à penetração de um latossolo vermelho sob cultura perene no norte do estado do Paraná. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 32(5): 1817-1825.
- RStudio (2019) Programs download. <https://rstudio.com/products/rstudio/download/>. [Erişim Tarihi: 10.11.2019].
- Shaver T M, Peterson GA, Ahuja LR, Westfall DG, Sherrod LA, Dunn G (2002). Surface soil physical properties after twelve years of dryland no-till management. *Soil Science Society of America Journal*, 66(4): 1296-1303.
- Soil Survey Staff (1992). Soil survey manual. United States Department of Agronomy. Handbook No: 18. Washington, USA.
- Şenol Ş, Alaboz P, Gülsoy S, Özkan G (2018). Boylu ardiç (*Juniperus excelsa* Bieb.) ormanları altındaki toprakların fizikokimyasal özellikleri. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 19(1): 1-10.
- Tunçay T, Başkan O, Bayramın İ, Dengiz O, Kılıç Ş (2018). Geostatistical approach as a tool for estimation of field capacity and permanent wilting point in semiarid terrestrial ecosystem. *Archives of Agronomy and Soil Science*. 64 (9): 1240-1253.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) (2019). <http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist>. [Erişim Tarihi: 10.04.2020].
- Uçkun K (2007). Eğirdir-Boğazova topraklarının bazı fiziksel özelliklerinin belirlenmesi. Yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Konya.
- Vrugt JA, Hopmans JW, Üimunek J (2001). Calibration of a two-dimensional root water uptake model. *Soil Science Society of America Journal*, 65(4): 1027-1037.
- 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.
- Wilding LP, Bouma J, Goss DW (1994). Impact of Spatial Variability on Interpretative Modelling. In: *Quantitative Modelling of Soil Forming Processes* R.B. Bryant ve Arnold R.W. (Ed.) SSSA Special Publication Number 39, SSSA, Inc. Madison Wisconsin, USA.
- Wu L, Feng G, Letey J, Ferguson L, Mitchell J, McCullough-Sanden B, Markegard, G (2003). Soil management effects on the nonlimiting water range. *Geoderma*, 114 (3-4): 401-414.
- Yakupoğlu T, Saltalı K, Karagöktaş M (2012). Narlı Ovası'nda toprak aşınabilirliğinin pedotransfer yaklaşım ile tahminlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 15(2):59-67.

Yılmaz E, Alagöz Z, Öktüren F (2005). Aggregate formation and stability in soil. Selcuk Agriculture and Food Sciences Journal, 19(36):78-86 (In Turkish).

Zou C, Sands R, Buchan G, Hudson I (2000). Least limiting water range: a potential indicator of physical quality of forest soils. Soil Research, 38(5): 947-958.

Fındık Tarımı Yapılan Toprakların Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri ile Verimlilik Durumlarının Belirlenmesi

Özlem ETE AYDEMİR^{1,*} Mehmet AKGÜN¹ Faruk ÖZKUTLU¹

¹Ordu Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 52200, Altınordu/ Ordu

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): ozlemete87@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 13.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 19.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.768642

Öz

Fındıkta yüksek verim ve kaliteli ürün alınmasının ön koşullarından birisi toprak ve yaprak analizlerine göre doğru gübrelemedir. Bu araştırma, Ordu İli fındık tarımı yapılan bahçelerin verimlilik durumunu belirleyebilmek için 40 farklı bahçeden toprak örneği alınarak toprakların bazı fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmasıyla verimlilik durumları belirlenmiştir. Toprakların bünye (tekstür), pH ve kireç durumları saptanmış ve sınır değerlerle kıyaslanmıştır. Buna göre, toprakların pH düzeyleri hafif asitten hafif alkaliye arasında değiştiği ve genellikle az kireçli olduğu belirlenmiştir. Toprakların mineral besin elementleri arasından %90'ında fosfor, %62.5'inde kalsiyum, %100'ünde magnezyum ve %52.5'sinde ise çinko bakımından noksan olduğu saptanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre fındık yetiştiriciliği yapılan bahçelerin özellikle besin elementleri bakımından yetersiz olduğu ortaya çıkmıştır. Fındıkta gübrelemede tek düze gübreleme yerine çok besinli gübrelerin kullanılmasıyla beslenme sorunu giderilebilir.

Anahtar Kelimeler: Ordu, *Corylus avellana* L, toprak verimliliği

Determination of Some Physical and Chemical Properties and Fertility Capacity of Soils under Hazelnut Cultivation

Abstract

One of the prerequisites for high yield and quality in hazelnut farming is accurate fertilization based on soil and leaf analysis. This study is carried out to determine fertility status of the soils under hazelnut cultivation in Ordu Province by testing physical and chemical properties of the soil samples taken from 40 hazelnut orchards. The texture, pH and lime status of the soils were determined and compared with the limit values. Accordingly, it was determined that the soils were generally low in lime and pH levels were changing from slightly acidic to slightly alkali. The comparison of mineral nutrition elements of the soils with the limit values revealed that 90%, 62.5%, 100% and 52.5% of the soils were deficient for phosphorous, calcium, magnesium and zinc, respectively. The results of the present study indicated that there was a nutritional problem in the soils under hazelnut cultivation. This nutritional problem can be solved using multi nutritional fertilizers in hazelnut cultivation.

Keywords: Ordu, *Corylus avellana* L, soil fertility

GİRİŞ

Dünya üzerinde toplamda 966.196 hektar'lık bir alanda fındık yetiştiriciliği yapıldığı açıklanmıştır (FAO, 2020). Türkiye bu alanın 728.381 hektar'lık kısmında fındık yetiştirmektedir. Türkiye'de fındık üretim miktarında yıldan yıla değişiklik olsa da dünya

fındık üretiminin yaklaşık %70-75'ini karşılayarak lider ülke konumundadır. Türkiye'de üretilen fındığın %31'lik kısmı 227.311 ha üretim alanı ile Ordu İli başı çekmektedir (TUIK, 2020). Ordu ili fındık üretimi bakımından ilk sırada yer almasına karşın dekar

başına aldığı verim diğer illere kıyasla daha düşüktür. Fındıkta verim düşüklüğüne neden olan birçok faktör yer almaktadır. Bu faktörlerden bazıları olarak, kültürel (budama ve yabancı ot temizliği) uygulamaların yapılmaması, bahçelerin çok eğimli olması ve yanlış gübreleme programlarının uygulanması sayılabilir. Bahsedilen kültürel uygulamaların yapılması koşuluyla fındıkta yüksek verim ve kaliteli ürün alınabilmesi için ihtiyaç duyulan bitki besin elementlerinin yeterli miktarda uygulanmasına bağlıdır. Bitki besin elementlerinin bitkiler tarafından sürekli olarak sömürülmesi ve yapılan bilinçsiz gübrelemeyle toprakların verimlilik kapasiteleri günden güne azalmaktadır. Tarım alanlarındaki verimlilik durumlarının sürdürülebilmesi için bu alanların en iyi şekilde tanımlanması gerekir. Farklı yollarla topraktan eksilen bitki besin maddelerinin toprağa tekrardan geri kazandırılması zorunludur. Bundan dolayı bitkilerin ihtiyaç duydukları besin elementleri ve beslenme durumlarının belirlenmesi için toprak analizi sıkça başvurulan yöntemlerden birisidir. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde fındık yetiştirilen bazı alanlarda toprakların verimlilik düzeyinin tespitine yönelik araştırmalar yer almaktadır. Bu araştırmaların birçoğunda, bölgede toprakta ve yapraklarda besin elementlerinin mevcut durumunu gösteren

çalışmalarda (Aydın ve vd., 2000; Tarakçıoğlu, 2003; Adiloğlu ve Adiloğlu 2005; Şendemirci ve Korkmaz 2008; Özyazıcı vd., 2016; Esençayı, 2019) birçok mineral elementlerin eksikliğine/fazlalığına dikkat çekilmiştir. Söz konusu araştırmaların sonuçlarına göre, topraklarda en yaygın besin elementi noksanlıkları arasında fosfor (P), potasyum (K) ve çinko (Zn) görüldüğü açıklanmıştır. Yapılan araştırmaların çoğunluğunda Doğu Karadeniz Bölgesinde pH değerlerinin geniş bir aralıkta yer aldığı ve toprakların çok büyük bir bölümünün az kireçli ve organik madde yönünden yüksek durumda yer aldığı saptanmıştır. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesinde yıllık yağış miktarının 900 mm ile 1600 mm arasında olması nedeniyle önemli oranda makro ve mikro elementlerin yıkanarak topraktan uzaklaşmasına bağlı olarak eksiklikler görülebilmektedir. Bu nedenle, bölgede toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerinin sıklıkla belirlenmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu araştırma, Ordu ili fındık tarımı yapılan bazı bahçelerden alınan toprakların verimlilik durumlarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmanın materyalini, Ordu ilinin fındık tarımı yapılan farklı lokasyonlarından alınan

Çizelge 1. Toprak örneklerinin alındığı koordinatlar

Table 1. Coordinates from which soil samples are taken

Örnek No	Koordinatlar			Örnek No	Koordinatlar		
	X-GPS	Y-GPS	Rakım		X-GPS	Y-GPS	Rakım
1	417191	4536413	50	21	405731	4532590	81
2	417191	4536437	51	22	405814	4532831	65
3	417259	4536409	49	23	405810	4532827	50
4	417071	4536398	48	24	405892	4532152	48
5	424623	4534702	35	25	390973	4522443	606
6	424496	4534773	35	26	391012	4522403	600
7	424623	4534697	35	27	391010	4522401	611
8	424152	4534839	35	28	391156	4522186	551
9	424834	4534538	35	29	390850	4521980	563
10	409655	4533932	65	30	390848	4521978	554
11	409442	4534021	64	31	390808	4522170	614
12	409219	4534071	84	32	390699	4521561	594
13	405648	4528560	274	33	390847	4521171	521
14	405644	4528556	88	34	390843	4521169	511
15	406018	4534884	89	35	391842	4521831	503
16	406008	4534834	87	36	358905	4548141	29
17	406008	4534834	84	37	358905	4548141	29
18	405843	4535023	120	38	359257	4552682	16
19	404915	4534974	161	39	357083	4552074	72
20	404822	4535539	97	40	356990	4551985	79

toplam 40 adet toprak örneği oluşturmaktadır. Örnekleme noktalarına ait GPS kayıtları çizelge 1'de verilmiştir. Toprak örnekleri genel kurallara uygun olarak (Jackson, 1958), 0-30 cm derinlikten paslanmaz çelik kürek ile fındık ocaklarının yaprak izdüşümlerinden alınmıştır. Alınan toprak örnekleri laboratuvar koşullarında kurutma tezgâhlarına serilerek, taş, bitki gibi farklı parçacıklar ayıklanmış ve havada kurumaya bırakılmıştır. Kuruyan topraklar tahta tokmaklarla dövülerek 2 mm'lik çelik elekten geçirilip analizlere hazır hale getirilmiştir.

Toprak Örneklerinde Yapılan Analizler

Toprak reaksiyonu 1:2.5 toprak / su karışımında cam elektrotlu pH-metre ile (Jackson, 1958), elektriksel iletkenlik değeri 1:2.5 oranında saf su ile sulandırılmış toprak örneklerinde EC metre ile (Richards, 1954), toprakta tekstür analizi Bouyoucos (1951)'e göre, toprakta kireç Hızalan ve Ünal (1966) tarafından açıklandığı şekilde Scheibler kalsimetresiyle, organik madde Walkley-Black yaş yakma yöntemine göre (Jackson 1962), toplam N Bremner (1965), bitkiye yararlı P analizi Olsen vd. (1954)'e göre, ekstrakte edilebilir K, Ca ve Mg amonyum asetat yöntemiyle Pratt (1965)'e göre bitkiye yararlı Fe, Cu, Zn, Mn DTPA yöntemi Lindsay ve Norvell (1978) e göre, alınabilir B ise Wolf (1971)'e göre belirlenmiştir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Ordu ilinin 40 farklı fındık bahçesinden alınan topraklarının tekstür, pH, EC (tuzluluk), kireç ve organik madde düzeylerine ilişkin veriler Çizelge 2'de sunulmuştur.

Toprakların tekstür sınıfları değişkenlik göstermekle birlikte toplam örneklerin %40'nın killi olduğu bunu takiben %25'inin killi tın ve %15'inin tınlı (Bouyoucos, 1951) olduğu belirlenmiştir (Şekil 1). Toprak örneklerinin pH'ları 5.2-7.9 arasında olup orta asitten hafif alkali karaktere kadar değiştiği belirlenmiştir. Toprak örnekleri Richards (1954) tarafından belirlenen pH değerlerine göre sınıflandırıldığında; toprak örneklerinin %10'u orta asit reaksiyonlu, %22.5'nötr ve %62.5'i de hafif asit reaksiyonlu olduğu belirlenmiştir (Şekil 2). Araştırmaya konu olan toprakların tamamının tuzsuz (Maas, 1986) olduğu tespit edilmiştir (Şekil 3). Toprakların kireç kapsamı %0.2'den %13.9'a kadar değiştiği ve ortalama % 1.1 seviyesinde olduğu belirlenmiştir

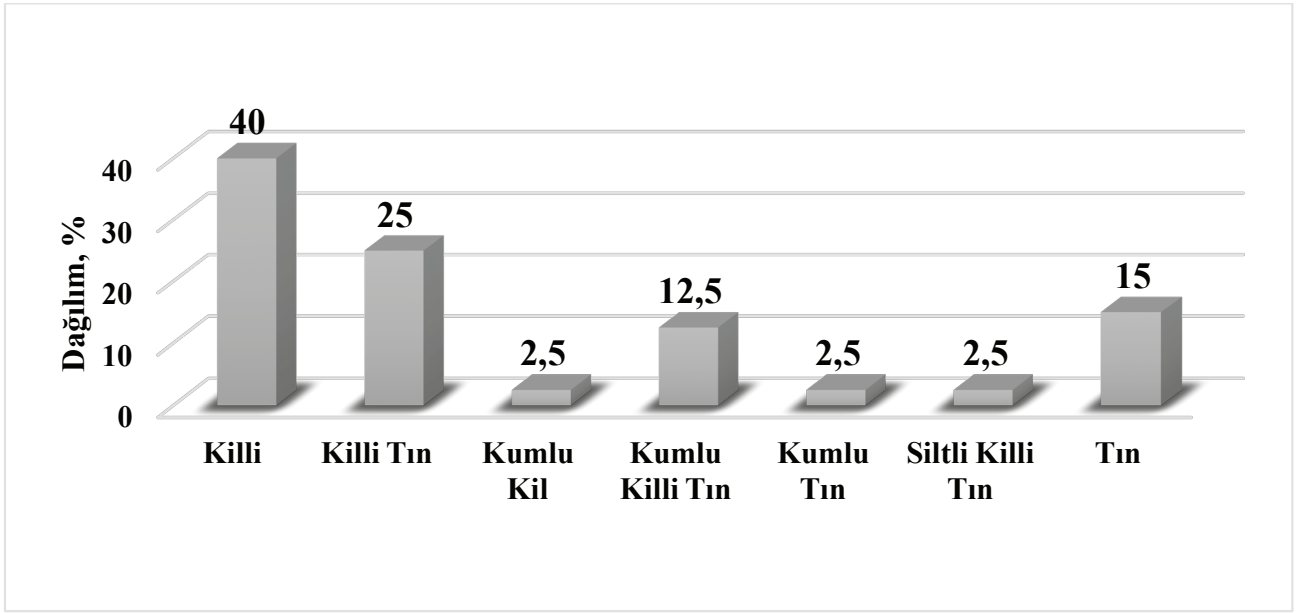
(Çizelge 2). Toprak örneklerinin Hızalan ve Ünal, (1966) göre sınıflandırıldığında örneklerin %5'nin "kireçli", %7.5'nun "orta kireçli ve %87.5'nin "az kireçli" olduğu belirlenmiştir (Şekil 4). Toprakların organik madde düzeyleri %1.4'den %5.1'a değiştiği ve ortalama %2.9 seviyesinde olduğu belirlenmiştir (Çizelge 2). Toprakların organik maddesi sınır değerlerle kıyaslandığında toplam örneklerin %20'si "az", %32.5'u "orta" ve %45'inin de "iyi" (Jackson 1958) olarak sınıflandırıldığı saptanmıştır (Şekil 5).

Doğu Karadeniz Bölgesi yıllık 900-1600 mm arasında yağış alması nedeniyle genellikle bölge topraklarının kuvvetli asit karakterde olduğu düşünülmektedir. Oysa yapılan araştırmada toplam toprak örneklerinin %62.5'inin hafif asit karakterde olduğu bulunmuştur. Fındık yetiştiriciliğinde hafif asit reaksiyonlu toprakların daha ideal olduğu bildirilmiştir (Genç ve Sarıhan, 1976; Özbek, 1981). Toprakların kireç içerikleri düşük ve tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalarda Tarakçıoğlu vd. (2003), Ordu yöresi fındık bahçelerinden aldığı 65 adet toprak örneğinin % 40 hafif asit ve % 20'sinin nötr reaksiyona sahip, %77'sinin az kireçli, topraklar genel olarak killi ve killi tınlı bünyeli ve organik madde bakımından yeterli olduğunu tespit etmişlerdir. Özkutlu vd. (2016) ise fındık bahçesi topraklarının %39 ve %26'sinin sırasıyla hafif ve orta asitli, % 96'sının az kireçli olduğunu, organik maddece %11 noksanlık olduğu bildirmişlerdir. Özyacı vd. (2016) tarafından Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeylerini belirlemek amacıyla 3400 toprak örneği olarak yaptıkları çalışma sonucunda tarım arazilerinin %75.30'nun tınlı topraklar olup, pH değerlerinin 4.5 ile 8.5 arasında değişkenlik gösterdiğini, toprakların büyük çoğunluğunun organik madde bakımından orta düzeyde, %61.15'inin az kireçli ve toprakların tamamının tuzsuz olduğunu saptamıştır.

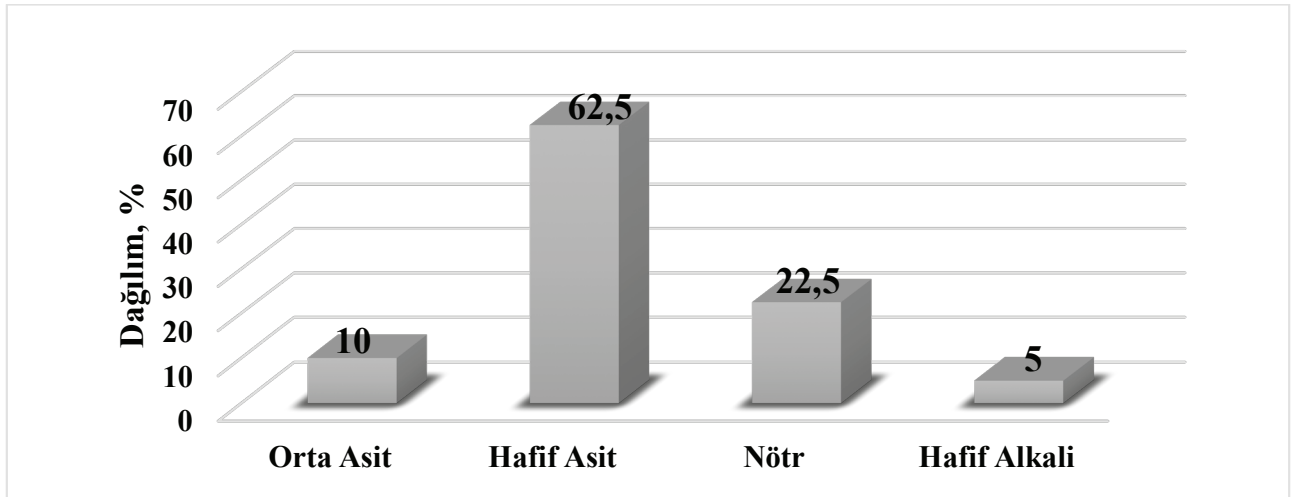
Araştırmada kullanılan toprakların fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprakların P konsantrasyonları 0.5 mg kg⁻¹ ile 50.3 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, ortalama 4.3 mg kg⁻¹ düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Toprakların K konsantrasyonunun 29 mg kg⁻¹ ile 361 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ortalama 124 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. En düşük Ca konsantrasyonunun

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan toprakların tekstür, pH, kireç (CaCO₃), elektriksel iletkenlik (EC) ve organik madde kapsamı
Table 2. Texture, pH, lime (CaCO₃), electrical conductivity (EC) and organic matter content of soils used in the research

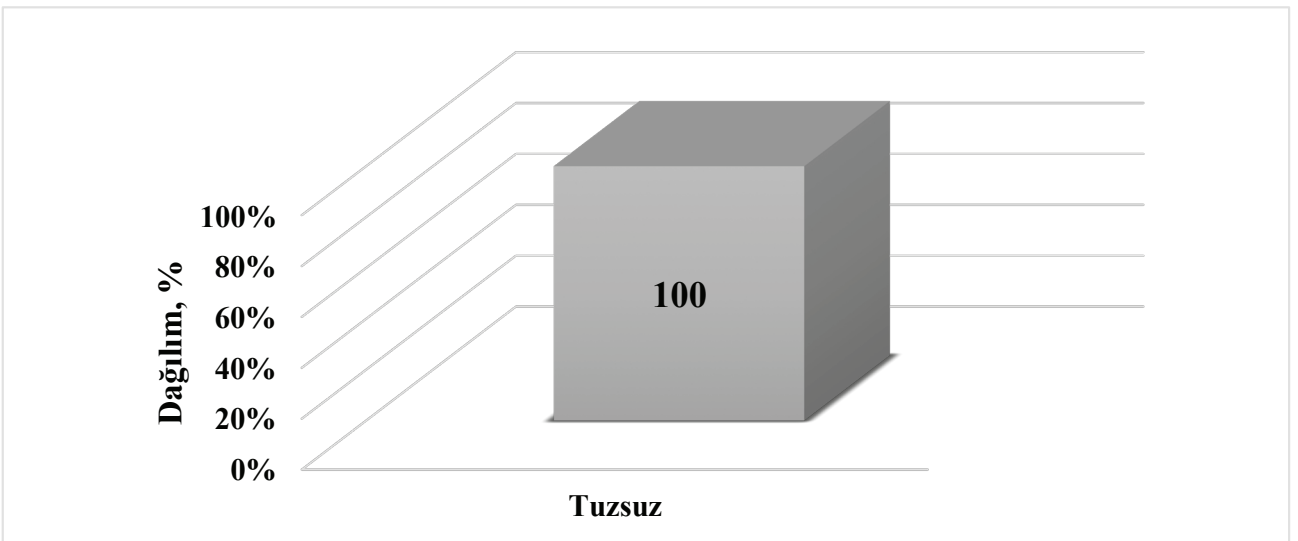
Örnek					
No	Tekstür	pH	EC, dS/m	Kireç, %	OM, %
1	Killi	6.2	0.03	0.67	1.7
2	Killi Tın	6.8	0.05	0.46	1.6
3	Tın	5.5	0.02	0.51	1.4
4	Tın	6.5	0.03	0.42	1.7
5	Killi Tın	6.0	0.03	0.46	1.7
6	Killi	6.2	0.02	0.38	1.7
7	Killi Tın	5.2	0.03	0.46	3.1
8	Killi	5.9	0.03	0.51	3.8
9	Killi Tın	6.2	0.03	0.21	3.2
10	Killi Tın	7.6	0.10	0.84	3.9
11	Killi	7.3	0.13	6.74	3.0
12	Killi	6.5	0.05	0.84	3.8
13	Kumlu Killi Tın	6.3	0.03	0.55	3.3
14	Killi	6.2	0.13	0.51	3.7
15	Killi	5.8	0.03	0.29	3.3
16	Siltli Killi Tın	6.1	0.05	0.51	3.3
17	Kumlu Kil	5.9	0.04	0.13	4.0
18	Killi	5.4	0.04	0.21	3.8
19	Killi	5.5	0.05	0.25	3.0
20	Killi	6.3	0.02	0.21	3.8
21	Killi	6.8	0.16	2.99	2.2
22	Killi	6.3	0.04	0.13	2.9
23	Killi	6.1	0.07	0.21	2.8
24	Killi	6.3	0.04	0.29	3.0
25	Killi	6.4	0.05	0.17	2.5
26	Killi Tın	6.6	0.03	0.08	3.4
27	Tın	6.3	0.04	0.04	3.6
28	Kumlu Killi Tın	5.7	0.04	0.08	3.3
29	Tın	6.6	0.04	0.08	2.7
30	Kumlu Killi Tın	6.6	0.07	0.13	3.3
31	Tın	6.3	0.04	0.02	2.2
32	Kumlu Killi Tın	6.5	0.06	2.28	2.3
33	Kumlu Killi Tın	6.6	0.03	0.46	1.6
34	Kumlu Tın	6.4	0.03	0.63	1.4
35	Killi Tın	6.1	0.04	0.38	2.4
36	Killi Tın	6.4	0.04	0.25	2.8
37	Killi Tın	6.4	0.04	0.25	2.8
38	Killi Tın	7.9	0.16	13.9	3.4
39	Killi	6.7	0.14	0.42	5.1
40	Tın	6.9	0.20	5.22	2.5
En Düşük		5.2	0.02	0.2	1.4
En Yüksek		7.9	0.20	13.9	5.1
Ortalama		6.3	0.06	1.1	2.9



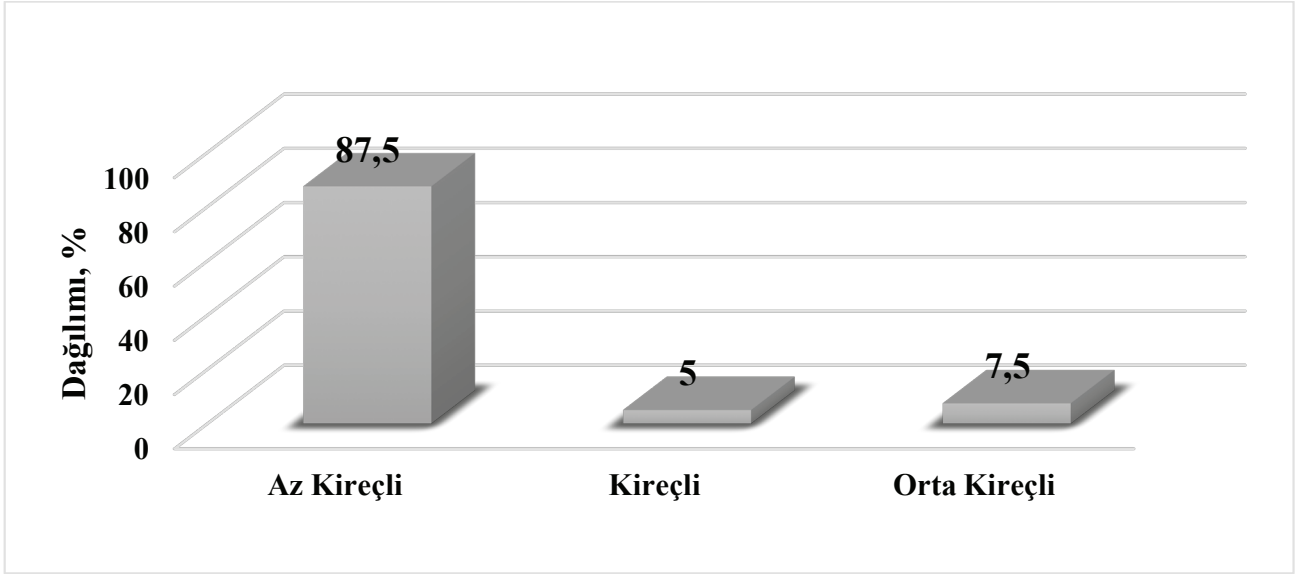
Şekil 1. Ordu ili fındık tarımı yapılan toprakların tekstür sınıflarına göre dağılımları, %
Figure 1. Distribution of Ordu hazelnut cultivated soils according to texture classes, %



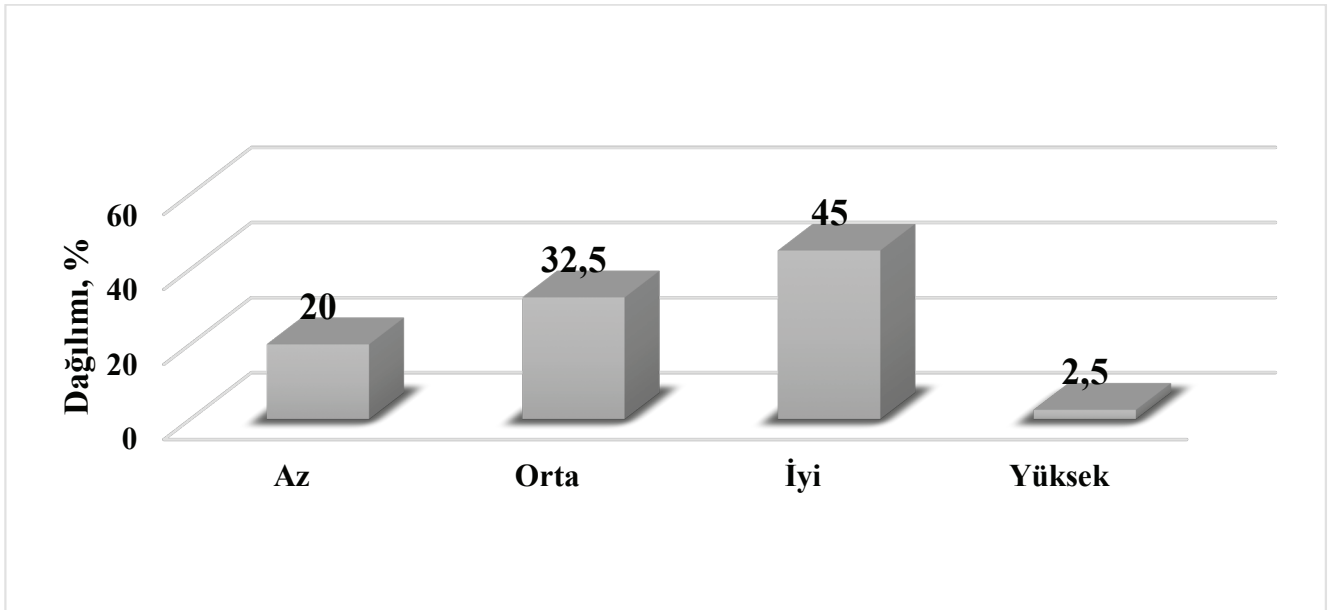
Şekil 2. Ordu ili fındık tarımı yapılan toprakların pH değerlerine göre dağılımları, %
Figure 2. Distribution of soils cultivated in Ordu according to pH values, %



Şekil 3. Ordu ili fındık tarımı yapılan toprakların EC kapsamına göre dağılımları, %
Figure 3. Distribution of soils cultivated in Ordu according to EC content, %



Şekil 4. Ordu İli fındık tarımı yapılan toprakların kireç kapsamalarına göre dağılımları, %
Figure 4. Distribution of hazelnut cultivated soils in Ordu according to the lime content, %



Şekil 5. Ordu İli fındık tarımı yapılan toprakların organik madde dağılımları, %
Figure 5. Distribution of hazelnut cultivated soils in Ordu according to the organic matter content, %

136 mg kg⁻¹ en yüksek Ca konsantrasyonunun ise 679 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Mg konsantrasyonunun 15 mg kg⁻¹ ile 42 mg kg⁻¹ arasında farklılık gösterdiği ortalama olarak 32 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır (Çizelge 3).

Doğu Karadeniz Bölgesi yıllık 900-1600 mm arasında yağış alması nedeniyle genellikle bölge topraklarının kuvvetli asit karakterde olduğu düşünülmektedir. Oysa yapılan araştırmada

toplam toprak örneklerinin %62.5'inin hafif asit karakterde olduğu bulunmuştur. Fındık yetiştiriciliğinde hafif asit reaksiyonlu toprakların daha ideal olduğu bildirilmiştir (Genç ve Sarıhan, 1976; Özbek, 1981). Toprakların kireç içerikleri düşük ve tamamının tuzsuz olduğu belirlenmiştir. Konu ile ilgili yapılan benzer çalışmalarda Tarakçıoğlu vd. (2003), Ordu yöresi fındık bahçelerinden aldığı 65 adet toprak örneğinin %

40 hafif asit ve % 20'sinin nötr reaksiyona sahip, %77'sinin az kireçli, topraklar genel olarak killi ve killi tınlı bünyeli ve organik madde bakımından yeterli olduğunu tespit etmişlerdir. Özkutlu vd. (2016) ise fındık bahçesi topraklarının %39 ve %26'sının sırasıyla hafif ve orta asitli, % 96'sının az kireçli olduğunu, organik maddece %11 noksanlık olduğunu bildirmişlerdir. Özyacı vd. (2016) tarafından Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeylerini belirlemek amacıyla 3400 toprak örneği olarak yaptıkları çalışma sonucunda tarım arazilerinin %75.30'nun tınlı topraklar olup, pH değerlerinin 4.5 ile 8.5 arasında değişkenlik gösterdiğini, toprakların büyük çoğunluğunun organik madde bakımından orta düzeyde, %61.15'inin az kireçli ve toprakların tamamının tuzsuz olduğunu saptamıştır.

Araştırmada kullanılan toprakların fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) konsantrasyonları belirlenmiştir (Çizelge 3). Toprakların P konsantrasyonları 0.5 mg kg⁻¹ ile 50.3 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, ortalama 4.3 mg kg⁻¹ düzeyinde olduğu belirlenmiştir. Toprakların K konsantrasyonunun 29 mg kg⁻¹ ile 361 mg kg⁻¹ arasında değiştiği ortalama 124 mg kg⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. En düşük Ca konsantrasyonunun 136 mg kg⁻¹ en yüksek Ca konsantrasyonunun ise 679 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Mg konsantrasyonunun 15 mg kg⁻¹ ile 42 mg kg⁻¹ arasında farklılık gösterdiği ortalama olarak 32 mg kg⁻¹ olduğu saptanmıştır (Çizelge 3).

Elde edilen bulgular incelendiğinde, toprakların %90'ında yarayışlı fosfor konsantrasyonu çok az olduğu tespit edilmiştir. Toprakların potasyum (K) konsantrasyonları FAO (1990) tarafından belirtilen sınır değerleri ile kıyaslandığında %12.5 "çok az" ve %30'u "az" olarak sınıflandırılmış ve toprakların %55'inde ise yeterli olduğu tespit edilmiştir. Toprakların değişebilir kalsiyum (Ca) miktarı %62.5 ile "çok az" ve %37.5'i "az" olarak sınıflandırılmıştır. Toprakların %100'nün değişebilir Mg bakımından az olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Tarımsal olarak kaliteli ürün ve yüksek verimin alınabilmesi, bitki besin elementlerinin toprakta bulunma miktarına ve aynı zamanda bu elementlerin toprakta dengeli oranlarda bulunmasıyla mümkün olmaktadır. Kacar ve Katkat (2007), bitki bünyesinde immobil olan

Ca ve Mg gibi besin elementlerinin başta asit tepkimeli topraklarda olmak üzere yeterli düzeyde alınamaması nedeniyle bu elementlerin noksanlığının belirgin şekilde ortaya çıkabileceği ve verimin olumsuz etkileeneceğini bildirmişlerdir. Ordu ilinde yapılan çalışmalarda benzer bulgular elde edilmiştir. Örneğin; Tarakçıoğlu ve ark (2003) Orduda yaptıkları çalışmada yöre topraklarının yaklaşık %49.2'sinin P, %69.2'sinin K, %38.5'inin Ca bakımından orta ve düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Özkutlu ve ark (2019) Ordu da yaptıkları bir çalışmada 130 toprak örneğinin yaklaşık %57'si P bakımından noksan, %43'nün ise orta düzeyde olduğunu, toprakların % 27'sinin K konsantrasyonu "az" olarak bulunurken, %64'ünün yeterli olduğunu tespit etmişlerdir. Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeylerini belirlemek amacıyla farklı noktalarda toplanan 3400 toprak örneğinin değerlendirmesi sonucunda toprakların %58.83'ünde fosfor noksanlığını tespit etmiş ve ekstrakte edilebilir potasyumun yönünden de toprakların %42.68'inin yeterli olduğunu açıklamıştır (Özyacı vd., 2016).

Toprakların bitkiye yarayışlı Zn, Fe, Mn, Cu ve B konsantrasyonları çizelge 5'de verilmiştir. Toprakların Zn konsantrasyonu 0.1 mg kg⁻¹ ile 2.3 mg kg⁻¹ arasında değiştiği, ortalama değer 0.8 mg kg⁻¹ olduğu belirlenmiştir. Ortalama Fe, Mn ve Cu konsantrasyonları sırasıyla 45, 20 ve 1.3 mg kg⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Toprakların en düşük B konsantrasyonu 0.4 mg kg⁻¹ olarak belirlenirken en yüksek B konsantrasyonu 2.7 mg kg⁻¹ olarak belirlenmiş ortalama B konsantrasyonunun ise 1.1 mg kg⁻¹ olduğu bulunmuştur.

Topraklarda mikro element konsantrasyonları sınır değerleri ile kıyaslandığında alınan toprak örneklerinin %52.5'i çinko yönünden yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Toprakların %100'ünün Fe bakımından yeterli olduğu, %95'inin Mn ve %55'inin de Cu bakımından fazla olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 6). Fındık yetiştiriciliğinin yoğun olduğu Ordu ilinde genellikle azot ağırlıklı bir gübrelemenin yapıldığı bilinmektedir. Yapılan araştırmada, hem makro hem de mikro elementlerin ihtiyaç olduğu saptanmıştır. Özellikle Zn ve B gibi elementlerin noksanlığı Ordu ilinde bilinmemektedir. Çeşitli araştırmalarla toprakların Zn konsantrasyonlarını belirleme çalışmaları

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan toprakların fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları
Table 3. *Phosphorus, potassium, calcium and magnesium concentrations of soils used in research*

Örnek					
No	P, mg/kg	K, mg/kg	Ca, mg/kg	Mg, mg/kg	
1	1.6	60	323	38	
2	0.8	41	382	37	
3	1.2	50	235	33	
4	0.9	50	337	36	
5	1.5	141	257	38	
6	0.6	136	239	38	
7	2.6	213	185	38	
8	0.7	136	228	35	
9	0.7	211	393	39	
10	1.1	182	614	20	
11	0.6	158	586	16	
12	2.4	115	654	27	
13	12.7	157	679	38	
14	2.5	361	432	33	
15	0.8	188	269	36	
16	1.7	211	220	38	
17	1.2	114	220	33	
18	1.1	156	184	32	
19	1.2	250	288	35	
20	1.9	57	212	31	
21	2.3	94	396	28	
22	1.1	93	324	34	
23	0.9	154	249	30	
24	2.3	108	245	30	
25	1.8	101	136	28	
26	0.9	65	282	36	
27	3.3	132	382	37	
28	3.6	118	293	35	
29	0.5	58	264	33	
30	6.6	62	506	42	
31	1.2	107	316	37	
32	19.2	155	566	33	
33	4.8	77	642	37	
34	20.7	58	582	33	
35	50.3	94	254	31	
36	1.5	29	301	31	
38	0.8	200	598	22	
39	4.5	75	331	18	
40	3.4	83	433	15	
En Düşük	0.5	29.0	136.0	15.0	
En Yüksek	50.3	361.0	679.0	42.0	
Ortalama	4.3	124.0	360.0	32.0	

Çizelge 4. Araştırmada kullanılan toprakların fosfor, potasyum, kalsiyum ve magnezyum analiz sonuçlarının durumu ve dağılımı
Table 4. Condition and distribution of phosphorus, potassium, calcium and magnesium analysis results of soils used in the research

Makro Element	Sınır Değeri ppm	Değerlendirme	Toplam Örnek Sayısı	Dağılımı %
P (Yurtsever, 1984)	0-5	Çok az	36	90
	5-10	Az	0	0
	10-15	Orta	1	2.50
	15-20	Yüksek	1	2.50
	>20	Çok Yüksek	2	5.00
K (FAO, 1990)	<50	Çok az	5	12.50
	50-100	Az	12	30.00
	100-300	Yeterli	22	55.00
	300-1000	Fazla	1	2.50
	>1000	Çok Fazla	0	0.00
Ca (FAO, 1990)	<380	Çok az	25	62.50
	380-1150	Az	15	37.50
	1150-3500	Yeterli	0	0.00
	3500-10000	Fazla	0	0.00
	>10000	Çok fazla	0	0.00
Mg (FAO, 1990)	<50	Çok az	40	100.00
	50-160	Az	0	0.00
	160-480	Yeterli	0	0.00
	480-1500	Fazla	0	0.00
	>1500	Çok fazla	0	0.00

Çizelge 6. Araştırmada kullanılan toprakların çinko, demir, mangan, bakır ve bor analiz sonuçlarının durumu ve dağılımı
Table 6. Condition and distribution of zinc, iron, manganese, copper and boron analysis results of soils used in the research

Mikro Element	Sınır Değeri (ppm)	Değerlendirme	Toplam Örnek Sayısı	Dağılımı (%)
Zn (Sillanpaa, 1990)	<0.2	Çok az	3	7.50
	0.2-0.7	Az	18	45.00
	0.7-2.4	Yeterli	19	47.50
	>2.4	Fazla	0	0
Fe (Lindsay ve Norvell, 1978)	<2.5	Az	0	0
	2.5-4.5	Noksanlık görülebilir	0	0
	>4.5	İyi	40	100
Mn (Sillanpaa, 1990)	<0.2	Çok az	0	0
	0.2-0.7	Az	0	0
	0.7-5.0	Yeterli	2	5.00
Cu (Lindsay ve Norvell, 1978)	>5.0	Fazla	38	95.00
	0.2-0.25	Orta	3	7.50
	0.25-1	Yeterli	15	37.50
B (Wolf, 1971)	>1	Fazla	22	55.00
	<0.5	Az	1	2.5
	0.5-2.0	Yeterli	35	87.50
	2.0-5.0	Fazla	4	10
	>5.00	Çok fazla	-	0

Çizelge 5. Araştırmada kullanılan toprakların çinko, demir, mangan, bakır ve bor konsantrasyonları
Table 5. Zinc, iron, manganese, copper and boron concentrations of soils used in research

Örnek No	Toprak Mikro Elementleri (mg kg ⁻¹)				
	Zn	Fe	Mn	Cu	B
1	0.3	35	26	0.8	1.4
2	0.6	16	29	0.2	1.3
3	1.0	47	5	0.1	1.5
4	0.9	40	15	0.3	2.7
5	0.7	34	18	0.3	0.8
6	0.3	19	9	0.4	1.3
7	2.1	31	19	1.4	1.6
8	0.5	49	24	1.7	0.6
9	1.2	52	27	0.3	1.3
10	1.4	5	6	1.3	0.4
11	0.5	5	3	1.2	0.7
12	0.6	45	14	1.4	1.6
13	0.4	15	8	0.4	2.1
14	2.3	46	72	2.0	2.6
15	0.7	49	10	1.6	1.8
16	1.8	54	7	2.6	1.0
17	0.8	62	13	2.6	2.5
18	0.9	74	6	2.5	1.2
19	1.2	55	7	0.8	1.0
20	1.3	39	19	1.1	0.8
21	0.9	15	14	0.4	0.5
22	0.5	78	28	1.9	0.7
23	1.1	53	28	2.5	0.5
24	1.2	95	25	1.0	0.5
25	1.0	50	8	0.1	0.7
26	0.6	63	25	0.8	0.7
27	0.5	64	33	2.5	1.0
28	0.4	78	51	2.3	0.5
29	0.1	26	32	1.2	0.8
30	1.3	34	20	0.6	0.9
31	0.6	42	19	0.8	1.4
32	0.4	63	24	2.0	1.1
33	0.1	18	12	0.3	0.6
34	0.1	24	11	0.5	1.4
35	0.5	59	23	0.4	1.6
36	0.5	95	46	1.3	0.9
38	1.2	30	8	4.9	0.7
39	0.9	61	18	1.7	0.7
40	0.9	24	8	1.5	1.5
En Düşük	0.1	5	3	0.1	0.4
En Yüksek	2.3	95	72	4.9	2.7
Ortalama	0.8	45	20	1.3	1.1

yapılmıştır. Örneğin, Türkiye topraklarının %49.8'inde çinko noksanlığı olduğu (Eyüboğlu ve ark., 1998) tarafından saptanmıştır. Topraklarda Zn noksanlığı ile pH arasında yakın bir ilişki yer almaktadır. Toprak pH'sındaki bir birim artışa karşın toprakta bulunan Zn'nin yarayırlılığı 100-150 kat oranında azalmaktadır (Marshcener, 1995). Fındık yetiştirilen alanlarda pH'nın düşük olması nedeniyle sıklıkla kireçleme yapılmaktadır. Kireçlemeyle topraklarda noksan olan Zn noksanlığı daha da şiddetlenmektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Ordu yöresinde fındık tarımı yapılan toprakların verimlilik durumlarının belirlenmesi ve potansiyel beslenme problemlerinin ortaya konulmasını amaçlayan bu çalışmanın sonuçlarına göre; toprakların verimlilik düzeylerinde önemli parametrelerden makro ve mikro elementler yönünden eksiklikler olduğu tespit edilmiştir. Buna göre fındık tarımı yapılan alanlarda mutlaka toprak analizlerinin yapıp analiz sonuçlarına göre tek besinli gübrelemeden kaçınılmalıdır. Bunun yerine içeriğinde hem makro hem de mikro elementleri barındıran gübrelerin kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

KAYNAKLAR

Adiloğlu A, Adiloğlu S (2005). An investigation on nutritional problems of hazelnut grown on acid soils, communication in soil science and plant analysis, 36, 2219-2226.

Aydın Ş, İrget ME, Karakurt R (2000). Bartın yöresi fındık bahçelerinin beslenme durumu, Anadolu, J. Of Aarı 10 (2) 139 – 157.

Bouyoucus GJ (1951). Arecalibration of hidrometer for making mechanical analysis of soils. Agron. J. 43: 434-438.

Bremner JM (1965). Total nitrogen methods of soil analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties. Ed. C.A. Black. Amer. Soc. Of Agron. Inc. Pub. Agron. Series. No: 9, Madison, Wisconsin, U.S.A. 1149-1178.

Esençayı MK, Korkmaz K (2019). Ordu topraklarının potasyum durumu ve potasyum fiksasyonunun belirlenmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 6(4), 878-886.

Eyüboğlu F, Kurucu N, Talaz S (1998). Türkiye topraklarının bitkiye yarayırlı bazı mikro elementler (Fe, Cu, Zn, Mn) bakımından genel durumu. T.C. Başbakanlık K.H.G.M. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Ankara.

FAO (1990). Micronutrient. Assessment at the country level: an International study. fao soil bulletin by mikkosillanpaa. Rome.

FAO (2020). Food and agriculture data. <http://Faostat.fao.org/>.

Genç Ç, Sarihan S (1976). Fındıkta dikimden önce bir defada verilen normal ve aşırı miktarlardaki kireç ve Slam'ın fındığın verim ve kalitesine etkileri üzerinde bir araştırma. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırma Genel Müdürlüğü. Proje No: 111-035-I-280. Giresun.

Hızalan E, Ünal H (1966). Topraklarda önemli kimyasal analizler. AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, 278.

Jackson ML (1958). Soil chemical analysis. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.

Jackson ML (1962). Soil chemical analysis, Constable & Co., Lond., p. 219.

Kacar B, Katkat V (2007). Bitki Besleme Kitabı. Nobel yayınları.

Lindsay WL, Norvell WA (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Science Society of America Journal, 42:421– 428.

Maas EV (1986). Salt tolerance of plants. applied agricultural research, 1:12-26.

Marschner H (1995). Mineral nutrition of higher plants. Second Edition. Academic Press, NewYork, USA.

Olsen SR, Cole CV, Deah LA (1954). Estimation of available phosphorus in soil by extraction with NaHCO₃. U.S. Dept. of Agr. Cic. 939. Washington, DC.USA.

Özbek N (1981). Meyve ağaçlarının gübrenmesi. Tarım Bakanlığı Yayınları. 244- 254. Ankara.

Özkutlu F, Korkmaz K, Akgün M, Ete Ö (2016). Magnezyum gübrenmesinin fındığın (corylus avellana l.) verim ve bitki besin elementi içeriklerine etkisi. Bilim Teknoloji Dergisi, 6 (2): 48-58.

Özkutlu, F, Aydemir ÖE, Akgün M, Özcan B (2019). Ordu ilinde fındık (Corylus avellana L.) tarımı yapılan toprakların çinko (Zn) beslenme durumu ve potansiyel beslenme problemlerinin belirlenmesi. Akademik Ziraat Dergisi, 8: 131-140.

Özyazıcı MA, Dengiz O, Aydoğan M, Bayraklı B, Kesim E, Urla Ö, Ünal E (2016). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi tarım topraklarının temel verimlilik düzeyleri ve alansal dağılımları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 31:136-148.

Pratt PF (1965). Potassium methods of soil analysis. (Editor: C. A. Black) part-2. Agron. Series No:9: 1010-1022 Am. Soc. of Agron., Inc. Madison, Wisconsin, USA.

Richards LA (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali Soils. United States Depatyment of Agriculture Handbook, 60.

Şendemirci H, Korkmaz A (2008). Orta ve Doğu Karadeniz Bölgesi topraklarının yarayırlı Fe, Mn, Zn ve Cu bakımından durumu. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 23 (1): 39-50.

Sillanpaa M (1990). Micronutrient assessment at the country level: an international study. In: FAO Soils Bulletin. N. 63. Rome.

Taracchioğlu C, Yalçın SR, Bayrak A, Küçük M, Karabacak H (2003). Ordu yöresinde yetiştirilen fındık bitkisinin (Corylus avellana L.) beslenme durumunun toprak ve yaprak analizleriyle belirlenmesi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (1):13-22.

TUIK (2020). Türkiye istatistik kurumu verileri. www.tuik.gov.tr Bitkisel Üretim İstatistikleri Veri tabanı.

Wolf B (1971). The determination of boron in soil extracts, plant materials, composts, manures, water and nutrient solutions. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 2(5): 363-374.

Çukurova Bölgesinde Farklı Damla Sulama Yöntemleriyle Yetiştirilen Kinoa Bitkisinin Sulama ve Ekonomik Açından Değerlendirilmesi

Yeşim BOZKURT ÇOLAK^{1,*}

Attila YAZAR²

Engin GÖNEN¹

¹Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Toprak ve Su Kaynakları Bölümü

²Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): yesimcolak@gmail.com

Geliş tarihi (Received) : 17.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 20.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.770874

Öz

Bu araştırma Akdeniz iklim koşullarında yüzey ve toprakaltı sulama yöntemlerinde farklı sulama konularının Kinoa verimine etkisi ve ekonomik analizini belirlemek amacıyla 2016 ve 2017 yıllarında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma alanında yürütülmüştür.

Araştırmada iki farklı sulama yöntemi (Yüzey damla (YD), Toprakaltı damla (TD)) ve altı farklı sulama konusu (Tam sulama (FI); geleneksel kısıntılı sulama (DI-75 ve DI-50); kısmi kök kuruluğu (PRD-50); planlanmış kısıntılı sulama (RDI) ve sulanmayan konu (RF)) oluşturulmuştur. Araştırma tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme deseninde dört yinelemeli olarak incelenmiştir. Kinoa bitkisinin yüzey damla veya toprakaltı damla sulama yöntemi ile sulanmasının verimde istatistiksel olarak önemli bir fark yaratmadığı, buna karşılık sulama konularına göre verimin 0.01 önem düzeyinde farklı olduğu belirlenmiştir. FI, DI-75, PRD ve RDI konularında benzer ve yüksek verim değerleri elde edilirken, bunları DI-50 ve RF konuları izlemiştir. En yüksek verim her iki deneme yılında FI konusunda (2.906-2468 kg ha⁻¹) alınırken, en düşük verimler ise her iki yılda da RF konusunda (2204-1855 kg ha⁻¹) kaydedilmiştir. Net gelirler sulama konularına göre 2016 yılında 4954-8493 \$ ha⁻¹ arasında, 2017 yılında ise 3270-5906 \$ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Ekonomik anlamda ise birim alanda en yüksek net gelir YD sulama yöntemi FI konusundan elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Kinoa, Yüzey Damla, Toprakaltı Damla, Ekonomik Analiz

Irrigation and Economic Evaluation of Quinoa Plant Grown by Different Drip Irrigation Methods in Çukurova Region

Abstract

This study was carried out to determine the effect of different irrigation treatments and economic analysis on surface and subsurface methods in quinoa under the Mediterranean climate conditions at the experimental fields of the Çukurova University during 2016 and 2017 growing seasons in Turkey. In the study, surface drip and subsurface drip methods and four irrigation strategies (Full irrigation, FI; conventional deficit irrigation, DI-50 and DI-75; and Partial Root-Zone Drying, PRD-50 of full irrigation treatments) also a rain-fed treatment (RF) were considered. The experimental design was split plots with four replications. There was no significant differences in yields between surface and subsurface drip irrigation methods for quinoa however, different irrigation treatments resulted significantly ($P<0.01$) for yields. FI, RDI, DI-75, and PRD-50 treatments resulted significantly ($P<0.01$) greater quinoa grain yields

than DI-50 and RF. Maximum yield was obtained from the FI treatment as 2906 and 2468 kg ha⁻¹; and the lowest yield was obtained from the rainfed treatment (RF) as 2204 and 1855 kg ha⁻¹, in the experimental years, respectively. Net profit ranged between 4954 to 8493 \$ ha⁻¹ in 2016 and 3270 to 5906 \$ ha⁻¹ in 2017 according to the irrigation treatments. Full irrigation treatment (FI) under surface drip irrigation method generated the highest net profit.

Keywords: Quinoa, Surface Drip, Subsurface Drip, Net Return

GİRİŞ

Ülke nüfusunun sürekli ve hızlı artış göstermesi; insanların beslenmesi, giyinmesi ve yaşamı için gerekli diğer ihtiyaçların artmasına yol açmaktadır. İnsanların ihtiyaçları bir yandan nüfus büyümesi ile sayısal olarak artmakta, diğer yandan teknolojik gelişmenin yükselttiği yaşam standardının getirdiği ilavelerle daha da çoğalmaktadır. Artan nüfusun gıda gereksiniminin karşılanması ve tarımsal sürdürülebilirlik için; a) mevcut su kaynaklarının etkin yönetimi ve su kullanım randımanının artırılması, b) sulama için ek su kaynaklarının geliştirilmesi, c) stres koşullarına toleranslı ve daha az su ile daha fazla verim sağlayabilen yeni ürünlerin geliştirilmesi alınabilecek önlemler arasındadır (Oweis vd., 2003; Yazar vd., 2015). Bu amaçla özellikle çeşitli ekolojik koşullarda kolaylıkla yetişebilecek bitki tür ve çeşitleri ile birim alandan daha fazla besin maddesi üretimi (vitamin, mineral, protein vb.) önem arz etmeye başlamıştır. Günümüzde iklim ve toprak şartları açısından geniş bir adaptasyon kabiliyetine sahip olması sebebiyle birbirinden farklı coğrafi koşullarda yetişebilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) bitkisi ilgi odağı olmuştur (Vega-Galvez vd., 2010; Yazar ve İnce Kaya, 2014; Kır ve Temel, 2017).

Ana gen merkezinin Peru ve Bolivya sınırlarındaki And Dağları olan kinoa, bugün dünya üzerinde 50'den fazla ülkede yetiştirilmektedir. Fakat ekim alanlarının ve üretiminin büyük bir kısmı hala Güney Amerika ülkelerindedir. FAO'nun 2017 yılı verilerine göre en fazla üretim yapan ülkeler sırasıyla Bolivya, Peru ve Ekvator'dur. Bu 3 ülkenin toplam ekim alanları ve üretimleri sırasıyla 185-350 ha ve 148-720 ton'dur. Üretilen ürünün büyük çoğunluğu ABD ile Avrupa Birliği ülkelerine satılmaktadır. Bunların dışında da çok sayıda ülke kinoa yetiştiriciliği yapmaktadır (FAO, 2017).

Sulamanın en önemli amaçlarından birisi de kurak dönemlerde yetiştirilen ürünü korumaktır. Bölgemizde kışlık olarak yetiştirilen ürünlerde genelde susuzluk belirtisi görülmemekle birlikte, erken verim veya zamanla oluşan kuraklıklar su

açısından kaynaklanan önemli verim düşmelerine neden olabilmektedir. Böyle durumlarda yeni nesil sulama teknolojilerinin kullanılması yanında sulama zamanı ve verilecek sulama suyu miktarının belirlenmesi işlemini kapsayan sulama programlamasının kullanılması, sınırlı su kaynaklarının optimum kullanımına olanak tanımaktadır (Yazar vd., 2015). İyi planlanmış bir kısıntılı sulamanın; tam sulamada ihtiyaç duyulan suyun yarısı kadar sulama suyu ile 1.2 ve 2.0 t ha⁻¹ arasında bir kinoa verimi sağlayabileceği belirtilmiştir (Geerts vd., 2008).

Kinoa yarı-kurak bölgelerde mevcut yağış koşulları altında rahatlıkla yetiştirilebilmekte (Jensen vd., 2000; Geerts vd., 2008) ve yaşanan küçük kuraklıklar verimde azalmalara neden olmamaktadır (Garcia vd., 2003). Hatta yıllık 200 mm'den daha az yağış alan kumlu topraklarda dahi yetişebildiği rapor edilmiştir (Aguilar ve Jacobsen, 2003). Ancak yağışların çok sınırlı olduğu özellikle de kuraklık stresine duyarlı olduğu gelişme dönemlerinde sulama yapılarak ekonomik karlılık sağlanabilmektedir (Martinez vd., 2009).

Tarımsal ürün maliyetleri ile ilgili araştırmaların sonuçları, hükümetlerin fiyat politikalarını saptamalarında başvurabilecekleri bir araç olmaktadır. Tarımsal ürün maliyetleri işletmelerde özellikle fiziki üretim girdilerinin kullanım düzeylerinin belirlenmesi, işgücü planlaması, finansman programlarının yapılması ve ürün bütçelerinin hazırlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır (Candemir vd., 2017).

Bu çalışmada, Çukurova bölgesinde farklı sulama yöntemleri ve farklı sulama konularının yol açtığı verim farklılıklarının parasal değerleri maliyetlerle karşılaştırılarak yaratacağı ek gelir kinoa bitkisi için somut olarak ortaya konulmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma, 2016 ve 2017 yetiştirme dönemlerinde, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Deneme Alanı'nda yürütülmüştür. Deneme

alanının denizden ortalama yüksekliği 20 m olup 36° 59' N, 35° 18' E enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü iklim verilerine göre, yörenin uzun yıllık (1950-2015) yağış ortalaması 670.8 mm'dir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 19.1°C'dir. Uzun yıllar ölçümlerinde yıllık buharlaşma ise 1536 mm'dir. 2016 yılı bitki büyüme mevsimi boyunca 182 mm yağış, 2016 yılı için toplam 100.7 mm yağış gerçekleşmiştir. Genel olarak 2016 ve 2017 kinoa yetiştirme dönemindeki sıcaklıklar ve nem değerleri uzun yıllık ortalama değerlere benzer seyretmiş, ancak 2016 yılı yağış değerleri Nisan ayında (2.2 mm) ortalama değerlerin çok altında; 2017 yılında ise ortalama değerlerin üzerinde (97.2 mm) gerçekleşmiştir. Mayıs ve Haziran aylarında ise ortalamanın üzerinde yağış olmuştur.

Deneme alanı topraklarının 60 cm profil boyunca killi bünyeye sahip toprağın katmanlara göre pH'sı, 7.61-7.87; tuz içeriği 0.12-0.19 dS m⁻¹; hacim ağırlığı 1.14-1.30 gcm⁻³; hacim esasına göre tarla kapasitesi su içeriği %37-41, solma noktası ise %24-26 arasında değişmektedir. Toprak profilinin 60 cm'lik derinliğindeki toplam kullanılabilir su miktarı 110 mm'dir.

Araştırma tesadüf blokları bölünmüş parseller deneme desenine göre dört yinelemeli olarak yürütülmüştür. Araştırmada iki farklı sulama yöntemi (Yüzey damla (YD) ve Toprakaltı damla (TD)) ve altı farklı sulama konusu ele alınmıştır. Sulama Konuları: Tam sulama (FI), 60 cm'lik etkili kök derinliğindeki kullanılabilir suyun %25'i tüketilince eksik toprak neminin tarla kapasitesine getirildiği konu; Geleneksel kısıntılı sulamalar (DI-50) ve (DI-75), FI konusuna uygulanacak suyun yarısının ve %75'inin verildiği konular; Kısmi kök kuruluğu (PRD-50), her bir sulamada FI konusuna verilecek suyun yarısının dönüşümlü olarak bir lateralden uygulandığı konu; Bir sulamada bir lateralden, izleyen sulamada diğer lateralden su uygulanmıştır. Planlanmış kısıntılı sulama (RDI), vejetatif büyüme döneminden çiçeklenme başlangıcına dek %50 kısıntılı sulama, fizyolojik olgunluğa ulaşana kadar ise tam sulama uygulanan konu olarak sulamalar yapılmıştır. Sulama yapılmaya konu (RF) yetiştirme dönemi boyunca sulanmayan, yalnızca çimlenmenin sağlanması amacıyla su uygulanan tanık konu olarak alınmıştır.

Araştırmada, Çukurova bölge koşullarına çok iyi uyum sağlamış olan Kinoa (cv. *Titicaca*) çeşidi kullanılmıştır. Deneme alanı toprağı ekimden birkaç gün önce goble-disk ve tapan çekilerek

düzeltilip ekime hazır duruma getirilmiştir. Kinoa tohumlarının 25 Mart 2016 ve 21 Mart 2017 tarihlerinde deneme parsellerine elle ekimi yapılmıştır. Her parselde 10 m uzunluğunda 6 bitki sırası, sıra arası 50 cm, sıra üzeri 10-15 cm olacak şekilde ekim işlemi yapılmıştır. Ekimle birlikte deneme parsellerine, 75 kg ha⁻¹ N ve 75 kg ha⁻¹ P₂O₅ saf madde esasına göre 20-20-0 kompoze gübre uygulanmıştır. Ekimden hemen sonra parsellere eşit miktarda can suyu uygulaması yapılmıştır. İkinci gübreleme çiçeklenme başlangıcında gerçekleştirilmiş ve 75 kg ha⁻¹ N saf madde esasına göre %46 üre uygulanmıştır. Fizyolojik olgunluğa ulaştıktan sonra her bir parselde kenarlardan birer sıra ve başlardan birer metre boşluk bırakılarak (8 m uzunluğunda orta dört sıra) Kinoa bitkileri ilk yıl 14 Temmuz 2016 ikinci yıl ise 12 Temmuz 2017 tarihinde el ile hasat edilmiştir.

Yüzey damla sisteminde iletim sisteminde PE borulardan oluşan ana boru, manifold ve lateral borular kullanılmış ve bu borular toprak yüzeyine yerleştirilmiştir. Lateraller 16 mm çapında olup üzerinde 33 cm aralıklarla içten geçik (in-line) damlatıcıları içermiştir (Betaplast, Adana). Damlatıcı debisi 100 kPa işletme basıncında 2.0 l h⁻¹'tir. Toprağın infiltrasyon özellikleri dikkate alınarak damlatıcı aralığı ve debisi belirlenmiştir. Lateraller; her iki bitki için de her bitki sırasına bir lateral (50 cm aralıklarla), PRD konusunda ise her bitki sırasının sağına ve soluna gelecek şekilde bir lateral 25 cm aralıklarla (bitki sırasının her iki yanında 25 cm olacak şekilde) yerleştirilmiştir. TD sulama yönteminde lateraller toprak yüzeyinin 15 cm altına yerleştirilmiştir. Lateraller, çizel ile açılan izlerin temizlenmesiyle oluşturulan yüzlek arkların içine yerleştirilmiştir. Bu yöntemde ana hat ve manifold borular deneme alanında toprak yüzeyine yerleştirilmiştir. TD sulama yönteminde 20 mm çapında lateraller, damlatıcı aralığı 40 cm ve debisi 2.0 l h⁻¹ olan içten damlatıcılar kullanılmıştır. Sulama sistem tertibi yüzey damla sulama yöntemine göre yapılırken toprakaltında aynı özelliklerde lateral piyasada bulunamadığında en yakın özellikteki toprakaltı lateral tercih edilmiştir.

Toprak suyu içeriği 0-60 cm'de gravimetrik yöntemle sulamalardan önce alınmıştır. Ayrıca toprak su içeriği günlük olarak 0-40 cm'de toprak su içeriği sensörleri ile izlenmiştir. Toprak su içeriği sensörleri (SM-150, Delta T), parsel ortasına denk gelecek şekilde her sulama konusu için bir tekerrüre 20 ve 40 cm derinliklere yerleştirilmiştir.

Üreticilerin, önerilen yeni yetiştirme tekniğini benimsemeleri ancak daha fazla ekonomik getiri elde etmeleri durumunda mümkün olabilmektedir. Deneme sonuçlarının ekonomik değerlendirmesinde genellikle kullanılan Fayda/Masraf Analizi ile Kısmi Bütçeleme (Partial Budgeting) yöntemleridir. Bu yöntemde sulama süresi (h), sulamada işgücü gideri ($\$ h^{-1}$), toplam sulama işgücü gideri ($\$$), su ücreti ($\$ ha^{-1}$), Kinoa üretim giderleri, birim alanda sulama sistem gideri ($\$ ha^{-1}$), yıllık sulama sistem gideri, verim ($kg ha^{-1}$), Kinoa satış fiyatı ($\$ kg^{-1}$) verilerinden faydalanarak birim alanda brüt gelir ($\$ ha^{-1}yil^{-1}$), birim alanda net gelir ($\$ ha^{-1}yil^{-1}$) hesaplamaları yapılmaktadır. Yöntemin sade ve etkili olması nedenleriyle bu araştırmada deneme sonuçlarının ekonomik değerlendirilmesi Kısmi Bütçeleme yönteminden yararlanılmıştır (Barker ve ark., 2003; Kadyampakeni ve ark., 2014). Anılan yöntem, yeni üretim tekniğinin ya

da herhangi bir kararın yol açacağı ek faydalarla ek maliyeleri karşılaştırma esasına dayanmaktadır. Sulama dışındaki tüm yetiştiricilik koşulları sabit tutulacağından ek masraflar yalnızca sulama ile ilgilidir.

Deneme konularına ilişkin derlenen verilerin istatistiksel analizlerinde JUMP paket programı kullanılmıştır. Ortalamaların karşılaştırılmasında LSD yöntemi uygulanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma yıllarında farklı sulama yöntemleri ve konularına ait sulama suyu miktarları ve dane verim değerleri Bozkurt Çolak vd. (2020) tarafından yapılan çalışmadan alınan veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında deneme parsellerinde yeknesak bitki gelişimi sağlamak amacıyla konulu sulamaların başladığı 23.05.2016 tarihine kadar tüm deneme konularına eşit

Çizelge 1. Araştırma yıllarında farklı sulama yöntemleri ve konularına ait sulama suyu miktarları ve dane verim değerleri (Bozkurt Çolak vd., 2020)

Table 1. Irrigation water amounts and grain yield values of different irrigation methods and treatments during the research years

Yıllar	Sulama Yöntemleri	Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	Dane Verimi ($kg ha^{-1}$)	
2016	YD	FI	149	3021	
		DI-75	125	2953	
		DI-50	99	2415	
		PRD-50	99	2844	
		RDI	114	2801	
		RF	49	2205	
		TD	FI	140	2891
	DI-75		118	2662	
	DI-50		95	2548	
	PRD-50		95	2625	
	RDI		110	2850	
	RF		49	2205	
	2017		YD	FI	103
		DI-75		77	2363
DI-50		51		2050	
PRD-50		51		2276	
RDI		103		2442	
RF		0		1856	
TD		FI		92	2482
		DI-75	69	2279	
		DI-50	46	2098	
		PRD-50	46	2138	
		RDI	92	2435	
		RF	0	1856	

miktarda toplam 49 mm su uygulanmıştır. İlk yıl 3 konulu sulama yapılmıştır. YD sulama yönteminde FI konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı 149 mm olurken DI-75 konusuna 125 mm, DI-50 ve PRD konularının her birine 99 mm su uygulanmıştır. RDI uygulamasında çiçeklenme dönemine kadar sulama suyunda %50 kısıntı yapılmış, bu tarihten itibaren kök bölgesinde eksik suyun tamamı karşılanmıştır. Böylece RDI konusunda toplam sulama suyu miktarı 114 mm olmuştur. TD uygulamasında FI konusunda 140 mm, DI-75 konusunda 118 mm, DI-50 ve PRD konularında ise 95 mm sulama suyu uygulanmıştır. TD sulama yöntemi RDI konusuna 110 mm sulama suyu verilmiştir.

Araştırmanın ikinci yılında bitkinin ilk gelişim aşamasında aşırı yağışlardan dolayı eşit su uygulaması yapılamamıştır. Konulu sulamalara 01 Mayıs 2017 tarihinde başlanmış ve 3 konulu sulama uygulaması yapılmıştır. YD sulama yönteminde FI konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı 103 mm olurken DI-75 konusuna 77 mm, DI-50 ve PRD konularının her birine 51 mm su uygulanmıştır. RDI uygulamasında sulamalar çiçeklenme döneminde başladığından tam sulama kadar su uygulanmış olup yağışlar nedeniyle kısıntı uygulanamamıştır. Böylece RDI konusunda toplam sulama suyu miktarı 103 mm olmuştur. TD uygulamasında FI konusunda 92 mm, DI-75 konusunda 69 mm, DI-50 ve PRD konularında ise 46 mm sulama suyu uygulanmıştır. RDI sulama konusuna 92 mm sulama suyu uygulanmıştır. Araştırmanın ikinci yılında konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ilk yıla kıyasla daha az olmuştur. Bunun nedeni ikinci yılda büyüme döneminde kaydedilen yağışların daha fazla olmasıdır. Sezen vd. (2018), Çukurova bölgesinde kinoa (*Titicaca*) bitkisinde farklı büyüme

dönemlerinde uygulanan drenaj suyunun verim, verim bileşenleri, su kullanım etkinliği ve tuz birikimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmada çizgi kaynaklı yağmurlama yöntemi kullanılarak farklı sulama düzeyleri oluşturmuşlar. Laterale en yakın (I1) konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarı iki deneme yılında 344-400 mm olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırma yıllarında farklı sulama yöntemleri ve konularına ait dane verim değerleri Çizelge 1'de, dane verimine ilişkin LSD gruplandırması Çizelge 2'de verilmiştir. Her iki araştırma yılında da sulama konularının verim üzerine etkileri istatistiksel olarak % 1 de önemli bulunmuş ancak farklı damla sulama yöntemleri ve sulama konuları interaksyonu önemsiz çıkmıştır. Kinoa bitkisinden elde edilen dane verimleri ilk yıl 2204.1 kg ha⁻¹ ile 2906.3 kg ha⁻¹; ikinci yıl ise 1855.3 kg ha⁻¹ ile 2468.2 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. Her iki araştırma yılında ve her iki damla sulama yönteminde en yüksek verim tam sulama (FI) konusunda, bu sırayı RDI, DI-75, PRD-50, DI-50 ve en düşük verim ile RF konusu izlemiştir. Kısıntılı sulamaların verimi azalttığı gözlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında genel olarak YD konularında elde edilen dane verimleri TD konularından ortalama %3 oranında daha yüksek olmuştur. Bunun nedeni kök bölgesinde sulamadan sonra doymun bir toprak hacminin oluşması sonucu kök ve bitki gelişiminin olumsuz etkilenmesi olabilir. Sezen vd. (2018), Çukurova bölgesinde kinoa (*Titicaca* çeşidi) bitkisinde yaptıkları çalışmada en yüksek verim laterale en yakın (I1) konuda 4510-4880 kg ha⁻¹, en düşük verim ise laterale en uzak (susuz) konudan (I5) 1430-1880 kg ha⁻¹ elde etmişlerdir. Hirich vd. (2014), tam sulama uygulamasında yetiştirilen kinoa bitkisinden 3000 kg ha⁻¹ dane verimi elde

Çizelge 2. Araştırma yıllarında Kinoa bitkisinde verime ilişkin LSD gruplandırması

Table 2. LSD grouping on yield in quinoa plant during research years

Sulama Konuları	Dane Verimi, kg ha ⁻¹	
	2016	2017
FI	2906.3 a	2468.2 a
DI-75	2807.8 a	2320.5 bc
DI-50	2481.6 b	2074.0 d
PRD-50	2734.7 ab	2206.9 c
RDI	2825.6 a	2438.1 ab
RF	2204.1 c	1855.3 e
İstatistiksel Analiz	P=0.0001** LSD=254.6	P=0.0001** LSD=121.4

P<0.01 (** %1 düzeyinde önemli) P<0.05 (* %5 düzeyinde önemli) P>0.05 öd (önemli değil)

edilirken, %50 kısıntılı sulama uygulanan kinoa bitkisinden 1700 t ha⁻¹ dane verimi elde edildiğini bildirmiştir. Danimarka'da Titicaca kinoa çeşidinde stressiz koşullarda elde edilen dane verimi 3300 kg ha⁻¹ (Razzaghi vd., 2011) iken; Yazar ve İncekaya (2014), Çukurova Bölgesinde aynı kinoa çeşidi kullanılarak yapılan araştırmada verimin stressiz koşullarda 2000 ile 3000 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Üreticilerin, önerilen yeni yetiştirme tekniğini benimsemeleri ancak daha fazla ekonomik getiri elde etmeleri durumunda mümkün olabilir. Farklı damla sulama yöntemleri ve sulama konularının ekonomik analizleri Çizelge 3-4'de ayrıntılı olarak verilmiştir. Yatırım, işletim ve üretim giderlerini kapsayan ekonomik analiz sonuçlarına göre farklı sulama yöntemi ve sulama konularında net gelirler 2016 yılında 4954-8493 \$ ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek net gelir YD sulama yönteminde FI konusunda 8493 \$ ha⁻¹ elde edilirken, bu konuyu aynı sulama yönteminde DI-75 konusu 8183 \$ ha⁻¹ izlemiştir (Çizelge 3). 2017 yılında da 3270-5906 \$ ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek net gelir TD sulama yönteminde FI konusunda 5906 \$ ha⁻¹ elde edilirken, bu konuyu YD sulama yöntemi FI konusu 5713 \$ ha⁻¹ izlemiştir (Çizelge 4). Her iki yılın ortalaması değerlendirildiğinde en yüksek net gelir YD sulama yöntemi FI konusunda 7103\$ ha⁻¹ elde edilmiştir. Bu sırayı TD FI, YD DI-75, TD RDI konuları izlemiş ve en düşük net net gelir RF konusunda elde edilmiştir. Sulama yöntemlerine göre kıyasladığımızda YD sulama yöntemlerinde TD sulama yöntemine göre daha yüksek net gelirler elde edilmiştir. Tam sulamalardan sonra DI-75 ve RDI konularında yüksek net gelirler hesaplanmıştır. Her iki sulama yönteminde de PRD-50 ile DI-50 konuları aynı sulama suyu miktarlarını almalarına rağmen her iki konuyu kıyasladığımızda PRD-50 konularında daha yüksek net gelir hesaplanmıştır. Araştırmanın her iki yılında azalan sulama suyu ile net gelirden azalma görülmüştür. Sezen vd. (2018), Çukurova bölgesinde kinoa (Titicaca) bitkisinde yaptıkları çalışmada ekonomik değerlendirme sonucunda marjinal gelirler I1 (laterale en yakın) sulama düzeyinden 9120\$ ha⁻¹, diğer bir deyişle tam sulama konusundan alınmıştır. Azalan sulama suyu miktarına bağlı olarak marjinal gelir değerleri düşmüştür. Su kıtlığı olması durumunda sulama suyunda yaklaşık %20-25 kısıntı yapılması (I2 konusu) ile kabul edilebilir marjinal verim sağlanabileceğini belirtmişlerdir.

Çizelge 3. Farklı sulama yöntemleri ve konularının ekonomik analizi (2016)
Table 3. Net returns of different irrigation methods and treatments (2016)

Damla Sulama Yöntemleri	Yüzeysel Damla					Toprakaltı Damla						
	FI	DI-75	DI-50	PRD-50	RDI	RF	FI	DI-75	DI-50	PRD-50	RDI	RF
Sulama Konuları	149	125	99	99	114	49	140	118	95	95	110	49
Sulama Suyu (mm) (1)	1490	1250	990	990	1140	490	1400	1180	950	950	1100	490
Sulama Suyu (m ³ ha ⁻¹) (2)	12	10	8	8	10	4	14	12	10	10	11	4
Sulama Süresi (h) (3)	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sulamada İşgücü Gideri (\$ h ⁻¹) (4)	36	30	24	24	30	12	42	36	30	30	33	12
Toplam Sulama İşgücü Gideri (\$) (3x4) (5)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Su Fiyatı (\$ m ⁻³) (6)	149	125	99	99	114	49	140	118	95	95	110	49
Su Ücreti (\$ ha ⁻¹) (2x6) (7)	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010
Kinoa Üretim Giderleri (8)	2500	2500	2500	2500	2500	0	3000	3000	3000	3000	3000	0
Birim Alanda Sulama Sistem Gideri (\$ ha ⁻¹) (9)	417	417	417	417	417	0	375	375	375	375	375	0
Yıllık Sulama Sistem Gideri (\$ ha ⁻¹) (9/6 yıl) (10)	6612	6582	6550	6550	6571	6071	6567	6539	6510	6510	6528	6074
Yıllık Toplam Giderler (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (5+7+8+10) (11)	3021	2953	2415	2844	2801	2205	2891	2662	2548	2625	2850	2205
Verim (kg ha ⁻¹) (12)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kinoa Satış Fiyatı (\$ kg ⁻¹) (13)	15105	14765	12075	14220	14005	11025	14455	13310	12740	13125	14250	11025
Birim Alanda Brüt Gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (12x13) (14)	8493	8183	5525	7670	7434	4954	7888	6771	6230	6615	7722	4954
Birim Alanda Net Gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (14-11) (15)												

Not: Fiyatlandırma 1\$=3.01 TL üzerinden ücretlendirilmiştir.

Çizelge 4. Farklı sulama yöntemleri ve konularının ekonomik analizi (2017)
Table 4. Net returns of different irrigation methods and treatments (2017)

Damla Sulama Yöntemleri	Yüzeysel Damla					Toprakaltı Damla						
	FI	DI-75	DI-50	PRD-50	RDI	RF	FI	DI-75	DI-50	PRD-50	RDI	RF
Sulama Konuları	103	77	51	51	103	0	92	69	46	92	0	0
Sulama Suyu (mm) (1)	1030	770	510	510	1030	0	920	690	460	920	0	0
Sulama Suyu (m ³ ha ⁻¹) (2)	9	6	4	4	9	0	9	7	5	9	0	0
Sulama Süresi (h) (3)	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	0	0
Sulamada İşgücü Gideri (\$ h ⁻¹) (4)	27	18	12	12	27	0	27	21	15	27	0	0
Toplam Sulama İşgücü Gideri (\$) (3x4) (5)	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Su Fiyatı (\$ m ⁻³) (6)	103	77	51	51	103	0	92	69	46	92	0	0
Su Ücreti (\$ ha ⁻¹) (2x6) (7)	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010	6010
Kinoa Üretim Giderleri (8)	2500	2500	2500	2500	2500	0	3000	3000	3000	3000	0	0
Birim Alanda Sulama Sistem Gideri (\$ ha ⁻¹) (9)	417	417	417	417	417	0	375	375	375	375	0	0
Yıllık Sulama Sistem Gideri (\$ ha ⁻¹) (9/6 yıl) (10)	6557	6522	6490	6490	6557	6010	6504	6475	6446	6504	6010	6010
Yıllık Toplam Giderler(\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (5+7+8+10) (11)	2454	2363	2050	2276	2442	1856	2482	2279	2098	2435	1856	1856
Verim (kg ha ⁻¹) (12)	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Kinoa Satış Fiyatı (\$ kg ⁻¹) (13)	12270	11815	10250	11380	12210	9280	12410	11395	10490	12175	9280	9280
Birim Alanda Brüt Gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (12x13) (14)	5713	5293	3760	4890	5653	3270	5906	4920	4044	5671	3270	3270
Birim Alanda Net Gelir (\$ ha ⁻¹ yıl ⁻¹) (14-11) (15)	Not: Fiyatlandırma 1 \$=3.64 TL üzerinden ücretlendirilmiştir.											

SONUÇLAR

Çukurova Bölgesinde kinoa bitkisinde farklı sulama yöntemleri ve sulama konularının verim üzerine etkisi ve ekonomik analizinin yapıldığı iki yıllık çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında şu öneriler yapılabilir.

Her iki sulama yönteminde de aynı sulama konularındaki verimler arasında önemli bir fark görülmemiştir. En yüksek verim her iki deneme yılında FI konularında görülmüştür. TD sulama yönteminde YD yöntemine göre daha az buharlaşma kaybı olduğundan daha az sulama suyu uygulanmıştır. RDI sulama konusu YD ve TD sulama yöntemleri için sırasıyla %21 ve 23 oranında su tasarrufu sağlamıştır. DI-75 konusu her iki sulama yöntemi için de %17'lik su tasarrufu sağlamıştır. Her iki sulama yöntemi için de daha az sulama suyu uygulaması yapılan RDI sulama konusunun FI konusuna yakın verim alındığından kısıtlı su koşulları için iyi bir alternatif olabilir.

Ekonomik analiz sonucunda marjinal gelirler her iki sulama yöntemi için FI konularından alınmıştır. Sulama yöntemlerine göre kıyasladığımızda YD sulama yöntemi sulama konularının TD sulama yöntemi sulama konularına göre daha yüksek net gelirler elde edilmiştir. Tam sulamalardan sonra DI-75 ve RDI konularında yüksek net gelirler hesaplanmıştır. Azalan sulama suyu miktarına bağlı olarak marjinal gelir değerleri düşmüştür. Sonuçta YD sulama yönteminin FI sulama konusunun ön plana çıktığı ancak kısıtlı su koşullarında RDI ve DI-75 sulama konularının iyi bir alternatif olabileceği önerilmektedir.

TEŞEKKÜR

Yazarlar adına TÜBİTAK ERANET-2150951 nolu proje için sağladığı finansal destek için Türk Bilimsel ve Teknik Araştırma Kurumu'na (TÜBİTAK) teşekkür ederiz. Ayrıca, bu makalenin "Materyal ve Yöntem" bölümünün bir kısmı, ilgili proje verilerinden üretilen farklı makale veya yayın(lar)'ın yalnız "Materyal ve Yöntem" bölümlerinin bir kısmı ile benzerlik göstermektedir.

KAYNAKLAR

Aguiar PC, Jacopsen SE (2003). Cultivation of quinoa on the Peruvian Altiplano. Food Reviews Int., 19, 31-41.

Barker R, Dawe D, Inocencio A (2003). Economics of water productivity in managing water for agriculture. In: Kijne JW, Barker R, Molden M (eds). Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement. CABI Publishing, UK. 332pp.

Bozkurt Çolak Y, Yazar A, Alghory A, Tekin S (2020). Evaluation of crop water stress index and leaf water potential for differentially irrigated quinoa with surface and subsurface drip systems. *Irrigation Science*. DOI: 10.1007/s00271-020-00681-4.

Candemir S, Kızılaslan N, Kızılaslan H, Uysal O, Aydoğan M (2017). Kahramanmaraş ilinde dane mısır ve pamuk üretiminde girdi gereksinimi ve karlılıkları açısından karşılaştırmalı analizi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(1), 1-8.

FAO (2017). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>.

Garcia M, Raes D, Jacobsen SE (2003). Evapotranspiration analysis and irrigation requirements of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in the Bolivian highlands. *Agr. Water Manage.*, 60, 119-134.

Geerts S, Raes D, Garcia M, Condori O, Mamani J, Miranda R, Cusicanqui J, Taboada C, Yucra E, Vacher J (2008). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano? *Agricultural Water Management*, 95(8), 909-917.

Hirich A, Jelloul A, Choukr-Allah R, Jacobsen SE (2014). Saline water irrigation of quinoa and chickpea: seedling rate, stomatal conductance and yield responses. *Journal of Agronomy and Crop Science* 200 (5), 378-389

Jensen CR, Jacobsen SE, Andersen MN, Nunez N, Andersen SD, Rasmussen L, Mogensen VO (2000). Leaf gas exchange and water relation characteristics of field quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) during soil drying. *European J. Agron.*, 13, 11-25.

Kır AE, Temel S (2017). Sulu koşullarda farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinin tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 7(1), 353-361.

Martinez E, San Martin R, Jorquera C, Veas E, Jara P (2009). Reintroduction of quinoa into arid Chile: cultivation of two lowland races under extremely low irrigation. *J. Agron. Crop Sci.*, 195, 1-10.

Oweis TY, Hachum AY (2003). Improving Water Productivity in the Dry Areas of West Asia and North Africa. In: *Water Productivity in Agriculture: Limits and opportunities for improvement* (Edited by: Kijne J.W., Barker, R., Molden, D.). CABI Publishing, 328 s.

Razzaghi F, Ahmadi SH, Adolf VI, Jensen CR, Jacobsen SE, Andersen MN (2011) Water relations and transpiration of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) under salinity and soil drying. *Journal of Agronomy and Crop Science* 197 (5), 348-360.

Sezen SM, Tekin S, Yıldız M (2018). Çukurova bölgesinde drenaj suyu ile sulanan kinoa bitkisinde su-verim ilişkileri ve ekonomik değerlendirme. *Derim*, 35 (2), 173-185.

Kadyampakeni DM, Kazombo-Phiri S, Bancy Mati SB, Isaac R, Fandika IR (2014). Impacts of small-scale water management interventions on crop yield, water use and productivity in two agro-ecologies of Malawi. *Agricultural Sciences*, 5, 454-465

Vega-Galvez A, Miranda M, Vergara J, Uribe E, Puente L, Martinez EA (2010). Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an Ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science Food Agriculture*. 90: 2541-2547.

Yazar A, İnce Kaya Ç (2014) A new crop for salt affected and dry agricultural areas of Turkey: Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences Special Issue*: 2, 1440-1446.

Yazar A, İnce Kaya C, Sezen SM, Jacobsen SE (2015) Saline water irrigation of quinoa (*Chenopodium quinoa*) under Mediterranean conditions. *Crop & Pasture Science* 66, 993-1002.

Büyük Menderes Havzasında Bazı Hidroklimatolojik Değişkenlerin Eğilim Analizi

Ödül ÖZTÜRK^{1,*}

İlknur CEBECİ¹

¹Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, ANKARA

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): odul.ozturk@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 29.07.2020

Kabul tarihi (Accepted): 23.10.2020

DOI:10.21657/topraksu.775654

Öz

İnsanlık tarihinden bu yana dünyanın değişen doğal dengesi, iklimleri de değiştirmektedir. Tüm canlı yaşamı ve çevresini tehdit eden küresel iklim değişikliğinin su kaynaklarımız üzerinde de önemli etkiler yaratması muhtemeldir. Dolayısıyla hidroklimatolojik değişkenlerin zaman içerisindeki değişimlerini incelemek önem arz etmektedir. Bu çalışmada Ege Bölgesinde yaklaşık 26.000 km²'lik bir alan ile en büyük havza niteliğinde olan Büyük Menderes Havzası ele alınmıştır. Havzada yer alan Aydın, Denizli ve Uşak illerine ait uzun yıllar aylık ortalama yağış, sıcaklık ve akım verileri Mann Kendall trend analizine tabii tutularak zaman içindeki değişim incelenmiştir. Buna göre sıcaklık bakımından en anlamlı artış eğilimi yedi ay ile Denizli'de olurken Uşak'ta da yaz aylarındaki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Aydın ilinde ise sıcaklıklarda bir artış söz konusu olup bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Yağış ve akım eğilimleri incelendiğinde ise Denizli ve Uşak'ta yağışlarda görülen artış eğilimi anlam teşkil etmez iken havzada bulunan iki akım istasyonunda da önemli azalış eğilimi izlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Akım, Büyük Menderes Havzası, Mann Kendall, Sıcaklık, Yağış

Trend Analysis of Some Hydroclimatological Variables in Büyük Menderes Basin

Abstract

At the beginning of the humanity, the changing natural balance of the world has also changed the climate. Global climate change, which threatens all life and its environment, is likely to have a significant impact on our water resources. It is therefore important to examine the precipitation and streamflow from the elements of the hydrological cycle as well as the changes in temperature in time. In this study, Büyük Menderes Basin, which is the largest basin of the Aegean Region with about 26.000 km² area, was examined. In long-term average monthly precipitation, temperature and stream flow data belong to Aydın, Denizli and Uşak provinces which are taken up in the basin, were analyzed by using Mann Kendall Trend Analysis. Accordingly, while the most significant increase trend in temperature was in Denizli with seven months, the increase trend in summer months in Uşak was statistically significant, too. An increased trend was found in temperatures for Aydın, which was not statistically significant. When it comes to evaluate precipitation and streamflow trends; while increase trend was not found significant in Denizli and Uşak, significant decrease trend in stream flow was found in two stream gauging station in the basin.

Keywords: Flow, Büyük Menderes Basin, Mann Kendall, Precipitation, Temperature

GİRİŞ

İnsanlığın varoluşundan bu yana dünyanın doğal dengesi değişmektedir. Bu doğal dengedeki değişimlerle iklimler de değişmektedir ancak 1850'li yıllardan itibaren insan etkisi de iklim değişikliğine hız kazandırmıştır. İklim değişikliği, sanayi devrimiyle başlayan, giderek artan sanayileşme, fosil yakıtların kullanımı ve insan faktörüyle birlikte atmosferde karbondioksit birikmesi sonucu ortaya çıkan, günümüzün önemli sorunlarından biridir. İklim değişikliği bugün hemen hemen tüm iklim bilimcilerin kabul ettiği ve insan faktörü katkısının yadsınmadığı bir kavramdır. Tüm canlı yaşamı ve çevresini tehdit eden küresel iklim değişikliğinin, toprak ve su kaynaklarımız üzerinde de önemli etkiler yaratması muhtemeldir. Tarımsal üretimin de temelini oluşturan ve insanlığın yaşama kaynağı olan su kaynakları yaşamın temel öğeleridir. Yağış düzeninin ve sıcaklıkların değişmesi, su kaynakları üzerinde farklı etkiler gösterecektir. Yağışın fazla olduğu alanlarda, şiddetli yağışlar sebebiyle akarsuların debilerinde artma olacaktır. Yağışın az olduğu alanlarda ise kuraklığın baş göstermesi ile buharlaşma artacak ve kullanılabilir su miktarında azalma kaçınılmaz olacaktır. Çevrede oluşacak bu değişiklikler toprakların kuraklaşmasında en etkili faktör olarak rol alacaktır. Dolayısıyla değişen iklim bileşenleri ve akımlar arasındaki ilişki seyrinin izlenmesi ve bilinmesi oldukça önem arz etmektedir. Bu amaçla herhangi bir havzadaki meteorolojik bileşenlere ait verilerin doğru şekilde izlenmesi, incelenmesi ve analiz edilmesi ile akımlar arasındaki ilişkinin bilinmesi, su kaynaklarının etkin kullanımı için gereklilik haline gelmiştir. Gerçek şudur ki, su kaynakları planlaması ile ilgili yapılan çoğu çalışmada iklim değişikliğinin etkilerine ya da yağışlardaki değişimlere bağlı olarak gözlenmiş verilerde eğilim gözlenmektedir. Gözlenen eğilimlerin niteliği ve başlangıç tarihinin belirlenmesi havza yönetiminde yol gösterici olmaktadır (Çakmak ve Baran 2015).

Günümüze kadar küresel, bölgesel veya ülke ölçeğinde yapılmış olan birçok iklim değişikliği çalışması, iklim değişikliğinin akarsu havzaları üzerindeki potansiyel etkilerini yansıtmamaktadır. Bu nedenle belirli bir havzada iklim değişikliğinin olası etkilerini belirlemek ve bu etkileri yönetmek, havza bazında su kaynaklarını korumak adına büyük önem taşımaktadır (Chaponniere ve Smakhtin, 2006). Bu sebeptendir ki, havza ölçeğinde, hidrolojik döngü ve

su kaynakları üzerinde, iklim değişikliğinin etkilerini içeren araştırmalar artmaya başlamıştır. Yapılan çalışmalara göre Türkiye'yi kapsayan araştırmalarda, yıllık toplam yağışlar ele alındığında genel olarak yağışlarda bir azalma eğilimi bulunurken, bazı bölgelerde artış eğilimi tespit edilmiştir (Türkeş, 1996; Türkeş ve ark., 2009; Partal ve Kahya, 2006; Özfıdaner, 2007). Yıldırım ve ark. (2004), Gediz havzasındaki 4 akım gözlem istasyonu verilerini ve Akhisar meteoroloji istasyonu yağış ölçümlerini kullanarak akım ve yağış ilişkisini incelemişlerdir. Akhisar yağış verileri eğiliminde kış ayları hariç önemli bir değişim görülmez iken akım verilerinde su kullanımının da yoğun olduğu yaz mevsiminde önemli düşüş eğilimi saptanmıştır. Durdu (2010), Aydın, Denizli, Afyon ve Uşak istasyonlarında 45 yıllık iklim verilerini incelediği çalışmasında sıcaklığın 45 yıllık sürede 1 0C yükseldiğini, yıllık toplam yağışların azalma eğiliminde olduğunu ancak bu eğilimin istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit etmiştir. Büyük Menderes Nehrinin ana kollarında akım miktarları azalma eğilimi göstermiş olup bu eğilimin sıcaklık ve yağışlardaki azalma ile güçlü bir bağlantısı olduğu vurgulanmıştır. Özkul (2009), Gediz ve Büyük Menderes Havzalarında yağışların düşüş eğiliminde olduğunu Ancak Gediz havzasında sadece Menemen ve Manisa istasyonlarında, Büyük Menderes havzasında ise Aydın istasyonunda ki düşüş eğiliminin istatistiksel olarak anlamlı olduğunu belirtmiştir.

Kahya ve Kalaycı (2004), Türkiye' deki nehir akımlarının eğilim analizlerini inceleyerek, sıcaklık, nem ve yağıştaki değişimlerin akarsu rejimlerini de etkilediğini ve nehir akımlarında değişimlerin olduğunu ortaya koymuşlardır. Cengiz ve Kahya (2006), Türkiye'nin yıllık ortalama göl seviye verilerine parametrik olmayan Mann Kendall istatistik trend testi uygulayarak daha önce yapılan akım, yağış ve sıcaklık değişkenlerinin eğilimleriyle ilişkilendirmişlerdir. Bunun sonucunda bahsi geçen değişkenler ile göl seviyelerinde ki eğilimlerin oldukça uyumlu olduğunu tespit etmişlerdir. Yağış rejimleri ile göl su seviyelerinin, yersel ve iklimsel farklılıklara rağmen birbirleri ile ilişkili olduğunu saptamışlardır. Sonuç olarak bu eğilimlerin iklim değişikliğinin varlığını gösterdiğini belirtmişlerdir. Türkeş ve Deniz (2011), Güney Marmara'da yağış ve akım serilerinin eğilim analizine göre 1980'lerin ortalarından bu yana yıllık yağışlarda azalma

eğilimi olduğunu, kış aylarında ise 1970'lerden bu yana giderek belirginleşen bir azalma eğilimi saptamışlardır. Araştırmacılar akarsulardaki akım verilerinden yararlanılarak iklim değişikliği/değişkenliği konusunda önemli ipuçları elde edileceğini düşündükleri bu çalışmada, akarsu akımlarında, 1990'lardan beri kış mevsiminde belirgin bir azalma eğilimi belirlemişlerdir. Bahadır (2011), Kızılırmak Havzası'nı kapsayan çalışmasında sıcaklık, yağış ve akım eğilimlerini incelemiş, genel olarak sıcaklık ile akım arasında orta derecede negatif yönlü anlamlı ilişki, yağış ile akım arasında pozitif yönlü orta derece anlamlı ilişki tespit etmiştir. Eğilim analizlerine göre, sıcaklığın uzun yıllık seyrinde artış, yağışta ise azalma, akım verilerinde ise tüm kollarda ve ana akarsuda azalma şeklinde gerçekleştiğini belirterek söz konusu eğilimlerin devam edeceği öngörüsüne sahip olmuştur.

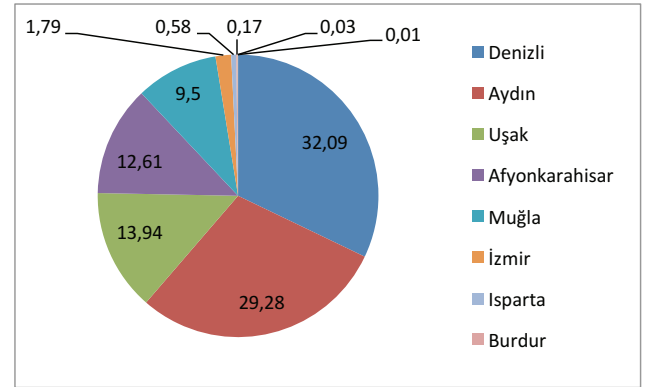
Özkul ve ark.,(2008), küresel iklim değişikliğinin Gediz ve Büyük Menderes havzalarında akımlara olan etkisini inceledikleri çalışmalarında, hidrometeorolojik verilerdeki eğilimleri araştırmış ve sonrasında Genel Sirkülasyon Modelleri (GCM'ler) yardımıyla iki farklı emisyon senaryosu altında farklı projeksiyon yılları için olası yağış ve sıcaklık değişimlerini belirleyerek bu değişen meteorolojik koşullar altında yüzeysel akımlardaki değişimleri saptamışlardır. Eğilim analizlerine göre, Gediz havzasındaki yağışların önemli ölçüde azaldığı, sıcaklıkların ise yine anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür. Havza genelinde akım serilerinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde azalma eğilimi görülmüştür. Büyük Menderes havzasında ise yağış verilerinde zamanla azalan bir eğilim gözlenirse de, istatistiksel olarak anlamlı bir azalma saptanamamış; sıcaklıkta da anlamlı değişimler izlenmemiştir. Buna rağmen tarihsel akış serileri ile yapılan eğilim analizlerinin sonuçları, yağış ve sıcaklıkta istatistiksel açıdan anlamlı değişimler göstermemektedir. Akımlarda ise havza genelinde, istatistiksel olarak önemli ölçüde azalmalar olduğu belirlenmiştir.

Bu çalışmada Büyük Menderes Havzası'nda yer alan Devlet Su İşleri (DSİ)'ne ait akım gözlem istasyonlarından (AGİ) elde edilen uzun yıllar aylık toplam akım verileri ve Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM)'ne ait meteoroloji gözlem istasyonlarından (MGİ) uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık ve yağış verileri alınarak eğilim analizleri yapılmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Havzaya ait genel bilgileri

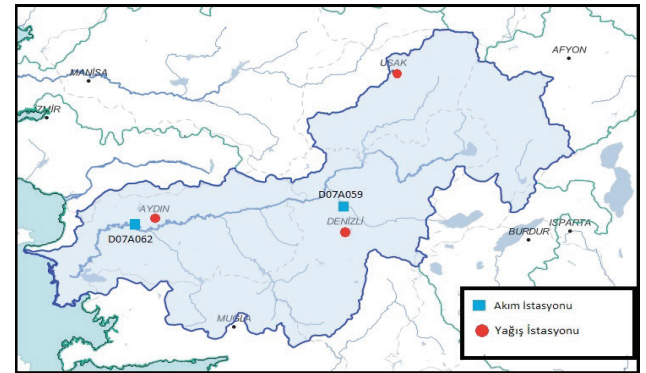
Büyük Menderes Havzası Ege Bölgesinde yer alan en büyük havza olmakla birlikte havzanın başlıca akarsuyu 584 km uzunluğu ile Büyük Menderes Nehri ve kollarıdır. Nehrin önemli kolları Çine, Akçay, Emir, Banaz, Kufi, Dandalaz ve Madran Çaylarıdır. Büyük Menderes Havzası sınırları içerisinde Afyonkarahisar, Aydın, Burdur, Denizli, Isparta, İzmir, Kütahya, Manisa, Muğla ve Uşak olmak üzere 10 il yer almaktadır. Havzada yer alan illerin alansal dağılımı Şekil 1'de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde Aydın, Denizli ve Uşak illerinin havzanın büyük bir kısmını oluşturduğu görülmektedir.



Şekil 1. Havzada yer alan illerin alansal dağılımı (Anonim, 2010)

Figure 1. Area distribution of the provinces in the basin

Büyük Menderes havzası Batı Anadolu'da, 37° 6' - 38° 55' kuzey enlemleri ile 27° 15' - 30° 36' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Havzanın güneyinde ve batısında Akdeniz iklimi hakim olup, kışları ılık ve yağışlı, yazları sıcak ve kurak; kuzeyinde ise karasal iklim hakim olup kışları soğuk ve yağışlı geçmektedir. Havzanın uzun yıllar



Şekil 2. Büyük Menderes Havzasının Konumu ve İstasyonlar

Figure 2. Location of the Büyük Menderes basin and stations

Çizelge 1. Büyük Menderes havzasındaki istasyonlara ait bazı bilgiler
Table 1. Some information from stations in the Büyük Menderes basin

İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Veri Aralığı	
					Yağış	Sıcaklık
Aydın MGİ	17234	37.51	27.51	56	1950-2016	1950-2016
Denizli MGİ	17237	37.47	29.05	426	1957-2016	1957-2016
Uşak MGİ	17188	38.41	29.24	919	1950-2014	1950-2016
İstasyon Adı	İstasyon No	Enlem	Boylam	Rakım (m)	Veri Aralığı	
					Akım	
Aydın/Koçarlı AGİ	D07A062	29.4	37.55	17	1968-2015	
Denizli/Çürüksu AGİ	D07A059	27.43	37.49	160	1985-2015	

yağış ortalaması 635 mm'dir. Ortalama yıllık yağış havzanın doğusunda 350 mm'ye kadar düşmesine rağmen kıyı kesimlerine doğru artmakta, özellikle güneydeki dağlık alanlarda 1000 mm'yi aşmaktadır (Yeşilirmak ve ark.,2011). Havzanın nüfusu yaklaşık 2.5 milyon olup havzada bulunan suyun %79'u tarımsal ve %21'i endüstriyel+evsel amaçlı olarak kullanılmaktadır (Anonim, 2016).

Yapılan bu çalışmada yaklaşık 26.000 km²'lik alanıyla Ege Bölgesi'nin en büyük havzası olan Büyük Menderes Havzası ele alınmıştır. Havzada yer alan ve havza alanının %75'ini oluşturan Aydın, Denizli ve Uşak illerine ait, sırasıyla 67, 60 ve 65 yıllık, aylık toplam yağış ortalaması ve aylık ortalama sıcaklık verileri kullanılmıştır. Denizli ili sınırlarında yer alan Çürüksu AGİ'den 30 yıllık, Aydın ili sınırlarında yer alan Koçarlı AGİ'den ise 47 yıllık akım verileri temin edilmiştir. Büyük Menderes Havzasının konumu ve havzada yer alan MGM ve DSİ'nin işlettiği istasyonlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Verilerin elde edildiği bu istasyonlara ait bazı veriler Çizelge 1'de verilmiştir. Söz konusu istasyonlara ait uzun yıllar aylık toplam yağış, ortalama sıcaklık ve toplam akım verileri Mann Kendall trend analizine tabii tutularak zaman içindeki değişimleri incelenmiştir.

Mann-Kendall sıra korelasyon testi

Mann-Kendall, parametrik olmayan sıra korelasyon testi olup hidrometeorolojik zaman serilerinde meydana gelebilecek artma veya azalma yönündeki eğilimlerin istatistiksel önemini test etmede oldukça yaygın kullanılmaktadır (Yue, Wang, 2002). Bu eğilim testi $i=1, \dots, n-1$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_i veri setine ve $j= i+1, \dots, n$ 'e kadar sıralanmış olan bir x_j veri setine uygulanır. Her bir sıralanmış rakam x_i bir referans noktası olarak kullanılır ve diğer sıralanmış veri grubu x_j ile aşağıdaki denklemde verildiği gibi kıyaslanır.

$$\text{sgn}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1; & (x_j - x_i) > 0 \\ 0; & (x_j - x_i) = 0 \\ -1; & (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (1)$$

Mann-Kendall test istatistiği S ise;

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{sgn}(x_j - x_i) \quad (2)$$

formülü ile belirlenebilir. Denklemde n, yıl olarak veri uzunluğudur. S değeri ise $n \geq 8$ olduğunda aşağıda verilen ortalama ve varyans ile yaklaşık olarak normal dağılım gösterir. Eğer $n \geq 30$ ise z testi, t-testine yaklaşıp (Çakmak ve Baran,2015).

$$E[S]=0$$

$$\text{Var}(S) = \frac{n(n-1)(2n+5) - \sum_{i=1}^n t_i(t_i-1)(2t_i+5)}{18} \quad (3)$$

Burada, p veri setindeki tekrar gözlem sayılarını, t_i değeri ise i uzunluğundaki bir seride tekrarlanan gözlemleri göstermektedir. Eşitlikteki toplama terimi sadece veride bağlı gözlem olduğunda kullanılır. Standartlaştırılmış Mann-Kendall istatistiği Z, denklem (4)'de verildiği gibi hesaplanabilmekte ve seride eğilim yoktur sıfır hipotezi (H_0) varsayımı altında ortalaması sıfır, varyansı bir olan standart normal dağılım göstermektedir.

$$Z = \begin{cases} \frac{S-1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S > 0 \\ 0; & S = 0 \\ \frac{S+1}{\sqrt{\text{Var}(S)}}; & S < 0 \end{cases} \quad (4)$$

Mann Kendall test istatistiği Z Ztablo, $1-\alpha/2 \leq Z \leq Z_{\text{tablo}}$, $1-\alpha/2$ ise, "sıfır hipotezi" kabul edilmektedir.

Artı Z değeri artan bir eğilimi gösterirken, eksi Z değeri azalan bir eğilime işaret etmektedir (Yue ve ark., 1993).

Parametrik ve parametrik olmayan test istatistikleri, istatikselsel olarak anlamlı eğilimlerin belirlenmesi için kullanılmaktadır. Ancak parametrik testler normal dağılıma uyma, lineerlik sağlama gibi şartlar gerektirdiğinden hidroklimatolojik veri serilerinde kullanışlı değildir. Bunun yanında parametrik olmayan test istatistikleri, değişkenin dağılımından bağımsız olması ve testlerinin sıra ile ilgili olmasından dolayı daha kullanışlı olmaktadır. Parametrik olmayan test istatistikleri eksik veri ve kısıtlı veri sayısını tolere edebildiği için tercih nedeni olmaktadır.

Mann Kendall test istatistiği, hidroloji ve klimatoloji gibi alanlardaki zaman serilerinde eğilimin belirlenmesinde yaygın olarak kullanılan ve Dünya Meteoroloji Örgütü (WMO) tarafından da önerilen bir yöntemdir (Kosif, 2001). Türkiye’de ve dünyada Erdoğan (1989), Toros (1993), İcağa (1994), Türkes (1996), Kadioğlu (1997), Kalaycı ve Kahya (1998), Kosif (2001), Zhang ve ark., (2001) Burn ve Elnur (2002), Özel (2004), Kahya ve Kalaycı (2004), Sütgibi (2009), Durdu (2010), Çakmak ve Baran (2015) tarafından bu yöntem kullanılarak

eğilim analizi çalışması yapılmış ve Mann Kendall testinin başarısı ortaya konulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Havzadaki 3 adet meteoroloji gözlem istasyonunda (MGİ) ölçülen uzun yıllar aylık toplam yağış ve uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık verileri ile 2 adet akım gözlem istasyonundan (AGİ) elde edilen uzun yıllar aylık toplam akım verilerinin eğilimlerini belirlemek için kullanılan parametrik olmayan Mann Kendall testinin sonuçları Çizelge 2,3,4’te verilmiş ve eğilimlerle ilgili genel bir değerlendirme yapılmıştır. Çizelgelerde yıldızlı koyu renkli alanlar herhangi bir yönde istatistiki anlam taşıyan sonuçları göstermektedir.

Test istatistiğinin mutlak değerinin, 0.05 olarak alınan α anlamlılık seviyesindeki Z değerinin (+) 1.96 ve (-) 1.96 aralığında olması herhangi bir eğilimin olmadığını göstermekte olup, Z değerinin (+) 1.96’ dan büyük olması istatistiki olarak artan yönde eğilim ve (-) 1.96 değerinden küçük olması ise azalan yönde eğilim olduğunu göstermektedir

Buna göre Çizelge 2’de havzanın sıcaklık eğilimleri incelendiğinde özellikle Denizli ve Uşak istasyonlarında önemli düzeyde artış eğilimi görülmekte olup Denizli istasyonunda Nisan-

Çizelge 2. Uzun Yıllar Aylık Ort. Sıcaklık Verilerinin Eğilim Sonuçları

Table 2. Trend Results of Monthly Average Temperature Data for Many Years

Aylar	Sıcaklık					
	İstasyon Adı: Denizli		İstasyon Adı: Uşak		İstasyon Adı: Aydın	
	İstasyon No: 17237		İstasyon No: 17188		İstasyon No: 17234	
	Veri Aralığı: 1957-2016		Veri Aralığı: 1950-2016		Veri Aralığı: 1950-2016	
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	1.15	↑	0.30	↑	-0.17	↓
2	1.23	↑	0.67	↑	-0.14	↓
3	1.76	↑	1.24	↑	0.98	↑
4	1.97	*↑	0.35	↑	0.82	↑
5	2.86	*↑	1.45	↑	1.59	↑
6	4.41	*↑	2.26	*↑	1.94	↑
7	5.44	*↑	2.65	*↑	1.93	↑
8	5.14	*↑	1.99	*↑	1.51	↑
9	4.68	*↑	1.12	↑	0.95	↑
10	2.16	*↑	1.47	↑	1.06	↑
11	0.61	↑	0.33	↑	-0.49	↓
12	-0.71	↓	-0.65	↓	-1.35	↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

Ekim arasındaki artış eğilimi istatistiki anlamda ($\alpha=0.05$) önemli görülmüştür. Uşak istasyonunda ise Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında istatistiki olarak önemli artış eğilimi görülmektedir. Denizli ve Uşak istasyonlarında azalma yönünde eğilim sadece Aralık ayında olup istatistiki açıdan önem teşkil etmemektedir. Aydın istasyonunda kış mevsimi aylarında sıcaklıklarda azalma yönünde eğilim görülürken diğer aylarda görülen sıcaklık artış eğilimi istatistiki olarak anlam taşımamaktadır (Çizelge 2). Sütgibi (2009)'dan farklı olarak, farklı zaman serilerinde ve uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık verileri üzerinden yaptığımız çalışmamızın sonucu, Sütgibi (2009)'un incelediği farklı zaman serilerinde uzun yıllar günlük ortalama, maksimum ve minimum sıcaklıklara ait eğilim sonuçları araştırmamızı destekler niteliktedir. Sütgibi (2009), havzadaki dört istasyonda sıcaklıkların, yıllar itibarıyla değişim ve artış gösterdiğini bulmuştur. Aydın, Denizli ve Uşak'ta bu artış eğilimini %95 ($\alpha=0,05$) olasılıkla anlamlı bulmuştur.

Yağış eğilim çizelgesi incelendiğinde ise araştırmaya konu olan üç istasyonda da kış, yaz ve sonbahar aylarında yağışlarda %95 güven aralığında anlamlı olmayan azalma ve artma eğilimi görülmektedir. Sadece Uşak ilinde nisan ayı yağışlarında anlamlı artış eğilimi belirlenmiştir

(Çizelge 3). Koçman ve ark. (1996), 48 yıllık bir zaman serisinde, Ege ovalarındaki yağış rejimini ve miktarındaki değişimi incelemiştir. Koçman ve ark. (1996), çalışmalarında yağış miktarında yıldan yıla önemli değişiklikler tespit etmesine rağmen istatistiki anlam taşıyan bir azalma veya artma eğilimi bulamamıştır. Bu bulgular araştırmamızın sonucunu destekler niteliktedir. Sütgibi (2009), uzun yıllar günlük toplam yağışlar üzerinden yaptığı eğilim analizinde çalışmaya konu olan dört istasyonda da yağış miktarında istatistiki anlam taşıyan herhangi bir eğilim bulamamıştır. Bulgular araştırmamızın sonuçları ile örtüşmektedir. Benzer şekilde Durdu (2010), Büyük Menderes Havzasında Aydın, Denizli, Afyon ve Uşak istasyonlarında 1963- 2007 yılları arasında kaydedilen yıllık toplam yağış serilerinin eğilimlerini parametrik (t-testi) ve parametrik olmayan (Mann-Kendall) testi ile incelediği çalışmasında yağışların azalma eğiliminde olduğunu ancak eğilimin anlamlı olmadığını saptamıştır. Özkul (2009), Pearson ve Spearman test istatistikleri ile yaptığı analizde yıllık toplam yağışların azalma eğiliminde olduğunu fakat eğilimin sadece Aydın istasyonunda anlamlı olduğunu bulmuştur. Bir diğer sonuç Partal ve Kahya (2006) tarafından Türkiye genelinde 96 istasyona ait aylık toplam yağış ve yıllık ortalama

Çizelge 3. Uzun Yıllar Aylık Toplam Yağış Verilerinin Eğilim Sonuçları
Table 3. Trend Results of Monthly Average Precipitation Data for Many Years

Aylar	Yağış					
	İstasyon Adı: Denizli		İstasyon Adı: Uşak		İstasyon Adı: Aydın	
	İstasyon No: 17237		İstasyon No: 17188		İstasyon No: 17234	
	Veri Aralığı: 1957-2016		Veri Aralığı: 1950-2014		Veri Aralığı: 1950-2016	
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	-0.26	↓	-0.67	↓	-0.69	↓
2	0.97	↑	-0.24	↓	-0.74	↓
3	-0.08	↓	-0.65	↓	0.38	↑
4	0.70	↑	2.05	*↑	0.63	↑
5	0.81	↑	-0.71	↓	0.27	↑
6	-0.43	↓	-0.79	↓	-0.18	↓
7	0.11	↑	-0.01	↓	-1.27	↓
8	0.71	↑	0.78	↑	-0.84	↓
9	-0.38	↓	-0.23	↓	-0.87	↓
10	0.78	↑	1.92	↑	0.32	↑
11	1.14	↑	0.29	↑	0.09	↑
12	-1.86	↓	0.29	↑	-0.79	↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

yağış serileri ile yaptığı eğilim analizinden elde edilmiştir. Söz konusu çalışmada, zamansal mekânsal farklılıklar olmakla beraber Türkiye genelinde yağışlarda azalma eğilimi görülmüştür.. Önal ve Semazzi, (2006) yaptıkları bir çalışmada, Ege ve Akdeniz kıyılarında yağışların azalmakta olduğu belirtmişlerdir. Cengil (2009) doktora çalışmasında, bu çalışmayı destekleyen eğilimler bulmuştur. Buna göre Denizli’de sıcaklık açısından eğilimde, sürekli bir artış olmasına rağmen bu artışın kış sıcaklıklarında istatistiki olarak önemli olmadığı, ancak yaz sıcaklıklarında önemli olduğu görülmektedir. Yağışlar açısından, yıllık toplam yağışlarda azalma eğilimi olmasına rağmen bu eğilim istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Bununla birlikte Mann Kendall’a tabi tutulan Aydın Koçarlı AGİ verilerinde Temmuz ve Ağustos ayı hariç tüm aylarda azalma eğilimi görülürken, Şubat-Haziran arası ve Aralık aylarında, %5 anlamlılık seviyesinde oldukça belirgin azalma eğilimi göze çarpmaktadır. Yine Denizli Küçüksu AGİ verilerinin Z testi sonuçları ise akım verileri yılın tüm aylarında anlamlı azalma eğilimini göstermektedir (Çizelge 4). Özkul ve ark., (2008) ile Durdu (2010)’, Büyük Menderes Havzası akımlarında istatistiksel olarak anlamlı bir azalma eğilimi olduğunu ifade ettikleri çalışmalarıyla araştırmamızın sonuçlarını desteklemektedir.

SONUÇLAR

Bu araştırmada alan olarak Büyük Menderes Havzasının %75 ini kaplayan Aydın, Denizli ve Uşak illerinde bulunan MGİ’lerden yağış, sıcaklık ve AGİ’lerden akım verilerinin uzun yıllar boyunca aylık olarak değişimleri ve eğilimleri incelenmiştir. Buna göre özellikle havza sıcaklığında genel bir artış eğiliminin olduğu ve bu eğilimin de havzanın ortasında ve kuzeydoğusunda daha belirgin olarak ortaya çıktığı görülmüştür. Bununla birlikte yağışlarda ise aylara göre değişen hem azalma hem de artma eğilimi görülmekle birlikte Uşak istasyonunda sadece nisan ayında ($\alpha=0.05$) anlamlı bir eğilim bulunmuştur. Denizli istasyonunda sıcaklıklardaki aşırı artış eğilimi ve yağışlardaki azalma eğiliminin havzadaki akımları azalma yönünde etkilediği görülmektedir. Nitekim havzanın akım eğilimlerini incelediğimizde özellikle havzanın ortasında yer alan Denizli Çürüksu AGİ verilerinde istatistiki anlamda önemli bir azalma eğilimi görülmüştür (Çizelge 4). Havzanın batısında yer alan Aydın Koçarlı AGİ verilerinde ise genel olarak azalma eğilimi dikkat çekmektedir. Sıcaklık, yağış ve akım verilerinin bu eğilimleri değerlendirildiğinde havzanın orta kısmında görülen sıcaklıklardaki artış yağışlardaki azalış ve akımlardaki belirgin azalış eğiliminin bölgeyi kuraklık tehlikesiyle yüz yüze getirmesi muhtemeldir.

Çizelge 4. Uzun Yıllar Aylık Toplam Akım Verilerinin Eğilim Sonuçları
Table 4. Trend Results of Monthly Average Streamflow Data for Many Years

Aylar	Akım			
	İstasyon Adı: Denizli/Çürüksu AGİ		İstasyon Adı: Aydın/Koçarlı AGİ	
	İstasyon No: D07A059	İstasyon No: D07A062	Veri Aralığı: 1985-2015	Veri Aralığı: 1968-2015
	Test Z	Eğilim	Test Z	Eğilim
1	-3.17	*↓	-1.81	↓
2	-3.04	*↓	-2.63	*↓
3	-3.68	*↓	-3.53	*↓
4	-2.71	*↓	-2.25	*↓
5	-3.22	*↓	-2.68	*↓
6	-3.97	*↓	-3.75	*↓
7	-2.11	*↓	1.27	↑
8	-2.81	*↓	2.06	*↑
9	-3.85	*↓	-1.38	↓
10	-3.89	*↓	-1.56	↓
11	-3.44	*↓	-1.43	↓
12	-3.42	*↓	-2.30	*↓

* %95 güven aralığında önemli eğilim

↑ Artma Yönünde Eğilim

↓ Azalma Yönünde Eğilim

Yine havzanın batısında kalan Aydın istasyonunda görülen eğilimler bölgede başta su kaynakları olmak üzere, havza ekonomisinde önemli bir yer tutan tarımsal faaliyetleri olumsuz yönde etkilemesi olasıdır. Sonuç olarak havzanın %44'ünün tarım alanı olduğu ve tarımsal faaliyetlerin en çok Aydın ve Denizli illerinde yapıldığı düşünüldüğünde (Anonim, 2016) bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, önlem alınmadığı takdirde, su kaynaklarının ve dolayısıyla tarımsal faaliyetlerin tehdit altında olduğunu göstermektedir.

KAYNAKLAR

- Anonim (2010). Büyük Menderes Havza kirlilik eylem planı, T.C. Çevre Şehircilik ve Orman Bakanlığı. <https://webdosya.csb.gov.tr/>.
- Anonim (2016). Büyük Menderes Havzası Kirlilik Önleme Eylem Planı, T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevre Yönetimi Genel Müdürlüğü, Ekim 2016. <https://webdosya.csb.gov.tr/csb/dokumanlar/cygm0013.pdf>
- Bahadır M (2011). Kızılırmak Nehri akım değişimlerinin istatistiksel analizi. Turkish Studies-International Periodical For The Languages, Literature and History of Turkish or Turkic, Volume 6/3, 1339-1356.
- Burn DH, Elnur MAH (2002). Detection of hydrologic trends and variability. *Journal of Hydrology*, 255, 107-122.
- Cengil B (2009). İklim değişiminin Büyük Menderes Havzasında zeytin yetiştirme alanları üzerine etkisi. Ege Üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Cengiz TM, Kahya E (2006). Türkiye göl su seviyelerinin eğilim ve harmonik analizi, İTÜ Dergisi. 5 (3) 2: 215-224.
- Chaponniere A, Smakhtin V (2006). A review of climate change scenarios and preliminary rainfall trend analysis in the Oum Er Rbia Basin, Morocco. IWM, Working Paper 110, Drought Series: Paper 8, Colombo, Sri Lanka.
- Çakmak Ö, Baran T (2015). Büyük Menderes Havzası yağışlarında eğilim analizi. 4. Su Yapıları Sempozyumu 419-427.
- Durdu ÖF (2010). Effects of climate change on water resources of the Büyük Menderes River Basin, Western Turkey. *Turk J. Agric For*, 34, 319-332, TÜBİTAK.
- Erdoğan F (1989). Türkiye'de yaygın kuraklık. *Meteoroloji Mühendisleri Odası Bülteni* 2:1-4.
- İçağa Y (1994). Analysis of trends in water quality using nonparametric methods. Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Kadioğlu M (1997). Trends in surface air temperature data over Turkey. *Int. J. Climatol.*, 17: 511-520.
- Kahya E, Kalaycı S (2004). Trend analysis of streamflow in Turkey. *Journal of Hydrology*, 289, 128-144.
- Kalaycı S, Kahya E (1998). Susurluk Havzası nehirlerinde su kalitesi trendlerinin belirlenmesi. *Journal of Engineering and Environmental Science*.
- Koçman A, Işık Ş, Mutluer M (1996). Ege ovalarında yağış değişkenliği ve kuraklık sorunu. *Ege Coğrafya Dergisi*, 8, 25-36.
- Kosif K (2001). Samsun ilinde iklim trendleri. *DSİ Teknik Bülteni*, Cilt 98, Sayfa 3-13.
- Önol B, Semazzi FHM (2006). Regionalization of climate change simulations over the Eastern Mediterranean. *American Meteorological Society*.
- Özfidaner M (2007). Türkiye yağış verilerinin trend analizi ve nehir akımları üzerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (Basılmamış), 73 s., Adana.
- Özkul S, Fıstıkoğlu O, Harmancıoğlu N (2008). İklim değişikliğinin su kaynaklarına etkisinin Büyük Menderes ve Gediz havzaları örneğinde değerlendirilmesi. *TMMOB 2. Su Politikaları Kongresi Bildiriler Kitabı*, 309-322.
- Özkul S (2009). Assessment of climate change effects in Aegean River basins: the case of Gediz and Büyük Menderes Basins. *Climatic Change*, 97: 253-283.
- Özel N (2004). Türkiye'deki nehir akımları aylık verilerinin parametrik olmayan trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, SÜ Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Partal T, Kahya E (2006). Trend analysis in Turkish precipitation data. *Hydrological Processes*, 20: 2011-2026.
- Sütgibi S (2009). Büyük Menderes havzasının sıcaklık, yağış ve akım değerlerindeki değişimler ve eğilimler. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 31, 398-414.
- Toros H (1993). Klimatolojik serilerden Türkiye genelinde trend analizi. Yüksek Lisans Tezi, İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Türkeş M (1996). Spatial and temporal analysis of annual rainfall variations in Turkey. *International Journal of Climatology*, 16, 1057-1076.
- Türkeş M, Koç T, Sarış F (2009). Spatiotemporal variability of precipitation total series over Turkey. *International Journal of Climatology*, 29, 1056-1074.
- Türkeş M, Deniz ZA (2011). Güney Marmara bölümünün (Kuzey Batı Anadolu) Klimatolojisi ile yağış ve akım dizelerinde gözlenen değişimler ve eğilimler. *Uluslararası İnsan Bilimleri Dergisi*, 8/1, 1579-1600.
- Yeşilirmak E, Akçay S, Dağdelen N (2011). Büyük Menderes havzasında yıllık toplam yağışların zamansal değişimleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 8(1) : 37 – 46.
- Yıldırım YE, Türkeş M, Tekiner M (2004). Time-Series analysis of long-term variations in stream-flow data of some stream-flow stations over the Gediz Basin and in precipitation of the Akhisar Station. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7: 17-24.
- Yue YS, Zou S, Whittemore D (1993). Non parametric trend analysis of water quality data of rivers in Kansas. *Journal of Hydrology*, 150, 61-80.
- Yue S, Wang CY (2002). Regional streamflow trend detection with consideration of both temporal and spatial correlation. *International Journal of Climatology*, 22(8):933-946.
- Zhang X, Harvey KD, Hoggy WD, Yuzyk TR (2001). Trends in Canadian streamflow. *Water Resour. Res.*, 37,4: 987-998.

Hasat Öncesi Sulamayı Sonlandırma Zamanının Damla Yöntemiyle Sulanan Salçalık Domatesin Verim ve Kalitesi Üzerine Etkisi

¹Mehmetcan AŞIK

^{2*}Hayrettin KUŞÇU

¹Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

²Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): kuscu@uludag.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 01.10.2020

Kabul tarihi (Accepted): 06.01.2021

DOI:10.21657/topraksu.803296

Öz

Bursa koşullarında 2019 yılında yapılan bu araştırmada, salçalık Heinz-1015 çeşidi domatestede, hasattan 4 (S1), 8 (S2), 12 (S3) ve 16 (S4) gün önce sulama suyunun kesilmesinin domates verimi ve kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlamalı olarak yürütülmüştür. Deneme sonucunda, konulara uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarı 317- 377 mm arasında değişim göstermiş, en yüksek bitki su tüketimi 512 mm ile S1 konusundan en düşük ise 475 mm ile S4 konusundan belirlenmiştir. En yüksek verim değerleri S1 ve S2 konusunda gerçekleşmiş ve son sulamanın hasattan önce kesilme süresi arttıkça verim değerleri azalmıştır. Domatesin su üretkenliği ve sulama suyu üretkenliği değerleri sırasıyla 13,1-21,6 kg m⁻³ ile 19.6-30.3 kg m⁻³ arasında değişmiş, en yüksek değerler S2 en düşük ise S4 deneme konusunda belirlenmiştir. Domates meyvelerindeki en yüksek briks değeri 6,53 ile S4 deneme konusunda ölçülmüş ve hasada yakın sulama yapıldıkça briks değerlerinin düştüğü saptanmıştır. En büyük meyve sertliği değerleri 1,13 kg ve 0,99 kg olarak sırasıyla S4 ve S3 konularından elde edilmiştir. Meyve rengi parametrelerine ilişkin L, a, b, C ve h değerlerinin sırasıyla 36.93-37.60, 36.37-38.40, 25.73-26.90, 44.33-46.30, 33.93-36.00 arasında değiştiği saptanmıştır. Salçalık domatesin sulama suyu miktarına ve hasattan önce kesilme zamanına duyarlı olduğu, son sulama uygulamasının hasattan 8 gün önce kesilmesi durumunda verimde büyük bir azalma olmaksızın kalite parametrelerinde iyileşmeye yol açtığı sonucuna varılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Bitki su tüketimi, briks, renk, sertlik, su üretkenliği

The Effect of Cutting Time of Irrigation before Harvest on Yield and Quality of Processing Tomatoes Irrigated by Drip Method

Abstract

In this study conducted in 2019 in Bursa conditions, the effects of cutting irrigation water 4 (S1), 8 (S2), 12 (S3) and 16 (S4) days before harvest on tomato yield and quality were investigated in this study conducted on tomato paste Heinz-1015 variety. The experiment was carried out in 3 replications according to the randomized complete block design. The amount of seasonal irrigation water applied to the experimental treatments varied between 317 - 377 mm, the highest evapotranspiration (ET) was determined from S1 with 512 mm and the lowest ET was determined from S4 with 474 mm. The highest yield values were realized in S1 and S2 and the yield values decreased as the last irrigation

was cut before harvest increased. The water productivity and irrigation water productivity values of tomatoes varied between 13.1-21.6 kg m⁻³ and 19.6-30.3 kg m⁻³, respectively, the highest values were determined in S2 and the lowest in S4 treatment. The highest Brix value in tomato fruits was measured at S4 with 6.53 and it was determined that Brix values decreased as irrigation was done close to harvest. The highest fruit hardness values were 1.13 kg and 0.99 kg from S4 and S3 treatments, respectively. L, a, b, C and h values for fruit color parameters were found to vary between 36.93-37.60, 36.37-38.40, 25.73-26.90, 44.33-46.30, 33.93-36.00, respectively. It is concluded that processing tomato is sensitive to the amount of irrigation water and time of cessation of irrigation before harvest, and if the last irrigation application is cut eight days before harvest, it leads to an improvement in quality parameters without a significant decrease in yield.

Keywords: Crop evapotranspiration, water productivity, processing tomatoes, Brix, color, hardness

GİRİŞ

Türkiye’de üretilmekte olan sebze miktarı her geçen yıl artmaktadır. Nitekim 2017 Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre sebze üretimi 30 milyon tondan fazladır. Sebze üretiminde en fazla orana sahip olan kısmı, meyvesi yenilebilen sebzeler (domates, biber, patlıcan, karpuz, vb.) oluşturmaktadır. Bu üretimler dikkate alındığında toplam sebze üretiminin %40-45’lik bölümünü domates (*Solanum lycopersicum*) oluşturmaktadır (Güvenç, 2019). Ülkemizde üretilen domatesin çoğu salçalık domates olarak üretilmektedir. Salçalık domates üretiminde, Marmara ve Ege Bölgeleri başta gelmektedir. İklimsel veriler göz önüne alındığında, bu bölgelerimizin domates yetiştiriciliğine daha uygun olduğu görülmektedir. Ülkemizde salçalık domates üretiminde ilk sırada yer alan iller sırası ile Bursa (994057 ton), İzmir (738252 ton) ve Manisa’dır (702491 ton) (TÜİK, 2018). Dünyada domates üretiminde öncü ülkelerin başında Çin, Hindistan ve Nijerya gelmektedir. Türkiye ise dünyada domates üretiminde 4. sırada gelmektedir.

Domatesin insan beslenmesinde vazgeçilmez bir rolünün olmasının yanı sıra zengin aroma bileşikleri ve biyoaktif bileşik kaynaklarının da olması sebebiyle gıda endüstrisinde çok çeşitli kullanım alanlarına sahiptir. (Aguayo vd., 2009; Kelebek vd., 2017). Domates, gıda sanayisinde domates suyu, ketçap, salça, sos, çorba ve reçel üretiminde kullanılmaktadır (Jumah vd., 2007).

Domateste, uygulanan su miktarı meyve verimini arttırırken, buna karşın meyvelerin suda çözünür katı madde içeriği (briks derecesi), likopen ve toplam polifenol içeriğini önemli ölçüde düşürmektedir. Askorbik asit söz konusu olduğunda ise optimum su temin koşullarında daha yüksek asitlik elde edilmektedir (Helyes vd., 2012).

Kuşçu vd. (2014a) tarafından Bursa koşullarında gerçekleştirilen çalışmada domateste briksin toprak su içeriğinden önemli ölçüde etkilendiği belirtilmiş ve mevsimlik sulama suyu miktarındaki artışla briksin önemli ölçüde azaldığı ve en düşük sulama suyu seviyesi için 6 briks ve en yüksek sulama seviyesi için 5 briks olarak raporlanmıştır. Güney İtalya - Sicilya koşullarında gerçekleştirilen bir çalışmada Brigade çeşidi kullanılmış olup en yüksek briks değerleri (7.60-6.35) denemenin kurulmasından sonra sulamanın yapılmadığı koşulda, en düşük briks değerleri (4.80-4.90) ise her iki yılda da tam sulamanın yapıldığı koşulda ölçülmüştür (Patanè vd. 2011). Çetin ve Uygan (2008), domates bitkisinde damla sulama koşullarında lateral arlıkları, sulama rejimleri ve ekim geometrilerinin verim, sulama suyu üretkenliği ve net gelir üzerindeki etkisini belirlemek amacıyla Eskişehir koşullarında Dual Large domates çeşidi ile yaptıkları çalışmada ortalama olarak verim değerlerinin 88.9 ile 115.5 ton ha⁻¹ arasında değişim gösterdiğini raporlamışlardır. Marouelli vd. (2004) tarafından Brazilya koşullarında gerçekleştirilen çalışmada, en yüksek pazarlanabilir meyve verimi (8.23 ton ha⁻¹), son sulama uygulamasının denemenin başlangıcından 68 gün sonra (hasattan 21 gün önce) gerçekleştirildiği koşulda saptanmıştır. Çetin vd. (2008), damla sulama yöntemiyle sulanan domateste, ihtiyaç duyulan su miktarını belirlemek için bitki örtü yüzdesini kullanarak su tasarrufu yapmanın ve verimi artırmanın mümkün olup olmadığını araştırmışlardır. Buna göre, en yüksek meyve verimini (134.8 ton ha⁻¹), A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyu referans alarak bitki gelişme dönemlerine göre farklı bitki katsayılarının (fide dikim zamanından çiçeklenme aşamasına kadar 0.50; çiçeklenme aşamasından ilk hasada kadar 1.0 ve ilk hasattan son hasada kadar 0.75)

kullanıldığı ve ıslatılan alan yüzdesinin bitki örtü yüzdesine bağlı olarak değiştiği koşullarda elde etmişlerdir.

Salça için yetiştirilen domateste, meyvedeki suda çözünür katı madde içeriği (briks) önemli bir kalite faktörü olup salça verimini etkileyen ana parametredir (Johnstone vd., 2005). Briks değerinin yüksek olması, salça üretiminde buharlaştırma amacı ile kullanılan ekipmanların daha az kullanılmasını sağlamaktadır. Bu ise fabrika için önemli ölçüde hem doğal gaz hem de elektrik maliyetinin düşürülmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu yüzden salçalık domates işleyen fabrikalar için briks değeri önemli bir kriterdir. Ancak çiftçiler arazilerinden daha fazla verim almak istediği için briks değerlerine fazla önem vermemekte ve hasat zamanına kadar sulamaya devam etmektedir. Bu durum ise, domatesin sahip olduğu briks değerini oldukça düşürmektedir. Her ne kadar çiftçi için olumlu bir durum olsa da fabrikalar için de aynı derece olumsuz sonuçlar doğurmakta ve daha maliyetli bir üretime neden olmaktadır. Bu nedenle 2019 yılında Bursa koşullarında yapılan bu çalışmanın amacı, salçalık domates üretiminde hem çiftçi hem de sanayi üretimi açısından genel bir değerlendirme yapmak için, damla sulama koşulları altında hasattan belirli süre önce sulamanın kesilip bu durumun domates verimi ve briks değeri başta olmak üzere domatesin diğer kalite kriterleri hakkında verileri ortaya koymak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, 2019 yılı tarla domatesi yetiştirme döneminde (mayıs ve ağustos), Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama

ve Araştırma Merkezi deneme arazisinde yürütülmüştür. Araştırmanın gerçekleştirildiği alanın deniz seviyesinden ortalama olarak yüksekliği 100 m olup 40° 11' kuzey enlemi, 29° 04' doğu boylamında yer almaktadır. Yetiştiricilik mevsimi boyunca ortalama bağıl nem değeri %66 seviyesinde gerçekleşmiştir. Diğer taraftan aylık ortalama sıcaklık değerleri, mayıs ayında 19,7 °C iken daha sonraki aylarda artış göstermiş ve en yüksek sıcak değeri ise ağustos ayında 25,1 °C olarak görülmüştür. Araştırma alanına ait toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Bitkisel materyal olarak erkenci orta grupta yer alan Heinz-1015 çeşidi sanayi domatesi kullanılmıştır.

Tarla denemeleri tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olacak şekilde yürütülmüştür. Deneme konuları bloklar içinde rastgele olarak dağıtılmıştır. Deneme parselleri, sıra aralığı 140 cm ve sıra üzeri 30 cm olacak biçimde 4.2 m x 5 m = 21 m²lik bir alanda yürütülmüştür. Parseller ve bloklar arasında 2 m mesafe bırakılmıştır. Deneme konuları hasattan 4 gün (S1), 8 gün (S2), 12 gün (S3) ve 16 gün (S4) önce sulama suyunun kesilmesi biçiminde oluşturulmuştur.

Fide dikiminden 1 gün önce, 0-90 cm toprak derinliğinde gravimetrik yöntem ile toprak örneği alınarak tarla kapasitesi ile mevcut nem arasındaki fark belirlenmiş ve mevcut nemin tarla kapasitesine ulaştırılması gereken sulama suyunun yarısı deneme parsellerine verilmiştir. Devamında, 3 Mayıs 2019 tarihinde, 3-4 yapraklı domates fideleri deneme parsellerine elle dikilmiştir. Dikim işleminin ardından mevcut nemin tarla kapasitesine ulaştırılması gereken su miktarının ikinci yarısı bitki kök bölgesine damla sulama sistemi aracılığı ile

Çizelge 1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some physical and chemical properties of the research area soils

Toprak Derinliği (cm)	Kil (%)	Kum (%)	Silt (%)	Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (Kuru Ağırlık %)	Solma Noktası (Kuru Ağırlık %)	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)
0-30	49.5	24.3	26.2	Kil	38.2	27.1	1.35
30-60	50.5	23.3	26.2	Kil	40.0	27.0	1.36
60-90	53.5	21.9	24.6	Kil	43.0	26.8	1.34
90-120	40.5	21.6	37.9	Kil	40.1	23.2	1.38
Toprak Derinliği (cm)	EC (dS m ⁻¹)	pH	Kireç (%)	Saturasyon (%)	Organik Madde (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)
0-30	0.45	6.1	0.0	101	0.72	8.9	46
30-60	0.45	6.4	0.0	109	0.43	3.5	36
60-90	0.79	7.1	1.3	110	0.57	8.1	39
90-120	0.64	8.0	43.7	101	0.17	6.9	25

verilmiş ve deneme başlatılmıştır. Tüm parsellere eşit olacak biçimde hektara 180 kg N ve 120 kg P₂O₅ verilmiştir. Fosforlu gübrenin (Triple Süper Fosfat, %43-44 P₂O₅) tamamı azotlu gübrenin ise yarısı fide dikiminden önce toprağa taban gübresi olarak Amonyum Nitrat (%33 N) formunda uygulanmış, azotlu gübrenin diğer yarısı ise 11 Haziran 2019 tarihinde Amonyum Sülfat (%21 N ve %24 S) formunda doğrudan toprağa uygulanmıştır (Kuscu vd., 2014a). Toprak analiz sonuçlarının potasyum içeriğinin yeterli olduğunu göstermesi nedeniyle potasyumlu gübreleme yapılmamıştır. Mayıs ayının 13 ve 14. günlerinde çapa yapılarak boğaz doldurma ve yabancı otlarla mücadele işlemleri gerçekleştirilmiştir. Yabancı otlarla mücadele, deneme boyunca sürekli olarak gerçekleştirilmiştir. Yaprak biti ile mücadele için 4A grubu 350 g/l Imidacloprid etken madde içeren süspansiyon konsantre Confidor SC 350 ticari isimli insektisit, etiketinde belirtilen kullanım dozu doğrultusunda uygulanmıştır. Bunun yanında külleme mücadelesi için 200 g/l Tebuconazole ve 120 g/l Azoxystrobin içeren süspansiyon konsantre Azimut 320 SC fungusit uygulanmıştır.

Sulama denemeleri süresince uygulanan sulama suyu miktarının tespiti için (mm); $I = A \times E_p \times E_a \times k_{pc} \times P$ eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte, I: Sulama suyu (L), A parsel alanı (21 m²), E_p A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarını (mm) göstermektedir. Damla sulama sistemi için su uygulama etkinliği E_a=0.90 olarak alınmıştır. Bu çalışmada sulamalara son verilme zamanının bitki üzerindeki etkileri araştırıldığından herhangi bir su stresi oluşturmamak için bitki katsayısı deneme süresince k_{pc}=1 olarak alınmıştır. Islatılan alan yüzdesi (P), bitki örtü yüzdesine eşit olacak biçimde deneme süresince her sulama öncesinde ölçülerek belirlenmiş ve hiçbir zaman %30'un altında alınmamıştır (Çetin vd., 2008; Yıldırım, 2008; Tari ve Sapmaz, 2017). Sulama, yörede domatesin damla sulama uygulamalarında yaygın olarak tercih edildiği 4 günlük aralıklarla gerçekleştirilmiştir.

Bitki su tüketimi, $ET = I + P \pm DS - D - R$ formülünden yararlanılarak hesaplanmıştır (Garrity vd., 1982). Eşitlikte; ET = Bitki su tüketimi, mm, I = Uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P = Etkili yağış (mm), (Parsellerin etrafı çevrili olduğu için tüm yağışlar etkili yağış olarak kabul edilmiştir), DS = İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim (mm/90 cm), D = Derine sızma (mm), R = Yüzey akış miktarını (mm) göstermektedir, Yağış miktarı,

Bursa Uludağ Üniversitesi yerleşkesinde yer alan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Bunun yanı sıra uygulanan su miktarı, her bir sulama düzeyi için su sayacı yardımıyla ölçülmüştür. İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim gravimetrik yöntem ile hesaplanmıştır. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde toprağın 0-60 cm'lik bölümünde bulunan su içeriği dikkate alınmıştır. Diğer 60-90 cm'lik kısımda ise meydana gelen olası bir nem artışı derine sızma olarak değerlendirilmiştir. Kullanılan sulama suyu, damla sulama yöntemiyle kontrollü bir şekilde gerçekleştirildiğinden, yüzey akış, toprak su bütçesi eşitliğinde dikkate alınmamıştır. Sulama suyu üretkenliği (IWP) ve su üretkenliği (WP) değerlerinin hesaplamasında aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Bos, 1980; Tari ve Sapmaz, 2017).

$$WP = YLD / ETa$$

$$IWP = YLD / IRGA$$

Eşitlikte; YLD = Konulara göre meyve verimi (t ha⁻¹), ETa = Konulara göre mevsimlik gerçek bitki su tüketimi (mm) ve IRGA = Konulara göre mevsimlik sulama suyu miktarı (mm) olarak tanımlanmaktadır.

Meyve verimi; her parselden hasat edilip tartılan kırmızı domates meyvelerinin ağırlığının, hektar verimine dönüştürülmesiyle belirlenmiştir. Tek meyve ağırlığı; hasatta her deneme parselinden rastgele toplanan 10 adet meyvenin ağırlıkları tek tek tartılarak kayıt altına alınmış ve ortalaması alınarak tek meyve ağırlığı belirlenmiştir. Daha sonra her parsel için rastgele seçilen 3 adet sağlıklı meyve üzerinde kalite özellikleri belirlenmiştir. Domates meyvelerindeki briks derecesini belirlemek için dijital bir refraktometre (HI 96800, Hanna Instruments) kullanılmıştır. Dijital bir pH-metre (Mettler Toledo) aracılığıyla pH ölçümü yapılmıştır. Hasatta domates meyvelerindeki L, a, b, C ve h değerleri bir kolorimetre (CR-10 Plus model, KONICA MINOLTA) ile ölçülmüştür. Domates meyvelerinin sertlik ölçümlerinde dijital bir penetrometre'den yararlanılmıştır.

Denemeler sonucunda elde edilen verim ve kalite özelliklerine ilişkin tüm veriler varyans analizine tabi tutulmuştur. İstatistiksel olarak farklı grupların belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testinden yararlanılmıştır. İstatistiksel analizlerin yapılmasında bir istatistik programı olan IBM SPSS 23 (Statistics for Windows, Version 23, Copyright, 2016, IBM Corp., Armonk, NY) kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

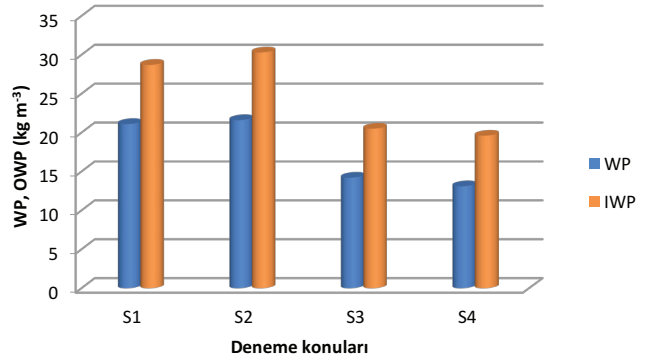
Sulama Suyu Miktarı ve Bitki Su Tüketimi

Salçalık domatesin sulamasına 03.05.2019 tarihinde başlanmıştır. Ekimden hasada kadar yağış miktarı 130 mm olarak ölçülmüştür. Araştırma süresi boyunca her deneme parseline deneme gereği son sulama suyu kesinti tarihine kadar eşit miktarda su verilmiştir. Bu uygulamalara bağlı olarak, toplam sulama suyu miktarı deneme konularına göre 317-377 mm arasında değişmiştir. (Çizelge 2). Uygulanan sulama suyu, son sulama suyunun daha erken kesildiği tarihte daha az, hasat tarihine daha yakın zamanda kesilen uygulamada ise daha fazla olmuştur. Mevsimlik bitki su tüketimi, araştırılan deneme konularına göre farklılık göstermiştir. Hasattan 4 gün önce suyun kesildiği S1 konusunda domatesin mevsimlik su tüketimi 512 mm, 8 gün önce suyun kesildiği S2 konusunda 494 mm, 12 gün önce suyun kesildiği S3'te 486 mm ve 16 gün önce suyun kesildiği S4'te ise 475 mm olarak hesaplanmıştır. Mevsimlik uygulanan toplam sulama suyu miktarlarına bağlı olarak bitki su tüketim değerleri de farklılık göstermiş ve genelde sulama miktarındaki artışla bitki su tüketimi de artmıştır (Çizelge 2). Araştırmanın yapıldığı bölgede (Bursa) yapılan başka bir çalışmada Yazgan ve Demirtaş (2000), sırk domateste mevsimlik sulama suyu gereksiniminin 289.3-436.9 mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Kuscı vd. (2014b) salçalık domates için sulama suyu miktarının 2010 yılında 248 ile 455 mm ve 2011 yılında 321mm ile 512 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Bu çalışmadaki sonuçlara benzer olarak, uygulanan sulama suyu miktarının araştırmanın yapıldığı dönem içerisinde meydana gelen yağışlardan etkilendiğini belirtmişlerdir. Özbahçe ve Tari (2010), sulama suyu miktarı ve mevsimlik bitki su tüketiminin sırasıyla 426-587 mm ve 525 ve 619 mm olarak belirlemiştir. Semiz ve Yurtseven (2010), damla sulama ve karık sulama için sulama suyu ihtiyacı ve mevsimlik bitki su tüketimini sırasıyla 722-876 mm ve 790-942 mm

olarak raporlamışlardır. Bitki su tüketimindeki farklılıkların yetiştiricilik yapılan yerin iklim koşulları, toprak özellikleri ve çeşidin genetik özelliklerindeki farklılıklarından kaynaklandığı söylenebilir.

Su Üretkenliği ve Sulama Suyu Üretkenliği

Domatesin WP değerleri 13.1-21.6 kg m⁻³ arasında değişmiştir (Şekil 1). En yüksek WP değeri S2 deneme konusunda görülmüşken, en düşük WP değeri ise sulama suyunun hasattan 16 gün önce kesildiği S4 deneme konusunda tespit edilmiştir. S1 ve S2 deneme konularında WP değerleri arasında fazla fark söz konusu değil iken, sulamanın hasattan önce kesildiği zaman aralığı arttığı koşullarda (S3 ve S4) önemli derecede bir azalma meydana gelmiştir. Diğer taraftan, IWP değerleri ise 19.6-30.3 kg m⁻³ arasında değişmiştir. En yüksek IWP değeri S2 deneme konusunda görülmüşken, en düşük IWP değeri ise S4 deneme konusunda görülmüştür.



Şekil 1. Su üretkenliği (WP) ve sulama suyu üretkenliği (IWP) sonuçları

Figure 1. Results of water productivity and irrigation water productivity

Çanakkale ilinde yapılan başka bir çalışmada Yıldırım ve Bahar (2017), WP değerlerinin 7.31-8.65 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Kuscı vd. (2014a), Bursa ilinde domateste yaptıkları çalışmada, WP ve IWP değerlerinin sırasıyla, 7.2-18.3 kg m⁻³ ile 8.2-27.5 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çalışmalar arasındaki söz konusu

Çizelge 2. Uygulanan sulama suyu miktarı, yağış, toprak nem değişimi ve mevsimlik bitki su tüketimi değerleri

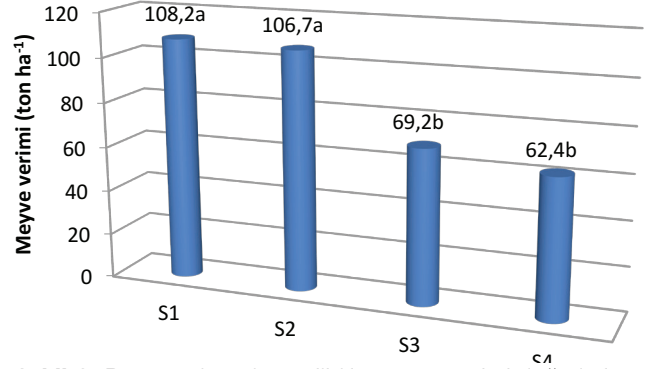
Table 2. Amount of irrigation water applied, rainfall, soil moisture change values

Deneme konuları	Uygulanan sulama suyu (mm)	Yağış (mm)	Toprak nem değişimi (mm)	Mevsimlik bitki su tüketimi (mm)
S1	377	130	+5	512
S2	352	130	+12	494
S3	337	130	+19	486
S4	318	130	+27	475

farklılıkların nedenleri, çeşidin erkenci veya geççi olmasına bağlı olarak üretim mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarı, yağış miktarı, bitki su tüketimi, verim ve deneme konularındaki farklılıklardan ileri geldiğini söylemek olasıdır.

Domates Meyve Verimi

Denemelerden elde edilen pazarlanabilir meyve verimi değerleri ve uygulamalara göre oluşan Duncan gruplandırılmaları Şekil 2'de verilmiştir. Domatesin verim değerleri 108.2 ton ha⁻¹ ile 62.4 ton ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek verim değerleri S1 ve S2 konusundan elde edilirken istatistiksel olarak farklı bir grup oluşturan S3 ve S4 konularında ise daha düşük verim değerleri saptanmıştır. Bu nedenle, önemli verim kayıpları yaşamamak için sulamaların 12 veya 16 gün önce kesilmesi önerilmemektedir. Nas ve ark. (2017), İzmir-Torbalı bölgesinde tarla koşullarında hibrit CXD-263 sanayi domatesi çeşidi kullanarak yaptıkları çalışma sonucunda en yüksek verimi 150.7 ton ha⁻¹ ile siltli-tın bünyeli toprakta ve hasattan 10 gün önce son sulama uygulamasından elde etmişlerdir. López ve ark. (2001), İspanya'nın Extremadura bölgesinde hasattan en fazla 15 gün önce sulamanın kesilmesi halinde kabul edilebilir düzeyde verim elde edilebileceğini belirtmişlerdir. Bursa koşullarında daha önce gerçekleştirilen çalışmada, Kuşçu ve ark. (2014b) en yüksek salçalık domates verimini, tam sulama yapılan deneme konusundan 2010 yılı için 100.4 ton ha⁻¹ ve 2011 yılı için ise 110.7 ton ha⁻¹ olarak tespit etmişlerdir. Baydar ve Ünlü (2020), Mersin-Tarsus ekolojik koşullarında Marmara F1 domates çeşidinde yürüttükleri çalışmada enjeksiyon pompası ile yapılan fertigasyon yöntemiyle damla sulama koşulları altında en yüksek verimi 48.8 ton ha⁻¹ olarak tam sulama konusundan elde ettiklerini bildirmişlerdir. Mersin koşullarında elde edilen verimler, bu çalışmadan elde edilen verim



Şekil 2. Deneme konularına ilişkin meyve verimi değerleri
Figure 2. Fruit yields values of experimental treatments

Not: F testine göre verim değerleri arasındaki farklılık P<0.01 düzeyinde önemlidir. Şekilde aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan'a göre P<0.05 olasılık düzeyinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

değerlerinin çok altındadır. Verimde meydana gelen farklılıklara toprak özellikleri, iklimsel faktörler, bitki çeşidi, sulama yönetimi ve programındaki farklılıkların neden olduğu söylenilebilir.

Domates Meyvelerinin Kalite Özellikleri

Hasatta domates meyveleri üzerinde yapılan bazı kalite ölçümlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. En yüksek tek meyve ağırlığı değerleri sırası ile 71.7 g ve 70.3 g ile sırasıyla S1 ve S2 konularından elde edilmiştir. Sulamanın hasattan 4 ve 8 gün önce kesilmesi arasında çok fark bulunmamasına rağmen, diğer deneme konuları ile aralarında önemli bir düşüşün olduğu görülmüştür. Bunun nedeninin, uygulanan sulama suyu miktarındaki azalmaya bağlı olarak meyvenin yeterli iriliğe ulaşamadığı ve bu yüzden birim meyve ağırlığında da azalış olduğu söylenebilir Nas vd. (2017), son su uygulamasının hasat tarihinden 5 gün önce yapıldığı uygulamada, ortalama meyve ağırlığını 67.5 g, 10 gün önce yapıldığında 68.2 g ve 15 gün önce yapıldığında ise 64.8 g olarak tespit etmişlerdir. Bu çalışmada, sulamanın hasattan 4 ve 8 gün önce kesildiği durumlarda elde edilen birim meyve ağırlığı değerleri belirtilen araştırmacıların

Çizelge 3. Domates meyvelerinin tek meyve ağırlığı, briks, pH, sertlik ve renk parametreleri (L, a, b, C ve h)

Table 3. Single fruit weight, brix, pH, hardness and color parameters of tomato fruits (L, a, b, C and h)

Deneme konusu	Tek Meyve Ağırlığı (g)	Briks	pH	Sertlik (kg)	Renk Parametreleri				
					L	a	b	C	h
S1	71,71 a	5,70 b	4,64	0,86 b	37,6	37,77	26,33	46,03	34,83
S2	70,32 ab	5,76 b	4,72	0,87 b	37,03	36,93	26,9	45,7	36
S3	58,97 bc	6,13 ab	4,68	0,99 ab	36,93	36,37	25,73	44,33	35,2
S4	56,62 c	6,53 a	4,82	1,13 a	37,17	38,4	25,83	46,3	33,93
Önem	*	*	öd	*	öd	öd	öd	öd	öd

*P<0.05 düzeyinde önemli. öd: önemli değil. Aynı sütunda aynı harfle gösterilen değerler arasında Duncan'a göre P<0.05 olasılık düzeyinde önemli bir farklılık bulunmamaktadır.

sonuçları ile benzerlik göstermektedir. Bursa koşullarında gerçekleştirilen çalışmada, Kuscü ve ark. (2014b) en yüksek birim meyve ağırlığını ortalama 66.1 g olarak bitki büyüme mevsimi boyunca tam sulamanın yapıldığı koşullarda elde etmişlerdir. Mahadeen vd. (2011) yaptıkları çalışmada en yüksek birim meyve ağırlığını tam sulamanın yapıldığı koşullarda elde etmişlerdir. Birim meyve ağırlığında meydana gelen farklılıkların nedeni olarak toprak özellikleri, iklimsel faktörler, bitki çeşidi, yetiştirme koşulları, sulama yöntemi ve programındaki farklılıklar gösterilebilir.

Salçalık domates meyvelerindeki en önemli kalite parametrelerinden biri de suda çözünür kuru madde veya yaygın olarak kullanılan adıyla brikstir. Genellikle fabrikalarda işlenen domates salçasının 28-30 brikste olması istenir. Bu nedenle çok büyük miktarlarda domatesin işlendiği bir fabrikaya gelen hammaddenin briksinin yüksek olması arzu edilir. Böylece hammaddenin salçaya işlenmesi için gerekli olan enerji maliyetlerinde briks değerinin artışı ile bir azalma olacaktır. Bu çalışmada, en yüksek briks değerleri S4 ve S3 konularından elde edilmiş, istatistiksel olarak farklı bir grup oluşturan S1 ve S2 konularında ise daha düşük briks değerleri saptanmıştır (Çizelge 3). Elde edilen sonuçlara göre, hasattan önce sulama zamanının kesilme süresi arttıkça briks değerleri de artmıştır. Uygulanan sulama suyu azaldıkça veya sulamanın hasattan önce kesilme süresi arttıkça briks değerlerinde de artış olduğu önceki çalışmalarda da bildirilmiştir (Lopez vd., 2001; Nas vd., 2017).

Yapılan istatistiksel analiz sonuçlarına göre, deneme konularının pH değerlerini önemli düzeyde etkilemediği tespit edilmiştir (Çizelge 3). İstatistiksel olarak önemsiz olmakla birlikte en düşük pH değeri (4.64) S1 konusunda ölçülürken en yüksek pH değeri (4.82) ise S4 konusunda ölçülmüştür. Kuzucu vd. (2004), Koral, Mobil ve H-2274 domates çeşitlerinin sırasıyla 4.31, 4.33 ve 4.33 pH değerine sahip olduğunu raporlamışlardır. Nas vd. (2017) tarafından yapılan çalışmada, pH değerleri 4.91-4.98 arasında belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar daha önce raporlanan sonuçlarla paralellik göstermektedir.

Sertlik, gerek sofralık gerekse salçalık domates meyve kalitesinin saptanmasındaki en önemli parametrelerden biridir (Batu, 1998; Yaylalı ve Çiftçi, 2008). Deneme konularının meyve eti sertliği üzerine etkisi $P < 0.05$ önem düzeyinde

istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Sulamanın hasattan önce kesilme zamanı uzadıkça göreceli olarak meyve eti sertliği de artmış ve en büyük meyve sertliği değerleri 1.13 kg ve 0.99 kg olarak sırasıyla S4 ve S3 konularından elde edilmiştir. Diğer taraftan S1 ve S2 konularının meyve eti sertliği değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiş ve daha düşük sertlik oluşmuştur (Çizelge 3). Nas vd. (2017), hasat tarihinden 5 gün önce son sulama uygulamasında meyve sertliği değeri 34.92 N (3.56 kg), 10 gün önce son sulama uygulamasında 34.04 N (3.47 kg), 15 gün önce son sulama uygulamasında ise 37.93 N (3.86 kg) olarak belirlemişlerdir. Özbahçe ve Padem (2007), en yüksek meyve sertlik değerine Keban F1 (1.826 kg/cm²) en düşük meyve sertlik değerine ise Peto 86 (0.983 kg/cm²) çeşidinin sahip olduğunu raporlamışlardır. Kuzucu vd. (2004), bu değerleri 1.06-1.60 kg/cm² arasında bulmuşlardır. Bu çalışmadan elde edilen meyve sertliği değerleri, daha önce yürütülen benzer çalışmalardan elde edilen değerlerden farklılıklar göstermektedir. Bunun sebebinin denemede kullanılan çeşitlerin farklı olmasının yanı sıra iklimsel özellikler ve hasat olgunluğu dönemi farklılığından da kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir.

Salçalık domateste aranan diğer önemli bir kalite parametresi de renktir. Renk parametrelerine ilişkin sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir. Buna göre, L (parlaklık) değerlerinin 36.93-37.60, a (kırmızılık) değerlerinin 36.37-38.40, b (sarılık) değerlerinin 25.73-26.90 aralığında değiştiği belirlenmiş ancak sulamanın hasattan önce kesilme zamanının bu parametreler üzerinde istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı bulunmuştur. Renk berraklığı (C) ve ton açısı (h) değerlerinin değişimi ise sırasıyla 44.33-46.30 ve 33.93-36.00 olarak elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar arasında istatistiksel olarak farklılık görülmemesi, sulamanın hasattan önce kesilme zamanının söz konusu renk parametreleri üzerinde etkisinin olmadığını göstermektedir. Yapılan diğer çalışmalarda deneme konularına göre L, a, b değerlerinde önemli farklılıklar görülmemiştir (Ulukapı vd., 2009; Atikmen ve Kütük, 2014).

SONUÇ

Bu çalışmada son sulamanın kesilme zamanı meyve verimi, briks değeri, birim meyve ağırlığı ve meyve sertliği üzerindeki etkisi istatistiksel olarak önemli ($P < 0.05$) bulunmuştur. Buna göre, en yüksek verim ve birim meyve ağırlığı değerleri en

fazla sulama suyunun uygulandığı hasattan 4 gün önce sulamanın kesildiği deneme konusundan elde edilmiştir. Hasattan önce sulamanın kesildiği gün sayısına bağlı olarak uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça diğer bir ifadeyle hasattan önce sulamanın kesildiği gün sayısı arttıkça briks değerinde bir artış gerçekleşmiş ve en yüksek briks değeri 6.53 ile hasattan 16 gün önce sulamanın kesildiği deneme konusunda saptanmıştır. Sulamanın hasattan önce kesilme zamanı uzadıkça göreceli olarak meyve eti sertliği de artmış ve en büyük meyve sertliği değerleri son sulamanın hasattan 16 gün ve 12 gün önce yapıldığı deneme konularından elde edilmiştir. Diğer taraftan son sulamanın hasattan 4 gün ve 8 gün önce yapıldığı deneme konularında meyve eti sertliği değerleri arasında anlamlı bir farklılık gözlenmemiş ve daha düşük sertlik oluşmuştur. Meyve pH değerleri ile renk parametreleri üzerine sulama konularının etkisi önemsiz bulunmuştur.

Elde edilen sonuçlar, damla sulama koşulları altında uygun bir verim ve kalite dengesinin sağlanması için hasattan 8 gün önce sulamalara son verilmesinin yararlı olacağını göstermektedir. Son sulamanın hasattan 8 gün önce yapıldığı deneme konusunda uygulanan sulama suyu miktarı 352 mm ve mevsimlik bitki su tüketimi 494 mm olarak belirlenmiştir. Bu deneme konusunda elde edilen verim miktarı 10.67 ton da⁻¹, brik değeri 5.76, pH değeri 4.72, tek meyve ağırlığı 70.32 g ve meyve sertliği 0.87 kg olarak hesaplanmıştır.

KAYNAKLAR

Aguayo IA, Fortuny RS, Belloso OM (2009). Volatile compounds and changes in flavour-related enzymes during cold storage of high intensity pulsed electric field and heat-processed tomato juice. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 90:1597-1604.

Atikmen NÇ, Kütük C (2014). Sakarya Akgöl organik toprağının domates bitkisinin kalite parametreleri üzerine etkisi. *Trakya University Journal of Natural Sciences*, 15(2): 89-94.

Batu A (1998). Some factors affecting on determination and measurement of tomato

firmness. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 411-418.

Baydar A, Ünlü M (2020). Farklı fertigasyon teknikleri ve su kısıntısı koşullarında domates bitkisinin su verim ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 9(2): 116-121.

Bos MG (1980). Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bull.* 29: 18-25.

Çetin Ö, Uygan D (2008). The effect of drip line spacing, irrigation regimes and planting geometries of tomato on yield, irrigation water use efficiency and net return. *Agricultural Water Management*, 95: 949- 958.

Çetin Ö, Uygan D, Boyacı H (2008). Tomato irrigation scheduling improved by using percent canopy cover and crop developmental stage. *Australian Journal of Agricultural Research*, 59(12): 1113-1120.

Garrity PD, Watts DG, Sullivan CY, Gilley JR (1982). Moisture deficits and grain sorghum performance: evapotranspiration-yield relationships, *Agronomy Journal*, 74: 815-820.

Güvenç İ (2019). Türkiye’de domates üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(1): 57-61.

Helyes L, Lugasi A, Pék Z (2012). Effect of irrigation on processing tomato yield and antioxidant components. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 36: 702-709.

Johnstone PR, Hartz TK, LeStrange M, Nunez JJ, Miyao EM (2005). Managing fruit soluble solids with late-season deficit irrigation in drip-irrigated processing tomato production. *HortScience*, 40(6): 1857-1861.

Jumah R, Al-Asheh S, Banat F, Al-Zoubi K (2007). Influence of salt, starch and ph on the electroosmosis dewatering of tomato paste suspension. *Journal of Food, Agriculture & Environment* 5(1): 34-38.

Kelebek H, Selli S, Kadiroglu P, Kola O, Kesen S, Uçar B, Çetiner B (2017). Bioactive compounds and antioxidant potential in tomato pastes as affected by hot and cold break process. *Food Chemistry*, 220: 31-41.

Kuscu H, Turhan A, Ozmen N, Aydinol P, Demir AO (2014a). Optimizing levels of water and nitrogen applied through drip irrigation for yield, quality, and water productivity of processing tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) *Horticulture Environment & Biotechnology*, 55(2): 103-114.

Kuscu H, Turhan A, Demir AO (2014b). The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. *Agricultural Water Management*, 133: 92-103.

Kuzucu C, Kaynas K, Kuzucu FC, Erken NT, Kaya S, Daydır HU (2004). Bazı domates çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiri Kitabı: 288-294. 21-24 Eylül, Çanakkale.

Lopez J, R Ballesteros, R Ruiz and A Ciruelos (2001). Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut-off fifteen days before the predicted harvest date in southwestern Spain. *Acta Horticulturae*, 542: 117-125.

Mahadeen AY, Mohawesh OE, Al-Absi K, Al-Shareef W (2011). Effect of irrigation regimes on water use efficiency and tomato yield (*Lycopersicon esculentum* Mill.) grown in an arid environment. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 57(1): 105-114.

Marouelli WA, Silva W LC, Moretti CL (2004). Production, quality and water use efficiency of processing tomato as affected by the final irrigation timing. *Horticultura Brasileira*, 22(2): 226-231.

Nas Y, Duman İ, UI MA (2017). Farklı Toprak Tiplerinde Yetiştirilen Sanayi Domatesinde Son Sulama Uygulamalarının Verim ve Meyve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 54 (2):223-230.

Özbahçe A, Padem H (2007). Üstün verim ve teknolojik özelliklere sahip bazı salçalık domates çeşitlerinin Isparta koşullarına uygunluğunun belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 11(2):128-133.

Özbahçe A, Tari AF (2010). Effects of different emitter space and water stress on yield and quality of processing tomato under semi-arid climate conditions. Agricultural Water Management, 97: 1405–1410.

Patanè C, Tringali S, Sortino O (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid mediterranean climate conditions. Scientia Horticulturae., 129(4): 590-596.

Semiz D, Yurtseven E (2010). Salinity distribution, water use efficiency and yield response of grafted and ungrafted tomato (*Lycopersicon esculentum*) under furrow and drip irrigation with moderately saline water in Central Anatolian Condition. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(2): 101-111.

Tarı AF, Sapmaz M (2017). Farklı sulama düzeylerinin serada yetiştirilen domatesin verim ve kalitesine etkisi. Toprak Su Dergisi, 6(2): 11-17.

TÜİK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu, www.tuik.gov.tr/ temel istatistikler (Erişim Tarihi: 21.09.2019).

Ulukapı K, Ercan N, Onus AN (2009). Farklı terbiye şekillerinin ve dikim mesafelerinin M19 salkım domates çeşidinde verim ve kalite üzerine etkileri. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(2): 233–238.

Yaylalı İK, Çiftçi N (2008). Tuzlu sulama suyu uygulamalarının domates meyvesinde bazı kimyasal kalite unsurlarına etkisi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (45): 29-39.

Yazgan S, Demirtaş Ç (2000). Bursa-İzmit yöresinde sırk domates sulamasında damla sulama yönteminin kullanımı ve karşılaşılan sorunlar. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(1): 91-100.

Yıldırım O (2008). Sulama Sistemlerinin Tasarımı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No: 1565, Ankara, 354 s.

Yıldırım M, Bahar E (2017). Water and radiation use-efficiencies of tomato (*Lycopersicum esculentum* L.) at three different planting densities in open field. Mediterranean Agricultural Sciences, 30(1): 39-45.

Organik Materyal Kullanımının Alkali Bir Toprağın Bazı Islah Göstergeleri Üzerine Etkisi

Barış GÖKOĞLU¹Gökhan ÇAYCI²

¹Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Meteoroloji 1. Bölge Müdürlüğü, İstanbul
²Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Ankara

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): peacegok@yahoo.com

Geliş tarihi (Received) : 20.08.2020

Kabul tarihi (Accepted): 06.02.2021

DOI:10.21657/topraksu.782950

Öz

Alkali topraklar içerdikleri yüksek miktarda değişebilir sodyum ve yüksek pH değerleri ile bitki yetiştirilmesi bakımından verimsizdirler ve kötü fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler sergilerler. Buna rağmen uygun teşhis ve ıslah yöntemleriyle tarıma kazandırılmaları mümkündür. Bu çalışmada, çiftlik gübresi (ÇG), bira fabrikası atığı (BFA), tavuk gübresi (TG) ve jipsin birlikte uygulamalarının alkali toprak ıslahındaki etkinliği araştırılmıştır. Araştırma tesadüf parselleri deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak 33 adet PVC kolonda yürütülmüştür. Alkali toprağa, jips ve organik materyaller 1. % 100 Jips gereksinimi (JG) 2. %50 JG 3. %50 JG + %1 ÇG 4. %50 JG + %2 ÇG 5. %50 JG + %4 ÇG 6. %50 JG + %1 BFA 7. %50 JG + %2 BFA 8. % 50 JG + %4 BFA 9. %50 JG + %1 TG 10. %50 JG + %2 TG 11. %50 JG + %4 TG deneme planına göre uygulanmıştır. Elde edilen sonuçlar, alkali toprağa jips ve organik materyal uygulamalarının ıslah parametreleri olarak kabul edilen pH, EC, ESP ve SAR değerlerinde önemli değişimlere neden olduğunu göstermiştir. Çiftlik gübresinin ESP değerini düşürmede diğer organik materyallere nazaran kısmen daha etkili olduğu görülmüştür. Organik materyallerin uygulama düzeyleri dikkate alındığında ise ÇG, BFA ve TG'nin %4 dozlarının diğer dozlardan daha etkili olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Toprak ıslahı, jips, çiftlik gübresi, tavuk gübresi, bira fabrikası atığı

Effect of Organic Material Usage on Some Reclamation Parameters of an Alkali Soil

Abstract

Alkali soils are infertile for plant growing because of containing high amounts of exchangeable sodium and high pH values and exhibit poor physical, chemical and biological properties. However, it is possible to improve them with appropriate diagnosis and reclamation methods. In this study, the efficiency of the combined application of farmyard manure (FYM), beer factory sludge (BFS), chicken manure (CM) and gypsum in alkali soil reclamation was investigated. The study was conducted in randomized complete parcels with three replications in 33 PVC colons. Gypsum and organic materials were added as follows: 1. 100 gypsum requirement ; (GR), 2. 50 % GR, 3. 50 % GR + 1 % FYM, 4. 50 % GR + 2 % FYM 5. 50 % GR + 4 % FYM, 6. 50 % GR + 1 % BFS, 7. 50 % GR + 2 % BFS, 8. 50 % GR + 4 % BFS 9. 50 % GR + 1 % CM, 10. 50 % GR + 2 % CM, 11. 50 % GR + 4 % CM. The results revealed that the application of gypsum and organic materials to alkali soil caused significant changes in pH, EC, ESP, and SAR values considered as reclamation parameters. Farmyard manure was partially more effective than other organic materials in reducing ESP. As application levels of the organic materials considered, 4% doses of BFS, FYM and CM were more effective than other doses to decrease alkalinity.

Keywords: Soil reclamation, gypsum, farmyard manure, chicken manure, beer factory sludge

GİRİŞ

Toprak tuzluluğu çeşitli tuzların bitki gelişimini engelleyecek düzeyde toprakta birikmesidir. Topraktaki tuzluluğun artması çoraklaşmayı ve beraberinde çölleşmeyi arttırmakta ve aynı zamanda çok önemli bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır.

Dünyanın her kıtasında, özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yaygın olarak bulunan tuzdan etkilenmiş topraklar, kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek düzeyde çözünebilir tuzlar ve/veya değişebilir sodyum ya da her ikisini birden içerir ve özel bir toprak yönetimi gerektirirler (Bahtiyar, 1971). Yapılan birçok çalışma tuzdan etkilenmiş toprakların oluşumunda; iklim, drenaj, ana materyal, topografik yapı, toprak ve su yönetim uygulamalarının etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Türkiye Geliştirilmiş Toprak Haritası etütlerinde kullanılan tuzluluk ve alkalilik kriterlerine göre ülkemizde 1 518 722 ha alanda tuzluluk ve alkalilik (çoraklık) sorunu bulunmaktadır. Bu miktarın %41'i hafif tuzlu, %33'ü tuzlu, %0.5'i alkali, %8'i hafif tuzlu alkali ve %17.5'i tuzlu alkalidir. Çorak araziler ülkemiz yüzölçümünün %2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin %5.48'ine eşdeğer büyüklüktedir. Mülga Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü'nün il arazi varlığı raporları dikkate alınarak 2000'li yıllarda yapılan değerlendirmelerinde arazilerin kullanma şekilleri itibarıyla Türkiye'de kuru tarım alanlarının 163638 hektarında, sulu tarım alanlarının 449709 hektarında, bağ-bahçe alanlarının 9050 hektarında, çayır-mera kullanım alanlarının 733 422 hektarında, orman-funda alanlarının 11436 hektarında çoraklık sorunu bulunmaktadır (Sönmez ve Beyazgül, 2008).

Tuzdan etkilenmiş topraklar arasında yer alan alkali topraklarda, fazla miktardaki değişebilir sodyum ve yüksek pH değerleri, toprak strüktürünün bozulmasına ve kilin dispersiyonuna neden olmakta ve buna bağlı olarak toprakların hava ve su geçirgenliği sınırlanmaktadır. Sodyumca zengin alkali toprakların içerdiği yüksek sodyumun zararlarını azaltmanın en pratik yolu sodyumun yerine geçebilecek kalsiyum katyonunun değişim ortamına ilavesidir. Alkali toprakların ıslahında birçok yöntem toprakların özel durumuna göre kullanılmıştır. Bu yöntemler içerisinde kimyasal ıslah maddesi kullanımı en yaygın kullanılan yöntemdir.

Diğer taraftan masraflı bir işlem olan alkali toprak ıslahında masrafları azaltma, özellikle de kimyasal ıslah maddesi masraflarını azaltmak için çabalar harcanmıştır (Qadir vd., 2001). Tozsın vd. (2014) kireçli ve alkali toprağın ıslahında jipse alternatif olarak kullandıkları pirit atıklarının toprakta herhangi bir ağır metal kirliliğine neden olmadan ıslahta kullanılabileceğini göstermişlerdir.

Organik materyaller sahip oldukları fiziksel ve kimyasal özellikleri sayesinde doğada dinamik bir döngü yaşanmasına, toprak ekosisteminin sürekli olarak yenilenmesine ve toprak kalitesinin artırılmasına olanak sağlamaktadırlar. Günümüzde organik madde toprak kalitesinin ve sürdürülebilir toprak yönetiminin vazgeçilmez bir unsuru olarak değerlendirilmektedir. Alkali toprak ıslahında kullanılan organik materyallerin değişik tipleri toprak strüktürüne farklı etkiler yapmakla beraber, onların genel etkisi taneleri bir araya getirme şeklinde olmaktadır (Nelson ve Oades, 1998).

Puttaswamygowda ve Pratt (1973) organik materyallerin parçalanmasına bağlı olarak açığa çıkan organik asitlerin ve CO₂'nin, pH'ın düşmesi, kireç ve diğer toprak minerallerinin çözünürlüğüne bağlı olarak katyonların açığa çıkması ve değişebilir sodyumun, kalsiyum ve magnezyumla değişimiyle birlikte, değişebilir sodyum yüzdesinin azalarak alkali toprak ıslahına katkıda bulunduğunu belirtmişlerdir. Diğer taraftan Bose vd. (1992), alkali (ESP= 19.8) toprağın ıslahında çiftlik gübresinin etkili olduğunu belirtirken, ıslah etkinliğinin derinlikle azalmış olduğunu vurgulamışlardır. Hanay vd. (2004), belediye katı atık kompostu ve ardışık jips uygulamalarının tuzlu-alkali toprağın ıslah edilmesinde etkili olduklarını ve sorunlu toprağın tekrar geri kazandırılabilmesini bildirmişlerdir. Tejada vd. (2006), pamuk çırçır atığı ve tavuk gübresi ilavelerinin alkaliliğin azaltılmasında önemli derecede katkılar sağladığını bildirmişlerdir. Ghosh vd. (2010) ise, Avustralya toprak sınıflamasına göre orta alkali (ESP 6-15) ve kuvvetli alkali (ESP> 15) topraklara pamuk çırçır atığı, sığır gübresi ve tavuk gübresi gibi organik atıkların ilavesinin toprakların dispersiyon indislerini önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir. Araştırmacılar bu etkinin orta alkali toprakta pamuk çırçır atığında, buna karşın kuvvetli alkali toprakta ise tavuk gübresinde diğer atıklardan daha belirgin olduğunu bildirmişlerdir.

Topraktaki yüksek sodyum konsantrasyonunun, toprağın tekstürü, strüktürü, çözeltideki Ca ve Mg konsantrasyonu gibi birçok faktörle ilişkili olarak, toprağın infiltrasyon ve hidrolik iletkenlik değerlerini düşürdüğü, yüzey kabuğu oluşumunu ve dispersiyonu teşvik ettiği belirtilmiştir. Ayrıca, sulama suyunun EC değerindeki artışa paralel olarak toprakta agregat oluşumunun teşvik edildiği ve yüzey akış değerinin azaldığı bildirilmiştir (Yakupoglu ve Özdemir, 2007).

Koç (2011), tuzlu-alkali ($EC_e = 4.54 - 9.67$ dS/m; $ESP = 49.1 - 62.0$) topraklarda yaptığı çalışmada, jips dozları, yıkama suyu yöntemleri ve jips karıştırılma derinliğinin alkaliliği azaltmadaki etkilerini araştırmıştır. Yıkama suyu uygulama yöntemlerine bağlı olarak jipsin toprağa uygulama derinliklerinin önemli değişimler gösterdiğini vurgulamıştır. Ranjbar ve Jalali (2011) ise, buğday, patates, ayçiçeği ve kolza artıklarının ve farklı düzeyde tuzluluk ($SAR=10$ ve $SAR=40$) içeren yıkama sularının alkali toprağın ıslahında etkinliğini inceledikleri çalışmada, organik artıkların topraktaki sodyumun yıkanmasını arttırmak suretiyle ıslaha yardımcı olduklarını bildirmişlerdir. Yurtseven (2000), patlıcan yetiştirilen alanlarda, farklı tuzluluk ve Ca/Mg oranlarındaki sulama sularının, toprak profil (0-90 cm) tuzluluğunun değişimine olan etkilerini incelemiştir. Araştırma sonucunda yüksek tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu ile sulanan toprak profilinde tuzluluğun özellikle 0-40 cm de yoğunlaştığını belirtmiştir.

Günümüzde toprağın organik madde düzeyini yükseltmek amacıyla topraklara ilave edilebilecek geleneksel organik madde kaynakları sınırlıdır. Diğer taraftan ülkemizde tarımsal ve endüstriyel ürünlerin işlenmesi esnasında birçok organik atık ve artık açığa çıkmaktadır. Çoğu zaman bu atıklar işletmelerin kullanım sahasında büyük alanlar işgal ederek çalışma düzenini bozmakta, depolama sorunları yaratmakta ve çevre sorunlarına neden olmaktadır (Kütük ve Çaycı, 2000). Tarımsal üretimde açığa çıkan atık materyallerin çevre kirliliğine yol açmadan toprakların sürdürülebilir yönetimi amacıyla kullanılması gereklidir. Temiz vd, (2021) hayvansal ve bitkisel kökenli atıklardan elde ettikleri kompost materyallerinin agregat stabilitesi ve hidrolik iletkenlik başta olmak üzere toprağın agregasyon özelliklerini önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, farklı özelliklere sahip çiftlik gübresi (ÇG), bira fabrikası atığı (BFA) ve

tavuk gübresi (TG) gibi organik materyallerin, farklı dozlardaki jipsle birlikte uygulanmalarının alkali toprak ıslahındaki etkinliğinin incelenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada kullanılan toprak örneği Tarım ve Orman Bakanlığı, Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Araştırma Enstitüsünün, Araştırma ve Uygulama İstasyonu arazisinin 0-30 cm toprak katmanından alınmıştır. Araştırma ve Uygulama İstasyonu Ankara'ya 30 km uzaklıkta, Kahramankazan ilçesi sınırlarında olup Düğür mevkiinde yer almaktadır. Doğusunda E-5 Karayolu, batısında TEM otoyolu, kuzeyinde ise Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi arazileri ile sınır oluşturmaktadır. Araştırma toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir. Denemede kimyasal saf jips kullanılmıştır. Organik ıslah materyali olarak kullanılan çiftlik gübresi Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi hayvancılık işletmesinden, bira fabrikası atığı Ankara'nın Kahramankazan ilçesindeki bira fabrikasından, tavuk gübresi ise özel bir tavukçuluk işletmesinden sağlanmıştır.

Çizelge 1. Araştırma toprağının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Table 1. Some properties of soil used in study.

Kum, %	6.03
Silt, %	35.50
Kil, %	58.47
Bünye	Kil
Organik Madde,%	1.93
Bor, ppm	9.02
Kireç, %	6.2
Hacim Ağırlığı, g/cm ³	1.2
KDK, me/100 g	52
pH (Şaturasyon Çamuru)	9.0
EC (Şaturasyon Ekstraktı), dS/m	3.9
SAR	61.0
ESP	50.0

Araştırma sera koşullarında, 11 uygulama konulu ve 3 tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme deseninde toplam 33 adet bozulmuş toprak örneklerinin yerleştirildiği kolonda yürütülmüştür. Denemede 25 cm boy ve 9 cm iç çapa sahip PVC kolonlar kullanılmıştır. PVC kolonlar birbirine geçmeli iki kısımdan oluşmuştur. Kolonun alt kısmı 20 cm yükseklikte, üstüne geçen ve su yükü oluşturulan üst kısmı 5 cm yüksekliktedir. PVC kolonların taban kısmına, ıslah sırasında yıkama suyunun kolayca drene olabilmesi için süzgeç konulmuştur. Ayrıca olası toprak kaybının

önlenmesi için de süzgeç üzerine filtre görevi yapacak tülbent bez serilmiştir.

Deneme planı; 1. %100 Jips gereksinimi (JG) 2. %50 JG 3. %50 JG + %1 ÇG 4. %50 JG + %2 ÇG 5. %50 JG + %4 ÇG 6. %50 JG + %1 BFA 7. %50 JG + %2 BFA 8. %50 JG + %4 BFA 9. %50 JG + %1 TG, 10. %50 JG + %2 TG 11. %50 JG + %4 TG olarak yapılmıştır. Denemede kullanılan organik materyallerinin bazı özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir. Her bir kolona ilave edilecek ÇG, BFA ve TG miktarları ağırlık temelinde 1600 gr kuru toprak üzerinden hesaplanmıştır. Topraklara karıştırılan organik materyallerin mineralizasyonunu artırmak için PVC kolonlar, sera koşullarında 60 gün boyunca, toprağın tarla kapasitesi nem düzeyinde inkübasyona tabi tutulmuştur. Inkübasyon periyodunun ardından, %100 JG kolonu için 24 gr jips, diğer kolonlar için ise 12 gr jips uygulanmıştır.

Çizelge 2. Denemede uygulanan organik materyallerin bazı özellikleri

Table 2. Some properties of organic materials used in study

Organik Materyal	pH	EC, dS/m	Organik madde %
ÇG	7.4	1.2	66.3
BFA	6.02	1.8	28.5
TG	7.0	2.9	76.6

ÇG: Çiftlik Gübresi; BFA: Bira fabrikası Atığı; TG: Tavuk Gübresi

Yıkama işlemi 33 adet PVC kolonda uygulanmıştır. Yıkama çalışmasında, aralıklı göllendirme yöntemi uygulanmıştır. Yıkama işlemi esnasında elektriksel iletkenliği 102 µmhos/cm olan şehir şebeke suyu kullanılmıştır. Yıkama suyu ihtiyacı, 5’er cm’lik kısımlar halinde toplam 30 cm olacak şekilde uygulanmıştır. Yıkama suyu miktarının belirlenmesinde toprağın bünyesi de dikkate alınarak ıslah edilecek toprak derinliğinin 1,5 katı yıkama suyu uygulanmıştır (Abrol vd., 1988).

Hacim ağırlığı parafin yöntemiyle (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), elektriksel iletkenlik değeri saturasyon ekstraktında (ECe) elektriksel iletkenlik aleti ile (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954), tekstür, Bouyoucous (1951)’ in geliştirmiş olduğu hidrometre yöntemi, toprak örneklerinin bünye sınıfları ise bünye üçgeninden yararlanılarak (Akalan, 1977), pH değerleri saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954) ile belirlenmiştir.

Saturasyon ekstraktında Ca ve Mg EDTA ile; CO₃, HCO₃ 0.01 N H₂SO₄ ile; Cl 0.005 N AgNO₃’la titre

etmek suretiyle; Na ve K flamefotometre; SO₄ ise hesaplama yoluyla bulunmuştur (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Katyon Değişim Kapasitesi, toprak örneklerinin sodyum asetat çözeltisi ile muamele edilerek flamefotometrede sodyum okuması yapılarak tayin edilmiştir (Bower vd., 1952).

Organik madde modifiye edilmiş Walkley Black yöntemi ile tayin edilmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954; Ülgen ve Ateşalp, 1972). Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) = Na / (Ca + Mg)^{1/2} formülü kullanılarak belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) = 1.475 (SAR) / (1 + 0.0147 SAR) formülü kullanılarak bulunmuştur (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954). Denemede kullanılan %100 jips gereksinimi başlangıç ESP değerinin 15 değerine düşürülmesi esas alınarak hesaplanmıştır (Munsuz vd., 2001).

Organik materyallerin analizleri; Organik madde materyallerin 500 ± 50 °C’de 4 saat süreyle yakılması ve organik madde kayıplarının fırın kuru ağırlık üzerinden hesaplanması esasına dayanan kuru yakma yöntemiyle bulunmuştur (DIN 11542, 1978).

Toprak reaksiyonu (pH), 1:3 oranında organik materyal-saf su karışımında hidrojen iyon aktivitesinin pH- metre yardımıyla potansiyometrik olarak ölçülmesiyle (Gabriels ve Verdonck, 1992), elektriksel iletkenlik (EC), 1:3 oranında organik materyal – saf su karışımından elde edilen süzükte elektriksel akıma karşı direncin ölçülmesiyle belirlenmiştir (Gabriels ve Verdonck, 1992). Sayısal verilerin değerlendirilmesinde Mstat ve Minitab paket programları kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Islah parametreleri olarak kabul edilen pH, EC, ESP ve SAR değerlerinde uygulamalar sonucunda ortaya çıkan değişimler Çizelge 3’de sunulmuştur.

Toprak Reaksiyonu (pH) Değerlerinin Değişimi

Deneme toprağının başlangıçta 9,0 olan pH’ ısıslahtan sonra %50 JG + %4 BFA uygulamasında 8,25’e kadar düşmüştür. Aynı zamanda diğer organik materyal uygulamalarında da pH değerlerinde başlangıç değerine göre düşüşler görülmüştür (Çizelge 3). %100 jips gereksinimi ve % 50 jips gereksinimi uygulamaları karşılaştırıldığında, % 100 jips gereksiniminin, %50 jips gereksinimine göre pH değerini düşürmede çok da etkili olmadığı, iki uygulama arasındaki pH farklılığının istatistiksel olarak önemli olmadığı

Çizelge 3. Uygulamalara bağlı olarak yıkama sonrası ıslah parametrelerindeki değişimler.

Table 3. Changes in reclamation parameters after leaching related to applications.

Uygulamalar	pH	EC, dS/m	ESP	SAR
%100 JG	8.43AB	5.27ABCD	27.25D	25.28D
%50 JG	8.50ABCD	5.00DEF	33.07ABC	33.39BC
%50 JG + %1 ÇG	8.79A	5.03CDEF	33.30ABC	33.65ABC
%50 JG + %2 ÇG	8.60ABC	4.97EF	32.26BC	32.10C
%50 JG + %4 ÇG	8.70AB	4.77F	31.67C	31.24C
%50 JG + %1 BFA	8.61ABC	5.40AB	34.06AB	35.49AB
%50 JG + %2 BFA	8.30CD	5.17BCDE	32.95ABC	33.15BC
%50 JG + %4 BFA	8.25D	5.00DEF	32.24BC	32.08C
%50 JG + %1 TG	8.46ABCD	5.43AB	34.78A	35.93AB
%50 JG + %2 TG	8.39BCD	5.50A	35.05A	36.46A
%50 JG + %4 TG	8.69AB	5.30ABC	33.56ABC	34.07ABC

Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir.

pH LSD 0.05: 0.211, EC LSD 0.05: 0.197, ESP LSD 0.05: 1.390, SAR LSD 0.05: 1.902

görülmüştür. Çizelge 4’den görüleceği üzere, organik materyaller ve uygulama dozlarıyla ilişkili olarak pH için yapılan varyans analizinde (organik materyal x doz) arasındaki interaksiyon önemli bulunmuştur ($P<0.05$). Uygulanan üç organik materyalin pH üzerine etkisi BFA hariç dalgalı bir seyir göstermiştir. Organik materyal uygulamaları arasında %2 BFA ve %4 BFA uygulamalarının toprak pH’ nı düşürmede diğerlerine nazaran daha etkili oldukları saptanmıştır. Bununla beraber %2 BFA ve % 4 BFA uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. BFA’ nın pH değerini düşürmede etkili olmasında, orijinal olarak pH değerinin diğer organik materyallerden daha düşük olması yanında, Baran vd. (1998)’in belirttiği üzere, yapısındaki organik asitlerin özellikle humik asitlerin fazla miktarda bulunması etkili olabilir. Organik materyallerin yapısında bulunan humin maddeler, humik ve fulvik asitler ile ayrışma esnasında açığa çıkan diğer organik asitlerin, toprak pH’sının azalmasıdaki farklılıklarda etkili olduğu düşünülmektedir.

Epstein (1976) , toprağa organik materyal

Çizelge 4. Organik materyallerin ve uygulama dozlarının pH üzerine etkisi.

Table 4. The effect of organic materials and application levels on pH.

Organik materyal	Dozlar		
	%1	%2	%4
ÇG	8.79Aa	8.60Aa	8.70Aa
BFA	8.61Aab	8.30Bb	8.25Bb
TG	8.46Bb	8.39Bb	8.69Aa

Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir. Büyük harfler yatay, küçük harfler dikey karşılaştırma içindir. LSD0.05: 0,205

uygulamasının toprak pH’sında önemli bir değişmeye yol açmadığını belirtirken, pek çok araştırmacı organik materyal uygulamalarının toprak pH’ sını azalttığını belirtmişlerdir (Şahin ve Kowald, 1989; Guidi ve Hall, 1983; Sing ve Kansal, 1985; Pikull ve Almanas, 1986). Diğer taraftan değişik SAR değerlerine (SAR=20 ve SAR=40) sahip sulama sularının toprakların pH değerleri üzerine etkilerini inceleyen Peker ve Öztürk (2020) toprakların tamponlama özelliğinden dolayı söz konusu sulama sularının toprak pH’ sında belirgin bir farklılık yaratmadığını bildirmişlerdir.

Elektriksel İletkenlik (EC) Değerlerinin Değişimi

Elektriksel iletkenliği başlangıçta 3.9 dS/m olan toprağın, uygulamalar ve yıkama sonrasındaki elektrik iletkenlik değeri, en düşük 4.77 dS/m ile %50 JG + %4 ÇG uygulamasında, en yüksek ise 5.5 dS/m ile % 50 JG + % 2 TG uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 3). %100 JG ve %50 JG arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. %50 JG + %4 ÇG uygulamasının diğer uygulamalara göre EC değerini azaltmada neden olduğu fark % 100 JG’ne göre önemli, % 50 JG göre önemsiz bulunmuştur. Kontrol toprakla karşılaştırıldığında jips ve organik materyal uygulamalarına bağlı olarak EC değerinde az da olsa yükselişler meydana gelmesinin sebebi ilave edilen jipsin neden olduğu tuzluluğun yıkama suyu ile yeterince uzaklaştırılmamasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Varyans analizinde organik materyaller ve dozların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P< 0.05$). Organik materyal x doz interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Çizelge 5’ den gözüktüğü gibi, organik materyaller arasında

çiftlik gübresi uygulamasında ortalama 4.92 dS/m ile en düşük, tavuk gübresi uygulamasında ise 5.41 dS/m ile en yüksek EC değerleri saptanmıştır. Dozlar dikkate alındığında ise en yüksek EC 5.29 dS/m ile %1 dozunda, en düşük ise 5.02 dS/m ile %4 uygulamasında saptanmıştır. %1 ile %2 uygulama düzeyleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Organik materyallerin ortalaması dikkate alındığında ise en yüksek EC değeri 5.41 dS/m ile tavuk gübresi uygulamasında belirlenmiştir. Diğer organik materyallerle karşılaştırıldığında, başlangıçta daha yüksek EC değerine sahip olan tavuk gübresinin bu özelliğinin uygulamalara da yansdığı görülmüştür.

Çizelge 5. Organik materyallerin uygulama dozlarının EC (dS/m) üzerine etkisi.

Table 5. The effect of organic materials and application levels on EC (dS/m).

Organikmateryal	Dozlar			Ortalama
	%1	%2	%4	
ÇG	5.03	4.97	4.77	4.92C
BFA	5.40	5.17	5.0	5.19B
TG	5.43	5.50	5.30	5.41A
Ortalama	5.29A	5.21A	5.02B	

Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir. LSD 0.05: 0.112

SAR Değerlerinin Değişimi

Alkali toprağa jips ve organik materyal uygulamaları SAR değerlerini azaltmıştır. Deneme öncesi toprakta SAR değeri 61.0 iken, deneme sonrası uygulamalara bağlı olarak bu değer düşmüş ve SAR 25.28-36.46 değerleri arasında değişim göstermiştir (Çizelge 3). En düşük SAR değeri %100 JG uygulamasında; en yüksek SAR değeri ise 36.46 ile %50 JG + %2 TG uygulamasında bulunmuştur. SAR değerindeki azalma, jips uygulamalarına bağlı olarak toprak solüsyonundaki çözünebilir kalsiyumun artmasına atfedilmiştir (Cass ve Sumner, 1982). Uygulamalara bağlı olarak ıslah parametrelerindeki değişimi gösteren Çizelge 3 incelendiğinde, % 100 jips gereksinimi ile % 50 jips gereksinimi arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). % 50 jips gereksinimleri ve organik materyal uygulamalarına ait SAR değerleri incelendiğinde ise, tavuk gübresinin %2 uygulama dozuyla %50 jips gereksinimi arasındaki farkın önemli ($p < 0.05$), diğer organik materyal uygulamalarıyla olan ilişkisinin ise önemsiz olduğu saptanmıştır.

SAR değerlendirildiğinde organik materyaller ve dozların etkisi istatistiksel olarak ($p < 0.05$) önemli bulunmuştur. Buna karşın organik materyal x doz interaksiyonu önemli değildir. Organik materyaller ve dozlar arasındaki karşılaştırmalarda ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ($p < 0.05$). Çizelge 6'dan gözüktüğü gibi, uygulanan organik materyaller arasında çiftlik gübresi ortalama 32.33 SAR değeri ile en düşük değeri göstermiştir. Çiftlik gübresini, 33.57 ve 35.49 SAR değerleri ile sırasıyla BFA ve TG uygulamaları takip etmiştir. Uygulama düzeyleri dikkate alındığında ise en düşük SAR değeri 32.46 değeri ile %4 uygulamasında bulunmuştur. %1 ve %2 uygulama düzeyleri arasındaki fark önemsizdir.

Çizelge 6. Organik materyallerin uygulama dozlarının SAR üzerine etkisi.

Table 6. The effect of organic materials and application levels on SAR .

Organik materyal	Dozlar			Ortalama
	%1	%2	%4	
ÇG	33.65	32.10	31.24	32.33C
BFA	35.49	33.15	32.08	33.57B
TG	35.93	36.46	34.07	35.49A
Ortalama	35.02A	33.90A	32.46B	

Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir. LSD 0.05: 1.180

ESP Değerlerinin Değişimi

Alkali toprağa farklı miktarlarda jips ve organik materyal uygulamaları ESP değerini düşürmüştür. Deneme öncesi ESP değeri 50.0 iken, deneme sonrası en düşük değer olarak %100 JG uygulamasında 27.25 bulunmuştur (Çizelge 3). Çizelge 6 incelendiğinde, %100 jips gereksinimi ve %50 jips gereksinimi arasındaki fark önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Organik materyal uygulamaları incelendiğinde, TG, BFA ve ÇG uygulamalarının dozları arasındaki farkların önemsiz olduğu tespit edilmiştir. %100 jips gereksiniminden sonra en düşük ESP 31.67 ile % 50 JG + %4 ÇG uygulamasında, en yüksek değer ise 35.05 ile %50 JG + %2 TG uygulamasında belirlenmiştir.

Ortalamalar dikkate alındığında, çiftlik gübresi uygulamasında 32.41 ile en düşük, tavuk gübresi uygulamasında ise 34.46 ile en yüksek ESP değerleri saptanmıştır (Çizelge 7). BFA ve ÇG uygulamaları arasındaki farklar önemsiz iken, her iki organik materyalin tavuk gübresi ile olan farkları önemli bulunmuştur ($p < 0.05$). Uygulama düzeyleri dikkate alındığında ise % 4 uygulama düzeyi %1 ve %2 uygulama düzeylerinden farklı bulunmuştur.

Çizelge 7. Organik materyallerin ve uygulama dozlarının ESP üzerine etkisi.

Table 7. The effect of organic materials and application levels on ESP.

Organik materyal	Dozlar			Ortalama
	%1	%2	%4	
ÇG	33.30	32.26	31.67	32.41B
BFA	34.06	32.95	32.24	33.08B
TG	34.78	35.05	33.56	34.46A
Ortalama	34.04A	33.4A	32.49B	

Aynı harfle gösterilen değerler arasındaki fark önemli değildir. LSD 0.05: 0.859

SONUÇLAR

Jips ve organik materyal uygulamalarının ıslah parametreleri üzerindeki etkileri incelendiğinde, %100 JG uygulaması ve %50 JG uygulamalarının pH'yı düşürmedeki etkilerinin istatistiksel olarak önemsiz olduğu, organik materyal uygulamalarının etkilerinin dozla ilişkili olmayıp dalgalı bir değişim gösterdiği, bununla birlikte BFA uygulamalarının %2 ve %4 dozlarının pH'ı düşürmede diğer organik materyal uygulamalarından daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Uygulamaların EC üzerindeki etkisi toprak solüsyonunun EC'sini artırıcı yönde olmuştur. Tüm uygulamalarda EC kontrol toprağına göre yüksek bulunmuştur. 30 cm yıkama suyu düzeyinin, %100 JG ve %50 JG uygulamalarından sonra toprak solüsyonunda artan tuz içeriğini uzaklaştırmada yeterli olmadığı görülmüştür. %50 JG + organik materyal uygulama düzeylerinde, %100 JG' de bulunan ESP ve SAR değerlerinden daha yüksek değerler saptanmıştır. Teorik olarak hesaplanan son ESP 15 değerine %100 JG uygulamasında ulaşamamıştır. Bu durum özellikle başlangıçta yüksek ESP içerikli ve araştırma toprağı gibi ağır killi topraklarda teorik olarak hesaplanan değerlerin üzerinde jips miktarlarının uygulanması gerektiğini ortaya koymuştur. Sonuç olarak %100 JG 'nin alternatifi olabileceği düşünülen %50 JG + organik materyal uygulamaları pH, EC, ESP ve SAR gibi temel ıslah göstergelerini iyileştirmede % 100 JG kadar etkili olamamışlardır. Diğer taraftan çiftlik gübresi ESP ve SAR'ı düşürmede diğer organik materyallere nazaran kısmen daha etkili olmuştur. Organik materyallerin uygulama düzeyleri dikkate alındığında ise % 4 dozu en etkin doz olarak saptanmıştır. %100 JG ile birlikte organik materyal ilavelerinin daha fazla miktarda yıkama suyu ile uygulanmasının söz konusu alkali toprağın ıslahında etkinliği artırabileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

Abrol IP, Yadav, JSP, Massoud FI (1988). Salt-affected soils and their management. FAO 39, Rome, Italy.

Akalan,İ, (1977).Toprak oluşu,yapısı ve özellikleri. A.Ü.Zir. Fak.Yay.No: 662, Ankara.

Bahtiyar M (1971). Erzincan ada çorak topraklarının oluşu, özellikleri ve ıslahları üzerinde bir araştırma. Doktora Tezi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Erzurum.

Baran A, Çaycı G. Sözüdoğru Ok. (1998). The effect of beer factory sludge on some chemical and physical properties of a clay loam soil. In: Munsuz, N. (Ed.), Proceedings of M. Şefik Yeşilsoy International Symposium: Arid Region Soil. Menemen-İzmir, Turkey, 21-24 September, 1998. pp. 179-183.

Bose PC, Majunder SK, Datta RK (1992). Effect of amendments on chemical properties of alkali soil of mulberry garden and its yield. Indian Journal of Agriculture. 31(2): 147-150.

Bouyoucus, GL (1951). A recalibration of the hydrometer for making mechanical analysis of Soils. Agronomy J. 43:434-438.

Bower CA, Reitmeir RF, Fireman M (1952). Exchangeable cation analysis of saline and alkali soils. Soil Science, 73: 251-261.

Cass A, Sumner ME (1982). Soil pore structural stability and irrigation water quality: I. Empirical sodium stability model. Soil.Sci. Soc. Am. J., 46 (3): 503-506.

DIN 1142 (1978). Torf für Gartenbau und Landwirtschaft.

EpsteinE, Taylor JM, Chaney RL (1976). Effects of sewage sludge and sludge compost applied to soil on some physical and chemical properties. Journal of Environment Quality, 5: 422-426.

Gabriels R, Verdonck O. (1992). Reference methods for analysis of compost. In: Merillot, D.V., Hermite, J.M. (Eds). Composting and quality assurance criteria. Commission of the European Communities, Luxembourg, p: 173-183.

Ghosh S, Lockwood SGP, Hulugalle N, Daniel H, Kristiansen P, Dodd K (2010). Changes in properties of sodic Australian vertisols with application of organic waste products. Soil Fertility & Plant Nutrition, 74 (1):153-160.

Guidi G, Hall JE (1983). Effects of sewage sludge on the physical and chemical properties of soils. 3th International Symposium on processing and use of sewage sludge, Brighton, UK.

Hanay A, Büyüksönmez F, Kızıoğlu FM, Canbolat MY (2004). Reclamation of saline-sodic soils with gypsum and MSW compost. Compost Science and Utilization, 12(2): 175-179.

Koç DL (2011). Aşağı Seyhan Ovası tuzlu-sodyumlu toprakların farklı yöntemlerle iyileştirilmesi. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Kütük C, Çaycı G (2000). Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. Proceedings of International Symposium on Desertification, 13-17 June 2000, Konya – Turkey, 324-328

- Munsuz N, Çaycı G, Sözüdoğru S (2001). Toprak ıslahı ve düzenleyiciler. Ank. Üni. Zir. Fak. Yay, Yayın No:1518, Ankara.
- Nelson PN, Oades JM (1998). Organic matter, sodicity, and soil structure. (S. 76-91), (Eds: M.E. Sumner, R. Naidu) Sodic Soils. New York, Oxford University Press.
- Peker AE, Öztürk H (2020). Sodyumlu sulama sularının toprak tuzluluk değişimine etkisi. Toprak Su Dergisi, 9 (2): 85-92.
- Pikull JL, Almanas RR (1986). Physical and chemical properties of Haploxerall after fifty years of residue management. Soil. Sci. Soc. Am. J., 50(1): 214-219.
- Puttaswamygowda J, Pratt PF (1973). Effect of straw, calcium chloride and submergence on a sodic soil. Soil. Sci. Soc. Am. Proc. 37:208-212.
- Qadir M, Schubert S, Ghafoor A, Murtaza G (2001). Amelioration strategies for sodic soils: A review. Land Degradation & Development, 12: 357-386.
- Ranjbar F, Jalali M (2011). Effects of plant residues and calcite amendments on soil sodicity. Journal of Plant Nutrition and Soil Science, 174 (6):874-83.
- Sing J, Kansal BD (1985). Effects of long-term application of municipal waste water on some chemical properties of soils. Journal of Research Punjab Agr. Uni., 22: 235-242.
- Şahin H, Kowald R (1989). Die möglichkeiten der abfall wermeidung verwortong und beseitung Inder Bun Derrepublik Deutschland.
- Sönmez B, Beyazgül M (2008). Türkiye’de Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Islahı ve Yönetimi. Sulama ve Tuzlanma Konferansı 12-13 Haziran 2008, Şanlıurfa.
- Tejada MC, Garcia C, Gonzales JL, Hernandez MT (2006). Use of organic amendments as a strategy for saline soil remediation: Influence on the physical, chemical and biological properties of soil. Soil Biol. Biochem. 38 : 1413-1421.
- Temiz Ç, Akca MO, Çaycı G, Baran A (2021). Assessment of the effect of different compost materials on aggregation and mechanical properties in an Entisol. Communications in Soil Science and Plant analysis, Doi: 10.1080/00103624.2020.1869770.
- Tozsın G, Arol AI, Cayci G (2014). Evaluation of pyritic tailings from a copper concentration plant for calcareous sodic soil reclamation. Physicochemical Problems of Mineral Processing, 50 (2): 693-704.
- U.S. Salinity Lab. Staff (1954). Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Agric. Handbook No: 60. P 160. Washington. D.C.
- Ülgen N, Ateşalp M (1972). Topraklarda organik madde tayini. Toprak Gübre Araştırma Enstitüsü. Teknik Yayınlar serisi no:23. Ankara.
- Yakupoğlu T, Özdemir N (2007). Tuzluluk ve alkaliliğin toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkileri. O.M.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 22(1):132-138.
- Yurtseven E (2000). Patlıcanda (Solunum Melongena L.) su tüketimine tuzluluğun etkisi. Toprak Su Dergisi, Sayı: 2, Ankara.

Toprakların Isısal Özellikleri ile Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasında Regresyon Modellerin Belirlenmesi

İmanverdi EKBERLİ

Coşkun GÜLSER*

Orhan DENGİZ

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

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): cgulser@omu.edu.tr

Geliş tarihi (Received) : 23.02.2021

Kabul tarihi (Accepted): 22.03.2021

DOI:10.21657/topraksu.885688

Öz

Toprakta sıcaklık alanının oluşumu ve ısı transferinin gerçekleşmesi toprakların ısısal özelliklerinin değişimi ile ilişkili olmaktadır. Isısal özellikler iklim faktörlerine ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişmektedir. Bu çalışmada topraklarının hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım ve ısı iletkenliği katsayıları gibi ısısal özellikleri ile deneysel olarak daha kolay belirlenebilen bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri (EC, OM, Kil, Silt, Kum, HA, θ) arasında regresyon modeller oluşturulmuştur. Toprakların hacimsel ısı kapasitesiyle EC, OM, kil, silt, kum ve HA özellikleri arasında yapılan regresyon modelinin istatistiksel anlamlılık düzeyi ($p=0.001$) ve regresyon katsayısı ($R^2=0.76$) yüksek olarak belirlenmiştir. Bağımsız değişkenlere hacimsel nem içeriğinin (θ) eklenmesi modellerin performansını ($R^2=0.77-0.99$) yükseltmiş; θ , EC, OM, Kil, Silt, Kum, HA özelliklerini kapsayan regresyon modelinin istatistiksel anlamlılık düzeyi ($p=0.000$) ve regresyon katsayısı çok yüksek olarak saptanmıştır. Toprakların ısısal yayılım katsayısı ile EC, OM, Kil, Kum, Silt, HA, θ özellikleri arasındaki regresyon modelleri için $R^2=0.76$ ve 0.79 ($p=0.000$ ve 0.002) olarak saptanmıştır. Regresyon modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesi modellerin performansını yükseltmiş; Kil, θ , Kil^2 , θ^2 , \sqrt{OM} (EC·HA), \sqrt{Kil} , OM, OM^2 , HA toprak özelliklerini içeren model yüksek düzeyde istatistiksel anlamlılık ($p=0.001$) göstermiş ve daha yüksek regresyon katsayısı ($R^2=0.90$) ile karakterize edilmiştir. Isı iletkenliği katsayısı ile Kil, Silt, Kum, HA, θ toprak özellikleri arasındaki regresyon modelinin performansı yüksek ($R^2=0.71$; $p=0.001$); θ , Kum, Kil, Silt, HA, EC^2 , OM^2 , HA^2 , θ , EC, \sqrt{OM} , parametreleri arasındaki modelin performansı ise çok yüksek ($R^2=0.91$; $p=0.012$) olarak belirlenmiştir. Elde edilen regresyon modellerin, toprakların ısısal özelliklerinin tahmin edilmesinde uygulanabilirliği mümkün gözükmektedir.

Anahtar Kelimeler: Hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım katsayısı, ısı iletkenliği katsayısı, toprak özellikleri, regresyon modeli

Determination of Regression Models Between Thermal Properties of Soils and Some Physical and Chemical Properties

Abstract

The formation of the temperature field in the soil and the realization of heat transfer are related to the change of the thermal properties of the soils. Thermal properties vary depending on climate factors and soil properties. In this study, regression models were created between the thermal properties of soils such as volumetric heat capacity, thermal diffusivity and thermal conductivity coefficients and some physical and chemical soil properties (EC, OM, Clay, Silt, Sand, Db, θ) that could be determined more easily experimentally. The statistical significance level ($p = 0.001$) and regression coefficient ($R^2 = 0.76$) of the regression model made between the volumetric heat capacity of soils and the properties of EC, OM, Clay, Silt, Sand and Db were determined to be high. Adding volumetric moisture content

(θ) to independent variables increased the performance of the models ($R^2 = 0.77-0.99$); the statistical significance level ($p = 0.000$) and the regression coefficient of the regression model including θ , EC, OM, Clay, Silt, Sand, Db properties were found to be very high. The thermal diffusion coefficient of soils and the regression models between EC, OM, Clay, Sand, Silt, Db, θ properties were determined as $R^2 = 0.76$ and 0.79 ($p = 0.000$ and 0.002). The expression of regression models with polynomials including the square, square root and product of soil properties increased the performance of the models; the model including Clay, θ , Clay^2 , θ , $\sqrt{\text{OM}}$, (EC-Db), $\sqrt{\text{Clay}}$, OM, OM^2 , Db soil properties showed high level of statistical significance ($p = 0.001$) and was characterized by a higher regression coefficient ($R^2 = 0.90$). The performance of the regression model between the thermal conductivity coefficient and Clay, Silt, Sand, Db, θ soil properties is high ($R^2 = 0.71$; $p = 0.001$); the performance of the model among the parameters θ , Sand, Clay, Silt, Db, EC^2 , OM^2 , Db^2 , θ^2 , EC, $\sqrt{\text{OM}}$, was determined to be very high ($R^2 = 0.91$; $p = 0.012$). It seems possible that the regression models obtained can be applied in estimating the thermal properties of soils.

Keywords: Volumetric heat capacity, Thermal diffusion coefficient, Thermal conductivity coefficient, Soil properties, Regression model

GİRİŞ

Toprak yüzeyinde ve alt katmanlarındaki sıcaklığın günlük ve yıllık değişimi, toprak özellikleri ile birlikte toprakların ısısal özelliklerine (ısı kapasitesi, ısısal yayılım, ısı iletkenliği) bağlıdır. Isısal özellikler toprak sıcaklığının zamana bağlı olarak değişim süreçlerinin belirlenmesinde ve düzenlenmesinde, toprağın temel ısı taşınımı denkleminin analitik çözümünün uygulanmasında temel faktörlerdir. Toprak yüzeyinde ve alt katmanlarda enerjinin dağılımı, dolayısıyla sıcaklık alanının ve toprak mikro iklimasının oluşumu süreçleri de toprakların ısısal özelliklerinin değişimine bağlı olmaktadır. Isısal özellikler toprağın temel ısı taşınım denkleminin çözümüne bağlı olarak toprak sıcaklığının tahmin edilmesinde, biyosistem ve jeosistem çalışmalarının çeşitli alanlarında (toprak - hava arasındaki enerji bilançosunun ve yeraltı ısı depolamasının değerlendirilmesi, jeotermal sistemlerin oluşturulması, topraktaki birleştirilmiş su ve ısı transferinin modellenmesi vb.) gerekli parametrelerdir. Topraktaki ısı taşınımı, toprak özelliklerinin (tuz, organik madde miktarı, bünye, hacim ağırlığı, nem, gözeneklik vb.) yanı sıra ısısal özelliklerle de önemli düzeyde ilişkilidir.

Toprakların ısısal özellikleri teorik ve deneysel olarak farklı ortam ve toprak tiplerinde çeşitli yöntemlerle belirlenmektedir (Bristow vd., 2001; Gülser ve Ekberli, 2002; Binxiang vd., 2004; Correia vd., 2012; Ekberli ve Gülser, 2014; Ekberli vd., 2015; Ekberli ve Sarılar, 2015; Liu vd., 2018; Lu vd., 2018; 2019; Zhang vd., 2018; Bayat vd., 2019; Gamage vd., 2019; Gülser vd., 2019; Zhao vd., 2019; Zhou vd., 2019; Usowicz vd., 2020). Toprağın özgül ısısının belirlenmesine ait bir çalışmada, farklı tekstüre sahip topraklarda

toprağın hacimsel ısı kapasitesiyle hacimsel nem içeriği arasında yüksek ve çok yüksek korelasyonların ($r=0.8767-0.9946$) olduğu gösterilmiş, aralarında artan doğrusal fonksiyonel ilişki olduğu vurgulanmıştır (Moreno vd., 2019).

Toprakların ısısal yayılım katsayısının zamansal değişimi, toprak neminin doğal zamansal değişimiyle ilişkilidir (Roxy vd., 2010, 2014; Sugathan vd., 2014). Mekânsal değişimi ise toprak neminin mekânsal değişimiyle tam olarak açıklanamamakta, genel olarak temel faktörler bünye, hacim ağırlığı ve organik madde olmaktadır (Arhangelskaya, 2004). Barry-Macaulay vd. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, toprakların ısısal özelliklerine ait bazı mevcut modeller tartışılmış; çoğu araştırmacılar ise modellerin oluşturulmasında bünye, hacim ağırlığı, organik madde, nem verilerinden kullanmışlardır (Rozanski ve Stefaniuk, 2016; Tian vd., 2016). Yapılan bazı modellerin doğruluğu yüksek olmamaktadır. Tian vd.(2016) ve Farouki (1981, 1982) tarafından, ısı iletkenliğine ait yapılan modellerin belirleme katsayıları (R^2) sırasıyla 0.79 ve 0.69 olarak saptanmıştır. Arkhangelskaya ve Lukyashchenko (2018), genellikle toprak araştırmalarında gerekli değerlendirmelerin yapılması için deneysel olarak belirlenmesi kolay olan az sayıda verilerin elde edilmesi mümkünüyünü vurgulamış, ısısal yayılım katsayısına ait regresyon modellerin oluşturulmasında 77 bozulmamış farklı toprak örneğinin bünye, hacim ağırlığı, organik karbon içeriğine ait verilerden kullanmışlardır. Bazı araştırmalarda ısı iletkenliği, toprağın su içeriği, kütle yoğunluğu ve penetrasyon direncine bağlı olarak belirlenmektedir (Abu-Hamdeh ve Reeder,

2000; Tarnawski ve Leong, 2000; Lipiec ve Hatano, 2003; Kohout ve ark., 2004). Usowicz ve ark.(2008) tarafından yapılan bir araştırmada, ısı iletkenliğinin tahmin edilmesi için, gözeneklilik, penetrasyon direnci, kum içeriği gibi kolaylıkla ölçülebilir deneysel toprak özelliklerini kapsayan regresyon denklemler yapılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, toprakların deneysel değerlere bağlı olarak belirlenen hacimsel ısı kapasitesi, ısıl yayılım ve ısı iletkenliği ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasında regresyon modellerin yapılmasıdır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırmada Samsun'un Çarşamba ilçesinde 305500-311000 D ve 4555500-4558500 K (UTM, m) koordinatları arasında yer alan Vertisol (Profil 1-3), Inceptisol (Profil 4-5) ve Entisol (Profil 6-8) alt grup topraklarının yerleştiği arazilerden alınan örneklerden kullanılmıştır. Arazide her profile ait horizonlarda cıvalı cam termometre ile (Sterling ve Jackson, 1986) toprak sıcaklık ölçümleri yapılmıştır. Alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC), 1:1 oranında hazırlanan toprak-su süspansiyonunda elektriksel kondaktivite aleti ile (Richards, 1954); organik madde (OM), Walkley-Black yaş yakma yönteminin Jackson tarafından modifiye edilmiş şekli ile (Jackson, 1958); tekstür hidrometre yöntemiyle (Bouyoucous, 1951); hacim ağırlığı (HA) bozulmamış toprak örneklerinde (Blake ve Hartge, 1986); hacimsel nem içeriği () gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Ölçülen sıcaklık değerlerinden kullanılarak, toprağın katmanındaki ısıl yayılım katsayısının hesaplanmasında

$$a = \frac{\pi}{P} \left(\frac{\Delta_x}{\ln(A_i / A_{i+1})} \right)^2 \quad 1$$

(burada; ve uygun olarak toprağın ve horizonlarına ait sıcaklık dalgalarının amplitütü; - periyot, yani sıcaklık dalgasının bir döngüsünü tamamlaması için gerekli olan zamandır) ifadesinden kullanılmıştır (Trombotto ve Borzotta, 2009; Correia vd., 2012; Ekberli ve Gülser, 2014; Arias-Penas vd., 2015; Gülser vd., 2018; Gülser ve Ekberli, 2019).

Kuru toprağın hacimsel ısı kapasitesi ($C_{h,t}$ cal cm^{-3} $^{\circ}C^{-1}$ veya Jm^{-3} $^{\circ}C^{-1}$) ise

$$C_{h,t} = C_{\theta,t} \rho + C_{h,s} \theta \quad 2$$

[burada, ρ - toprağın hacim ağırlığı, gr cm^{-3} $C_{\theta,t}$ -kuru toprağın özgül ısı kapasitesi (cal gr^{-1} $^{\circ}C^{-1}$ veya Jkg^{-1} $^{\circ}C^{-1}$); $C_{h,s}$ =1.00 cal cm^{-3} $^{\circ}C^{-1}$ -suyun hacimsel ısı kapasitesi; θ - toprağın hacimsel nem (cm^3 cm^{-3}) içeriğidir] formülüne göre hesaplanmıştır (Hanks ve Ashcroft, 1980; Hilel, 2004). Her bir profil horizonundaki ısı iletkenliği aşağıdaki ifadeye göre belirlenmiştir:

$$\lambda = a C_{h,t} \quad 3$$

İstatistik hesaplamalar için MINİTAB-19 paket programından yararlanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırma Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Isıl Özellikleri

Araştırma topraklarının ısıl parametrelerine önemli düzeyde etki yapan bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelgen 1'den gözüktüğü gibi, araştırma topraklarında EC miktarı 0.01-0.19 dSm⁻¹ aralığında değişmekte, dolayısıyla tuzluluk problemi bulunmamaktadır. Toprakların organik madde miktarları yüzey ve yüzeye yakın horizonlarda yüksek olup, alt horizonlarda ise azalma göstermektedir. Araştırma topraklarının genetik horizonları genel olarak ağır (Profil 1-5) ve hafif (Profil 6-8) bünyeye sahip olmaktadır. Profillerde hacim ağırlığı 1.19-1.56 gr cm^{-3} arasında değişmektedir. Toprağın hacimsel ısı kapasitesi ile doğrusal ilişki gösteren hacimsel nem içeriği ise 0.10 cm^3 cm^{-3} ile 0.31 cm^3 cm^{-3} arasında değişim göstermektedir. Araştırma topraklarının bazı horizonlarında kum içeriğinin yüksek oluşu hacim ağırlığının yüksek, buna karşın hacimsel nem içeriğinin düşük olmasına neden olabilir. (Ekberli ve Dengiz, 2016; Dengiz ve Ekberli, 2017)

Toprak yüzeyinde ve aşağı horizonlardaki sıcaklık alanının oluşumu, toprak özellikleri ile birlikte toprakların ısıl yayılım, hacimsel ısı kapasitesi, ısı iletkenliği vb. gibi ısıl özelliklerine önemli düzeyde bağlı olmaktadır. Sıcaklık alanı oluşumu sonucunda ortaya çıkan ısı taşınımı süreçleri ise, ısıl yayılım ve ısı iletkenliği katsayılarının toprak özellikleriyle olan karşılıklı etkileşimi ile ilişkili olmaktadır. Araştırma topraklarının ölçülen (minimum, maksimum, ortalama) sıcaklık değerlerine bağlı olarak (1) ifadesiyle hesaplanan ısıl yayılım katsayısı; kuru toprağın özgül ısı kapasitesi, hacim ağırlığı ve hacimsel nem içeriğine göre (2) ifadesiyle belirlenen hacimsel ısı kapasitesi ve (3) ifadesiyle hesaplanan ısı iletkenliği katsayısı değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırma toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri**Table 1.** Some physical and chemical properties of research soils

Derinlik, Cm	EC, dSm ⁻¹	OM, %	Kil, %	Silt, %	Kum, %	HA, gr cm ⁻³	θ , (cm ³ cm ⁻³)
Profil 1							
0-27	0.07	4.87	56.8	22.5	20.6	1.28	0.30
27-65	0.15	4.58	63.9	17.4	18.7	1.27	0.31
65-110	0.01	2.30	56.0	15.2	28.8	1.33	0.29
110+	0.06	1.15	67.3	15.3	17.5	1.23	0.30
Profil 2							
0-33	0.06	5.35	75.9	13.6	10.5	1.22	0.29
33-78	0.07	2.89	72.0	17.7	10.2	1.21	0.31
78-116	0.06	1.99	57.2	28.5	14.3	1.25	0.29
116+	0.10	1.05	11.6	31.0	57.3	1.56	0.12
Profil 3							
0-22	0.07	5.38	61.3	20.9	17.7	1.28	0.31
22-73	0.08	4.54	68.3	17.6	14.1	1.24	0.30
73-107	0.02	2.20	66.8	22.3	10.9	1.21	0.30
107+	0.13	1.38	73.3	17.9	8.8	1.19	0.30
Profil 4							
0-23	0.06	3.93	69.3	19.5	11.2	1.22	0.29
23-58	0.08	2.49	64.5	28.0	7.5	1.19	0.30
58-90	0.04	1.65	39.0	36.2	24.8	1.39	0.26
90+	0.11	1.01	21.8	31.3	46.9	1.55	0.26
Profil 5							
0-30	0.01	3.15	40.9	29.6	29.5	1.35	0.27
30-64	0.01	3.08	67.1	22.5	10.4	1.22	0.29
64-107	0.07	1.38	71.8	19.6	8.6	1.20	0.30
107+	0.03	0.35	64.8	23.9	11.2	1.21	0.30
Profil 6							
0-18	0.08	3.96	21.6	45.5	32.8	1.31	0.22
18-37	0.11	2.47	17.7	37.4	44.9	1.44	0.26
37+	0.13	1.01	7.1	10.6	82.3	1.52	0.10
Profil 7							
0-21	0.11	4.17	19.8	21.1	59.1	1.38	0.19
21-55	0.06	2.85	43.9	42.6	13.5	1.27	0.26
Profil 8							
0-15	0.03	5.20	26.0	37.7	36.3	1.25	0.22
15-47	0.19	1.47	21.8	43.4	34.8	1.49	0.20

EC-elektiriksel iletkenlik; OM-organik madde; HA-hacim ağırlığı, -hacimsel nem içeriği

Çizelge 2'den görüldüğü gibi, araştırma toprakları horizonlarında ısısal yayılım katsayısı geniş aralıkta ($1.50 \cdot 10^{-6}$ - $9.50 \cdot 10^{-6}$ m² sn⁻¹) değişmektedir. Isısal yayılım katsayısı hacimsel nem içeriği, hacim ağırlığı, organik madde miktarı, toprak bünyesi (kil, silt, kum), EC gibi faktörlere önemli düzeyde bağlı olmaktadır. Organik madde miktarının yüksek olması, bazı horizonlarda ısısal yayılımın az olmasına neden olan faktörlerden biri olarak düşünülmektedir. Kil miktarı yüksek

olan horizonlarda ısısal yayımda genel olarak yüksek olmaktadır. Hacim ağırlığı arttıkça ısısal yayılım katsayısı da arttığından, horizonlarda hacim ağırlığının düşük düzeyde değişimi ısısal yayıma da düşük düzeyde etki yapmaktadır. Araştırma toprakları horizonlarında tuz miktarı az, değişimi ise dar aralıkta gerçekleştiği için, tuz miktarına bağlı olarak ısısal yayımda düzenli artış izlenmemektedir. Horizonlarda hacimsel nem içeriğinin artışı, ısısal yayımda orantılı olmayan

Çizelge 2. Araştırma topraklarının bazı ısıl özellikleri
Table 2. Some thermal properties of research soils

Derinlik, Cm	Sıcaklık (°C)			α , m ² sn ⁻¹	$C_{h,t}$, Jm ⁻³ °C ⁻¹	λ , watt m ⁻¹ °C ⁻¹
	Minimum	Maksimum	Ortalama			
Profil 1						
0	16.5	30.0	21.4	-	-	-
0-27	14.3	22.5	18.2	5.51·10 ⁻⁶	2.265·10 ⁶	12.480
27-65	12.5	18.9	16.9	8.96·10 ⁻⁶	2.299·10 ⁶	20.599
65-110	11.2	15.7	14.9	8.77·10 ⁻⁶	2.261·10 ⁶	19.829
Profil 2						
0	15.6	30.7	21.8	-	-	-
0-33	13.2	21.1	17.0	6.59·10 ⁻⁶	2.173·10 ⁶	14.320
33-78	12.5	17.7	16.0	9.50·10 ⁻⁶	2.253·10 ⁶	21.404
78-116	11.3	15.9	15.2	6.67·10 ⁻⁶	2.198·10 ⁶	14.661
Profil 3						
0	20.3	31.1	24.9	-	-	-
0-22	14.6	21.3	17.8	5.38·10 ⁻⁶	2.307·10 ⁶	12.412
22-73	12.5	18.0	16.8	8.25·10 ⁻⁶	2.232·10 ⁶	18.414
73-107	11.0	15.6	15.0	8.74·10 ⁻⁶	2.211·10 ⁶	19.324
Profil 4						
0	20.5	35.9	26.7	-	-	-
0-23	12.3	20.4	15.3	5.52·10 ⁻⁶	2.175·10 ⁶	12.006
23-58	12.0	19.7	17.2	8.76·10 ⁻⁶	2.193·10 ⁶	19.211
58-90	11.4	16.5	15.3	6.91·10 ⁻⁶	2.183·10 ⁶	15.085
Profil 5						
0	18.4	29.7	23.9	-	-	-
0-30	14.1	20.0	17.2	6.17·10 ⁻⁶	2.193·10 ⁶	13.531
30-64	12.8	17.0	15.6	8.74·10 ⁻⁶	2.175·10 ⁶	19.010
64-107	10.7	14.4	13.8	9.36·10 ⁻⁶	2.201·10 ⁶	20.601
Profil 6						
0	19.5	32.6	24.8	-	-	-
0-18	13.0	20.4	17.0	1.71·10 ⁻⁶	1.952·10 ⁶	3.338
18-37	12.5	18.6	17.1	1.96·10 ⁻⁶	2.222·10 ⁶	4.355
Profil 7						
0	24.5	37.0	28.8	-	-	-
0-21	13.7	20.6	16.1	4.45·10 ⁻⁶	1.882·10 ⁶	8.375
21-55	13.9	18.8	16.6	8.20·10 ⁻⁶	2.088·10 ⁶	17.122
Profil 8						
0	20.1	33.4	26.7	-	-	-
0-15	14.8	21.2	18.0	1.50·10 ⁻⁶	1.905·10 ⁶	2.858
15-47	13.5	18.9	17.4	6.48·10 ⁻⁶	2.094·10 ⁶	13.569

α - ısısal yayılım katsayısı; $C_{h,t}$ - hacimsel ısı kapasitesi; λ - ısı iletkenliği katsayısı

artışına neden olmaktadır. Hacimsel ısı kapasitesiyle hacimsel nem içeriği arasında doğrusal ilişki olmakta ve horizonlardaki hacimsel ısı kapasitesi $1.882 \cdot 10^6$ - $2.307 \cdot 10^6$ Jm⁻³ °C⁻¹ dar aralığında değişmektedir. Toprağın ısı iletkenliği katsayısı, toprağın ısı geçirme özelliğini ve moleküler düzeyde enerji taşınımı karakterize etmekte, araştırma toprakları horizonlarında 2.858-21.404 watt m⁻¹°C⁻¹ arasında değişmektedir (Ekberli ve Dengiz, 2016; Dengiz

ve Ekberli, 2017; Ekberli vd., 2020; 2021). Isı iletkenliği katsayısı ile toprağın hacimsel ısı kapasitesi arasında doğrusal ilişki olduğundan, hacimsel ısı kapasitesinin, dolayısıyla toprağın nem içeriğinin değişimi ısı iletkenliğine önemli düzeyde etki yapmaktadır. Araştırmacılar tarafından toprağın ısı iletkenliğiyle nem içeriği arasında ilişki olduğu vurgulanmış, matematiksel olarak ifade edilen bu ilişkinin toprağın sıcaklık rejiminin

modellenmesinde kullanılmasının mümkünlüğü gösterilmiştir (Kurtener ve Chudnovskii, 1979; Poluektov, 1991). Genel olarak ısı iletkenliği katsayısı deneysel olarak belirlenmekte; Ortamın (toprağın) ısı iletkenliği katsayısının değeri, ortamın fiziksel özelliklerine ve sıcaklığına bağlı olup; genel olarak deneysel yöntemlerle belirlenmektedir.

Toprakların Bazı Isısal Özellikleriyle Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Korelasyon İlişkiler

Toprakta ısı taşınımı, iklim faktörleriyle beraber toprak süreçlerinin (ısısal, fiziksel, kimyasal ve biyolojik) karşılıklı etkisi sonucunda oluşmaktadır. Toprağın temel ısı taşınım parametrelerinden olan ve toprağın ısısal özelliğini karakterize eden ısı iletkenliği katsayısı, toprak özelliklerine bağlı olarak değişim göstermektedir. Toprak özelliklerine ait Çizelge 1 ve 2’de verilmiş değerlerden kullanarak, ısı iletkenliği katsayısının; ısısal yayılım, hacimsel ısı kapasitesi ve bazı toprak özellikleri arasında belirlenen Pearson çift yönlü korelasyon değerleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Araştırma topraklarının hacimsel ısı kapasitesiyle EC, OM özellikleri arasında çok zayıf ($r < 0.2$), HA arasında ise zayıf negatif ilişkiler belirlenmiştir. EC değerlerinin düşük ve dar aralıkta değişimi, OM değerlerinin alt katmanlarda azalış göstermesi, HA’nın bazı horizonlarda yüksek ($> 1.40 \text{ gr cm}^{-3}$) ve dar aralıkta değişimi korelasyon katsayılarının zayıf ve çok zayıf olmasına neden olabilir. Hacimsel ısı kapasitesi ile kil miktarı arasında yüksek ($0.6 < r < 0.8$) ve 0.01 düzeyinde anlamlı; kum miktarı arasında ise orta şiddetli ilişki ($r = -0.596^{**}$) saptanmıştır. Silt miktarıyla ise orta şiddetli anlamsız ilişki bulunmuştur. En yüksek korelasyon ilişki ($r = 0.880^{**}$) hacimsel nem içeriği miktarıyla elde edilmiştir. Gülser vd.

(2019) tarafından, toprak sıcaklığının yüzey ısı akışına bağlı olarak değişimine ait bir çalışmada, toprağın hacimsel nem içeriğini miktarının artması durumunda, hacimsel ısı kapasitesinin de doğrusal olarak artış gösterdiği vurgulanmıştır. Toprakların ısısal yayılım katsayısı ile EC, OM, HA değerleri arasında sırasıyla anlamsız düzeyde çok zayıf, zayıf ve orta şiddette negatif; hacimsel nem içeriği ve kil miktarlarıyla ise anlamlı düzeyde yüksek şiddette pozitif korelasyonlar belirlenmiştir. Isısal yayılım katsayısıyla, kum ve silt değerleri arasında ise anlamlı düzeyde sırasıyla yüksek ve orta şiddette negatif korelasyonlar bulunmuştur. Farklı nem içeriklerine sahip toprakların ısısal yayılım katsayısının belirlenmesine ait bir araştırmada, toprak tekstürü, hacim ağırlığı ve organik karbon değerlerinin ısısal yayıma etkisi belirlenmiş, bu parametreler arasında regresyon ilişkiler yapılmış, ısısal yayılımın değişiminde toprak tekstürünün ve hacimsel nem miktarının daha etkili olduğu gösterilmiştir (Arkhangelskaya ve Lukyashchenko, 2018).

Araştırma topraklarının ısı iletkenlik katsayısı ile EC ve OM değerleri arasında önemsiz düzeyde sırasıyla çok zayıf ($r = -0.122$) ve zayıf ($r = -0.355$) negatif ilişkiler belirlenmiştir. Topraklarda tuz miktarının az olması temas aralıklarının az olmasına, dolayısıyla ısı iletkenliğinin düzensiz değişimine; OM miktarının artması ise ısı iletkenliğinin azalmasına neden olduğundan, korelasyon ilişkilerin çok zayıf ve zayıf düzeyde negatif olarak gerçekleşmesi mümkün gözükmemektedir. Hacim ağırlığıyla anlamlı düzeyde orta şiddette negatif korelasyon ilişkisi saptanmıştır. Toprakların ısı iletkenliği kil miktarıyla anlamlı düzeyde pozitif yüksek korelasyon ilişkisi ($r = 0.762^{**}$); silt ve kum miktarıyla ise anlamlı düzeyde sırasıyla orta şiddette

Çizelge 3. Toprakların bazı ısısal, fiziksel ve kimyasal özelliklerine ilişkin korelasyon değerleri matrisi

Table 3. Correlation values matrix for some thermal, physical and chemical properties of soils

	λ	$C_{h,t}$	A	θ	EC	OM	Kil	Silt	Kum	HA
λ	1									
$C_{h,t}$	0.634**	1								
A	0.996**	0.577**	1							
θ	0.679**	0.880**	0.627**	1						
EC	-0.122	-0.085	-0.115	-0.386*	1					
OM	-0.355	-0.113	-0.379	0.232	-0.125	1				
Kil	0.762**	0.674**	0.736**	0.876**	-0.380	0.191	1			
Silt	-0.555**	-0.523	-0.527*	-0.264	0.092	-0.066	-0.522**	1		
Kum	-0.700**	-0.596**	-0.682**	-0.887**	0.397*	-0.182	-0.917**	0.141	1	
HA	-0.445*	-0.235	-0.432	-0.764**	0.464*	-0.330	-0.870**	0.330	0.862**	1

** Korelasyon 0.01 düzeyinde anlamlı; *Korelasyon 0.05 düzeyinde anlamlı

Çizelge 4. Toprakların ısısal parametreleriyle bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri arasındaki regresyon modeller
Table 4. Regression models between thermal parameters of soils and some physical and chemical properties

Hacimsel ısı kapasitesine ait modeller	R ²	p
1. $C_{h,t} = 50.6 - 0.210 EC - 0.0017 OM - 0.498 Kil - 0.505 Silt - 0.508 Kum + 1.401 HA$	0.76	0.001
2. $C_{h,t} = 1.3895 + 2.827 \theta$	0.77	0.000
3. $C_{h,t} = 1.4296 + 2.85 \theta - 0.01406 OM$	0.80	0.000
4. $C_{h,t} = 1.080 + 4.345 \theta - 0.00252 Kil + 0.00106 Kum$	0.84	0.000
5. $C_{h,t} = 3.64 + 3.722 \theta + 0.1288 EC - 0.00039 OM - 0.0370 Kil - 0.0376 Silt - 0.0386 Kum + 0.9697 HA$	0.99	0.000
Isısal yayılım katsayısına ait modeller		
1. $a = (-5.99 - 0.820 OM + 0.131 Kil + 0.0197 Kum + 6.32 HA) \cdot 10^{-6}$	0.76	0.000
2. $a = (-352 + 4.78 EC - 0.792 OM + 3.64 Kil + 3.49 Silt + 3.51 Kum + 5.92 HA - 13.2 \theta) \cdot 10^{-6}$	0.79	0.002
3. $a = (38.1 + 0.342 Kil - 312 - 0.169 OM^2 - 0.00238 Kil^2 + 577 \theta^2 + 0.84) \cdot 10^{-6}$	0.85	0.000
4. $a = [20.9 + 0.409 Kil - 199 \theta - 0.205 OM^2 - 0.00288 Kil^2 + 345 \theta^2 + 1.93 \sqrt{OM} + 7.76 (EC \cdot HA)] \cdot 10^{-6}$	0.87	0.000
5. $a = (-57.6 - 2.76 Kil - 306 \theta + 0.00926 Kil^2 + 584 \theta^2 + 31.1 \sqrt{OM} + 6.92(EC \cdot HA) + 26.6 \sqrt{Kil} - 11.6 OM + 0.30 OM^2 + 7.04 HA) \cdot 10^{-6}$	0.90	0.001
Isı iletkenliği katsayısına ait modeller		
1. $\lambda = -2424 + 24.1 Kil + 23.9 Silt + 23.7 Kum + 35.0 HA - 10.1 \theta$	0.71	0.001
2. $\lambda = -617 + 11.3 EC - 1.718 OM + 6.4 Kil + 6.0 Silt + 6.1 Kum + 14.3 HA - 10.1 \theta$	0.80	0.001
3. $\lambda = -3854 + 35.2 Kil + 35.1 Silt + 34.8 Kum + 733 HA - 1119 + 17 EC^2 - 0.2792 OM^2 - 267 HA^2 + 2203 \theta^2$	0.90	0.000
4. $\lambda = -3609 - 37.4 EC + 1.84 OM + 33.2 Kil + 33.1 Silt + 32.8 Kum + 667 HA - 1155 \theta + 207 EC^2 - 0.518 OM^2 - 242 HA^2 + 2287 \theta^2$	0.91	0.002
5. $\lambda = -2483 - 838 \theta + 22.1 Kum + 22.0 Kil + 22.3 Silt + 470 HA + 207 EC^2 + 0.54 OM^2 - 171 HA^2 + 1629 \theta^2 - 20.9 EC - 18.8 OM + 48 \sqrt{OM} + 6.2 \sqrt{Kil}$	0.91	0.015

ve yüksek negatif korelasyon ilişkileri ($r = -0.555^{**}$ ve 0.700^{**}) göstermiştir. Toprağın katı fazının içerdiği toprak zerreciklerinin ve diğer katı madde bileşenlerinin temas aralıklarındaki ısı iletkenliği, toprak havası ortamında gerçekleşmekte; toprak bünyesine bağlı olarak oluşum ortamının değişimi ise korelasyon ilişkilerin yönüne etki yapan faktörlerden biri olmaktadır. (2) ve (3) ifadesinden de görüldüğü gibi, toprağın hacimsel ısı kapasitesi ve hacimsel nem içeriği; ısı iletkenliği katsayısıyla ısısal yayılım katsayısı ve hacimsel ısı kapasitesi arasında, bu parametrelerin değişim aralığında, artan fonksiyonel ilişki mevcuttur. Benzer biçimde, araştırma topraklarının ısı iletkenliği katsayısıyla hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım ve hacimsel nem içeriği arasında anlamlı düzeyde yüksek ve çok yüksek pozitif korelasyon ilişkiler saptanmıştır. Kurtener ve Chudnovskii (1979) tarafından yapılan bir çalışmada, toprağın ısı iletkenliği katsayısı [$\lambda(w)$] ile özgül ısı kapasitesi [$c(w)$], nem (w) ve hacim ağırlığı (ρ_c) arasında $\lambda(w) = c(w)[\lambda_1(w - \lambda_4)^2 + \lambda_2 \rho_c + \lambda_3]$ (burada, $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$, farklı toprak tiplerinde ısı iletkenliğinin neme bağlılığını ifade eden deneysel katsayılar) biçiminde fonksiyonel ilişkinin olduğu belirlenmiştir.

Toprakların Isısal Özellikleriyle Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Arasındaki Regresyon Modelleri

Regresyon modellerinin; çeşitli bilim dallarında olduğu gibi, tarım alanlarında da geniş uygulamaları vardır. Toprak ekosisteminde regresyon modellerin yapılması ve kullanılması; basit diferansiyel, cebirsel ve kısmi türevli diferansiyel denklemlerle ifade edilen teorik modellerden daha kolay ve pratik olmaktadır. Teorik modellerde olduğu gibi, regresyon (deneysel, pedotransfer) modellerin yapılmasında da birçok varsayımlar kabul edilmektedir. Regresyon modellerin yapılmasında; bağımsız parametreler olarak, deneysel olarak daha kolay belirlenebilen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri tercih edilmektedir (Ekberli ve Dengiz, 2016; 2017; Kars ve Ekberli, 2019). Toprakların ısısal özelliklerinin değişiminde iklim faktörü ile beraber toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri de etkili olmaktadır (Çizelge 3). Araştırma topraklarının hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım ve ısı iletkenliği katsayıları ile deneysel olarak daha kolay belirlenebilen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri (EC, OM, kil, silt, kum, HA, θ) arasında oluşturulmuş doğrusal regresyon modeller Çizelge 4'te verilmiştir.

Hacimsel ısı kapasitesiyle toprak özellikleri arasındaki regresyon modelleri yüksek ($0.001 \leq p < 0.01$) ve çok yüksek ($p < 0.001$) düzeyde istatistiksel anlamlı olup, regresyon katsayıları (R^2) 0.76-0.99 arasında değişmektedir. Toprakların EC, OM, kil, silt, kum ve HA özelliklerini esas alan 1 nolu model diğerleri ile karşılaştırıldığında daha düşük regresyon katsayısı vermiştir. Hacimsel nem içeriğinin (θ) kullanılması modellerin performansını artırmıştır. θ , θ ve OM; , kil ve kum özelliklerini sırasıyla esas alan 2, 3 ve 4 nolu modellerde belirleme katsayıları sırasıyla 0.77; 0.80 ve 0.84 olarak saptanmıştır. θ , EC, OM, kil, silt, kum, HA özellikleriyle ifade edilen 5 nolu regresyon modeli en yüksek regresyon katsayısı ($R^2=0.99$) ile karakterize edilmiştir. Toprak neminin artması durumunda, hacimsel ısı kapasitesi doğrusal olarak artmakta (Hanks ve Ashcroft, 1980; Hilel, 2004), dolayısıyla hacimsel ısı kapasitesi değerlerinin tahmininde kullanılan modellerde EC, OM, kil, silt, kum, HA gibi özelliklerin yanı sıra hacimsel nem içeriği değerlerinin de kullanılması bu tür modellerin performansını artırmıştır.

Araştırma topraklarının ısısal yayılım katsayısı ile toprak özellikleri arasındaki regresyon modelleri de yüksek ve çok yüksek düzeyde istatistiksel anlamlı olup, OM, Kil, Kum, HA özellikleriyle oluşturulan 1 nolu model en düşük regresyon katsayısına ($R^2=0.76$) sahiptir. OM, kil, kum, HA özellikleriyle EC, Silt, özelliklerinin birlikte kullanılması ile elde edilen 2 nolu modelde regresyon katsayısı ($R^2=0.79$) fazla artış göstermemektedir. Yapılan 3-5 nolu regresyon modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesi, regresyon katsayıları değerlerini ($R^2=0.85-0.90$), dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükseltmiştir. Arkhangelskaya ve Lukyashchenko (2018), toprakların farklı nem düzeylerinde ısısal yayılım katsayısının değerlendirilmesine ait bir araştırmada, ısısal yayılım ile toprakların kolay belirlenebilen kil, silt, kum, hacim ağırlığı, organik karbon özellikleri arasında regresyon modeller oluşturmuşlardır.

Toprakların ısı iletkenliği katsayısıyla kil, silt, kum, HA ve hacimsel nem içeriği özellikleri arasındaki 1 nolu regresyon model yüksek düzeyde istatistiksel anlamlı olup, diğer modellere göre düşük regresyon katsayısına sahiptir. 1 nolu regresyon modelinin bağımsız değişkenlerini oluşturan kil, silt, kum, HA ve hacimsel nem içeriği özelliklerine EC ve OM özelliklerini eklemekle elde edilen 2

nolu modelin performansı fazla yükselmemiştir ($R^2=0.80$). Toprak özelliklerinden EC^2 , OM^2 , HA^2 , \sqrt{OM} , \sqrt{Kil} parametrelerinin de kullanılmasıyla oluşturulan 3, 4 ve 5 nolu modellerde ısı iletkenliği katsayısının tahminindeki belirleme katsayıları artmıştır. Yapılan 3-5 nolu regresyon modellerinin toprak özelliklerinin karesi, karekökü ve çarpımını kapsayan polinomlarla ifadesi, regresyon katsayıları değerlerini ($R^2=0.85-0.90$), dolayısıyla tahminin önem düzeyini yükseltmiştir. Usowicz vd. (2006; 2008), toprakların ısı iletkenliğinin tahmini için yapılan regresyon modellerinde hacimsel nem içeriği, kum, gözeneklilik, penetrasyon direnci gibi toprak özelliklerinden ve bu özelliklerin karesini, karekökünü kapsayan terimlerden kullanmışlardır.

SONUÇ

Toprakların ısısal özellikleri (hacimsel ısı kapasitesi, ısısal yayılım ve ısı iletkenliği) ile deneysel olarak daha kolay belirlenebilen bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri (EC, OM, Kil, Silt, Kum, HA, θ) arasında regresyon modeller oluşturulmuştur. Belirleme katsayısı (R^2) ve anlamlılık düzeyi (p) değerlerinden görüldüğü gibi, elde edilen regresyon modellerin toprakların ısısal özelliklerinin tahmini için kullanılması mümkündür. Ayrıca, ısısal özellikler için oluşturulan tüm regresyon modellerden 5 nolu modellerin performansı daha yüksek bulunmuştur. Isısal özelliklerin tahmin edilmesi için oluşturulan regresyon modellerde, toprakların EC, OM, Kil, Silt, Kum, HA, θ özelliklerinin ve bu parametrelerin karesini, karekökünü ve çarpımını içeren terimlerin birlikte kullanılması önemlidir. İklim koşullarının, toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin mekana ve zamana bağlı olarak düzensiz değişimi, ısısal özelliklere ait regresyon modellerin performansına etki yapmaktadır. İklim ve toprak özelliklerine ait verilerin yeterli düzeyde oluşumu, regresyon modellerin oluşturulmasının ve uygulanmasının kolaylığı dikkate alınarak, yerel ve bölgesel düzeyde ısısal özelliklere ait regresyon modellerin yapılması mümkün gözükmektedir. Yerel ve bölgesel düzeyde toprak bilgi sistemlerinin geliştirilmesi, ısısal özelliklere ait çeşitli regresyon modellerin yapılmasıyla da ilişkilidir.

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.

Arias-Penas D, Castro-Garcia MP, Rey-Ronco MA, Alonso-Sanchez T (2015). Determining the thermal diffusivity of the ground based on subsoil temperatures. Preliminary results of an experimental geothermal borehole study Q-THERMIE-UNIOVI. *Geothermics*, 54: 35-42.

Arhangelskaya TA (2004). Thermal diffusivity of gray forest soils in the Vladimir Opol'e region. *Eurasian Soil Science*, 37(3): 285-294.

Arkhangelskaya T, Lukyashchenko K (2018). Estimating soil thermal diffusivity at different water contents from easily available data on soil texture, bulk density, and organic carbon content. *Biosystems Engineering*, 168: 83-95.

Barry-Macaulay D, Bouazza A, Wang B, Singh RM (2015). Evaluation of soil thermal conductivity models. *Canadian Geotechnical Journal*, 52(11): 1892-1900.

Bayat H, Mazaheri B, Mohanty BP (2019). Estimating soil water characteristic curve using landscape features and soil thermal properties. *Soil & Tillage Research*, 189: 1-14.

Binxiang S, Xuezu X, Yuanming L, Dongqing L, Shuangjie W, Jinzhao Z (2004). Experimental researches of thermal diffusivity and conductivity in embankment ballast under periodically fluctuating temperature. *Cold Regions Science and Technology*, 38: 219-227.

Blake GR, Hartge KH (1986). Bulk density and particle density. In: *Methods of soil analysis, Part I, Physical and mineralogical methods*. ASA and SSSA Agronomy Monograph No: 9 (2nd ed.), Madison, pp. 363-381.

Bouyoucos GJ (1951). A Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soil. *Agronomy Journal*, 43: 434-438.

Bristow KI, Kluitenberg GJ, Goding CJ, Fitzgerald TS (2001). A small multi-needle probe for measuring soil thermal properties, water content and electrical conductivity. *Computers and Electronics in Agriculture*, 31: 265-280.

Correia A, Vieira G, Ramos M (2012). Thermal conductivity and thermal diffusivity of cores from a 26 meter deep borehole drilled in Livingston Island, Maritime Antarctic. *Geomorphology*, 155-156: 7-11.

Dengiz O, Ekberli İ (2017). Bazı vertisol alt grup topraklarının fizikokimyasal ve ısıl özelliklerinin incelenmesi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6(1): 45-52.

Ekberli İ, Dengiz O (2017). Bazalt ana materyali ve farklı topografik pozisyonlar üzerinde oluşmuş toprakların bazı topografik ve fiziko-kimyasal özellikleri arasındaki doğrusal regresyon modellerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 6(1): 15-27.

Ekberli İ, Dengiz O (2016). Bazı inceptisol ve entisol alt grup topraklarının fizikokimyasal özellikleriyle ısıl yayılım katsayısı arasındaki regresyon ilişkilerinin belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 5(2): 1-10.

Ekberli İ, Gülser C (2014). Estimation of soil temperature by heat conductivity equation. *Vestnik Bashkir State Agrarian University (Вестник Башкирского Государственного Аграрного Университета)*, 2(30): 12-15.

Ekberli İ, Gülser C, 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 (2020). Yarı humid ekolojik koşullar altında oluşmuş bazı vertisol alt grup toprakların profillerinde ısı akışının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(2): 198-207.

Ekberli İ, Gülser C, Özdemir N (2015). Toprakta ısı iletkenliğine etki yapan ısıl parametrelerin teorik incelenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 30(3): 300-306.

Ekberli İ, Sarılar Y (2015). Toprak sıcaklığının profil boyunca sönmeye derinliğinin ve gecikme zamanının belirlenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesinin Dergisi*, 52(2): 219-225.

Farouki OT (1982). Evaluation of methods for calculating soil thermal conductivity (CRREL Report No: 82-88). Hanover, NH: Trans Tech Publications.

Farouki OT (1981). The thermal properties of soils in cold regions. *Cold Regions Science and Technology*, 5: 67-75.

Gamage DNV, Biswas A, Strachan IB (2019). Spatial variability of soil thermal properties and their relationships with physical properties at field scale. *Soil & Tillage Research*, 193: 50-58.

Gülser C, Ekberli İ (2002). Toprak sıcaklığının profil boyunca değişimi. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17(3): 43-47.

Gülser C, Ekberli İ (2019). Toprak sıcaklığının tahmininde ısı taşınım denklemi ve pedotransfer fonksiyonunun karşılaştırılması. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 7(2): 158-166.

Gülser C, Ekberli İ, Mamedov A, Özdemir N (2018). Faz değişimine bağlı olarak ısı iletkenliği denkleminin incelenmesi ve toprak neminin ısıl yayıma etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 33(3): 261-269.

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.

Hanks RJ, Ashcroft GJ (1980). Applied soil physics. Soil water and temperature applications. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, pp. 125-144.

Hillel D (2004). Introduction to environmental soil physics. Elsevier Academic Press, USA, pp. 215-233.

Jackson ML (1958). Soil chemical analysis. Verlag: Prentice Hall Inc., Englewood Cliffs, N.J.

Kars N, Ekberli İ (2019). Buğday bitkisinin verim parametreleri ile bazı toprak özellikleri arasındaki pedotransfer modellerinin uygulanabilirliği. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 6(2): 153-164.

Kohout M, Collier AP, Stepanek F (2004). Effective thermal conductivity of wet particle assemblies. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 47(25): 5565-5574.

Kurtener DA, Chudnovskii AF (1979). Agrometeorological basics of the thermal amelioration of soils (in Russian). Press *Gidrometeoizdat, Leningrad*, p. 231.

Lipiec J, Hatano R (2003). Quantification of compaction effects on soil physical properties and crop growth. *Geoderma*, 116: 107-136.

Liu Z, Xu J, Li X, Wang J (2018). Mechanisms of biochar effects on thermal properties of red soil in South China. *Geoderma*, 323: 41-51.

- Lu S, Lu Y, Peng W, Ju Z, Ren T (2019). A generalized relationship between thermal conductivity and matric suction of soils. *Geoderma*, 337: 491-497.
- Lu Y, Yu W, Hu D, Liu W (2018). Experimental study on the thermal conductivity of aeolian sand from the Tibetan Plateau. *Cold Regions Science and Technology*, 146: 1-8.
- Moreno RO, Armindo RA, Moreno RL (2019). Development of a low-cost automated calorimeter for determining soil specific heat. *Computers and Electronics in Agriculture* 162: 348–356.
- Poluektov RA, 1991. Agroecosystem dynamics simulation (in Russian). Press Gidrometeoizdat, Leningrad, pp. 61-69.
- Richards LA (Editor) (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils. United States Salinity Laboratory Staff. United States Department of Agriculture, Handbook No: 60, p. 160.
- Roxy MS, Sumithranand VB, Renuka G (2014). Estimation of soil moisture and its effect on soil thermal characteristics at Astronomical Observatory, Thiruvananthapuram, South Kerala. *Journal of Earth System Science*, 123(8): 1793-1807.
- Roxy MS, Sumithranand VB, Renuka G (2010). Variability of soil moisture and its relationship with surface albedo and soil thermal diffusivity at Astronomical Observatory, Thiruvananthapuram, South Kerala. *Journal of Earth System Science*, 119(4): 507-517.
- Rozanski A, Stefaniuk D (2016). Prediction of solid thermal conductivity from soil separates and organic matter content: Computational micromechanics approach. *European Journal of Soil Science*, 67: 551-563.
- Sterling AT, Jackson RD (1986). Temperature. In: Klute, A. (Ed.), *Methods of Soil Analysis Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. Agronomy Monograph No: 9, ASA, SSSA, Madison WI.
- Sugathan N, Biju V, Renuka G (2014). Influence of soil moisture content on surface albedo and soil thermal parameters at a tropical station. *Journal of Earth System Science*, 125(5): 1115-1128.
- Tarnawski VR, Leong WH (2000). Thermal conductivity of soils at very low moisture content and moderate temperatures, *Transport in Porous Media*, 41(2): 137-147.
- Tian Z, Lu Y, Horton R, Ren T (2016). A simplified de Vriesbased model to estimate thermal conductivity of unfrozen and frozen soil. *European Journal of Soil Science*, 67(5): 564-572.
- Trombotto D, Borzotta E (2009). Indicators of present global warming through changes in active layer-thickness, estimation of thermal diffusivity and geomorphological observations in the Morenas Coloradas rockglacier, Central Andes of Mendoza, Argentina. *Cold Regions Science and Technology*, 55: 321-330.
- Usovich B, Lipiec J, Ferrero A (2006). Prediction of soil thermal conductivity based on penetration resistance and water content or air-filled porosity. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 49: 5010-5017.
- Usovich B, Lipiec J, Łukowski M, Bis Z, Usovich J, Latawiec AE (2020). Impact of biochar addition on soil thermal properties: Modelling approach. *Geoderma*, 376: 114574.
- Usovich B, Lipiec J, Usovich JB (2008). Thermal conductivity in relation to porosity and hardness of terrestrial porous media. *Planetary and Space Science*, 56: 438-447.
- Zhang M, Bi J, Chen W, Zhang X, Lu J (2018). Evaluation of calculation models for the thermal conductivity of soils. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 94: 14-23.
- Zhao Y, Si B, Zhang Z, Li M, He H, Hill RL (2019). A new thermal conductivity model for sandy and peat soils. *Agricultural and Forest Meteorology*, 274: 95-105.
- Zhou Y, Yan C, Tang AM, Duan C, Dong S (2019). Mesoscopic prediction on the effective thermal conductivity of unsaturated clayey soils with double porosity system. *International Journal of Heat and Mass Transfer*, 130: 747-756.

Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım-Gıda Zincirinde Tarım 4.0

Bekir PAKDEMİRLİ¹ Nevzat BİRİŞİK² İhsan ASLAN² Bülent SÖNMEZ² Mustafa GEZİCİ²

¹T.C. Tarım ve Orman Bakanı

²Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü

*Sorumlu yazar e-mail (Corresponding author e-mail): mustafa.gezici@tarimorman.gov.tr

Geliş tarihi (Received) : 17.02.2021

Kabul tarihi (Accepted): 19.03.2021

DOI:10.21657/topraksu.898774

Öz

İnsanoğlunun en içgüdüsel ihtiyacı gıdadır. Günümüzde 7 milyardan fazla insan için gıda güvenliğini sağlamak hiç kolay değildir. Birleşmiş Milletler'in tahminlerine göre 2050 yılında Dünya nüfusu 9 milyarı aşacaktır. Bu nedenle tarımsal işlemlerin verimliliğini artırmak için birçok analitik araç kullanarak arazideki değişkenlikleri yönetmek ve birim alandan yüksek verim elde etmek bir gerekliliktir. Dijital teknolojileri kullanarak uluslararası ve yerel pazar taleplerini takip etmek, küresel rekabetçi bir üretime kavuşarak GSYİH'ye önemli ölçüde katkıda bulunulabilir. Tarım sektörü, üretim, gıda güvenliği ve beslenme, değişen iklim koşulları, çevresel bozulma, kara deniz biyoçeşitliliğinin kaybı ve uluslararası tarımsal emtia piyasalarının fiyat dalgalanması ile ilgili sayısız zorlukla karşı karşıya kalsa da, modern teknolojilerin, tarımda kullanımının yaygınlaşması tarımı bilgi odaklı hale getirmiştir. Dolayısıyla tarım sektöründe dijitalleşmeyi yaygınlaştırmak ve desteklemek son derece önemlidir. Bu nedenle, doğru ve ilgili bilginin doğru zamanda (kullanıcı dostu), uygun formatta ve en uygun iletişim aracının kullanılmasıyla sunulması çok önemlidir, böylece iletilen bilgiler, insanların geçim kaynakları üzerinde bir etkiye sahip olacaktır. Bu çalışma ile Tarım ve Gıda sektöründe dijital teknoloji kullanımında mevcut durum, sorunlar ve olası çözüm önerilerin Ar-Ge açısından değerlendirmek amaçlanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Gıda, Dijital teknolojiler, Ar-Ge

Use of Digital Technologies in Turkish Agriculture and Agriculture-Food Chain Agriculture 4.0

Abstract

The most instinctive need of man is food. For more than 7 billion people today, ensuring food safety is not easy. According to United Nations estimates, the world population will exceed 9 billion in 2050. Therefore, it is a necessity to manage variability in the land and obtain high efficiency from the unit area by using many analytical tools to improve the efficiency of agricultural processes. Following international and local market demands using digital technologies can contribute significantly to GDP by getting global competitive production. Despite facing numerous challenges related to the agricultural sector, production, food security and nutrition, changing climatic conditions, environmental degradation, the loss of land and sea biodiversity and the price volatility of international agricultural commodity markets, the increment of modern technologies in agriculture has made agriculture knowledge-oriented. Therefore, it is highly important to promote and support digitalization in the agricultural sector. It is

also very important that accurate and relevant information is presented at the right time (user-friendly), in the appropriate format and with the use of the most appropriate means of communication, so that the dissemination of knowledge and information will have an impact on people's livelihoods. With this study, it is aimed to evaluate the current situation, problems and possible solution proposals in the use of digital technology in the Agriculture and Food sector in terms of R&D.

Keywords: Agriculture, Food, Digital Technologies, R&D

GİRİŞ

İnsanlığın yeryüzündeki varlığı 150 bin yıl olarak tahmin edilmektedir. Evrenin 15 milyar, dünyanın ise 4,5 milyar yaşında olduğu düşünülürken insanlık tarihi, dünya tarihinin içinde 30 binde birlik küçük bir dilime denk geliyor. Yani dünya 82 yaşında bir ihtiyar ise insanlık bir günlük bir bebektir. İnsanoğlu yeryüzünde 150 bin yıllık serüveninin yaklaşık 140 bin yılında yaşam tarzında çok büyük değişim olmadan yaşamıştır. Sayıları en fazla birkaç yüz bin olan az sayıdaki insanlar yeryüzünde konar-göçer bir yaşam sürerken avcılık ve toplayıcılık yolu ile gıda temin ediyordu, bulunduğu yerde gıda biterse, gıda bulabileceği bir başka yere göç ediyordu. Diğer bir ifadeyle bugünkü anlamıyla ne köyler, ne şehirler ne devletler, ne kanunlar ne de sınırlar vardı. Ancak bu rutin ve doğanın kendi döngüsüne uyumlu olan insanlık yaşamı bundan yaklaşık 12 binyıl önce yani M.Ö. 9500 yılında bir daha geriye dönmeyecek şekilde değişmiştir. Yerleşik hayata geçilmesiyle birlikte toprağın üretkenliğinin sunduğu imkânları fark ederek üretime yani tarıma geçmişlerdir. Tarım o günlerde emek yoğunken günümüzde bilgi iletişim teknolojilerinin kullanıldığı bilgi yoğun tarıma geçiş olmuştur. Artan nüfus ile birlikte gıda güvenliğini sağlamak için ülkelerin önemli stratejik alanlarından bir tanesi tarımdır. Günümüzde 7 milyardan fazla insan için gıda güvenliğini sağlamak hiç kolay değildir. Birleşmiş Milletler'in tahminlerine göre 2050 yılında Dünya nüfusu 9 milyarı aşacaktır. Bununla birlikte günümüzde toprak erozyonu, çölleşme ile iklim değişikliği gibi olumsuzluklar nedeniyle birim alandan daha fazla ürün almak önem arz etmektedir. Üretim maliyetini azaltırken verim artışını sağlamanın, tarımı yönetmenin en etkili yolu dijital teknolojileri tarımda kullanmaktır. Gıda, insan beslenmesi ve hayatın devamlılığını sağlamada vazgeçilemezdir. Türkiye'de gıda sektörünün çarpan etkisi ve bağlantıları, diğer alanlarla ilişkileri, istihdam ve döviz kazancı yanında kaynak kullanımı yönüyle ekonomiye ve kırsal gelişmeye katkısı önemlidir. Gıda sektörü, tarımla olan geri bağlantısı ve tüketici ve özelden de dağıtım sektörü, işleme sürecinde teknoloji ile ilgili ileri bağlantılarıyla sürekli gelişme eğilimi göstermektedir.

Dünden Bugüne Tarım ve Tarım 4.0

Teknoloji hayatımıza su ve buhar gücünün keşfedilmesi ile 1800'lü yıllarda sanayi sektörü ile girmiştir. 20. yüzyılın başlarında ise elektrik enerjisinin üretimi ile üretimde makinelerle geçiş olmuştur. Tarımda da 1.0 dediğimiz süreç aynı zamanda denk gelmektedir. Aşağıda tarımın insanoğlunun yerleşik hayata geçtiği dönemden günümüze kadar geçirmiş olduğu devrimleri görmekteyiz. Bugün yani 21 y.y.'da sahip olduğumuz medeniyetin kurucu unsuru olan "Tarım Devrimlerinin" kısa özetleri ve neden oldukları sosyo-ekonomik sonuçlar aşağıda özetlenmiştir (Birişik 2019).

I. Tarım Devrimi (Bitkilerin ve hayvanların kültüre alınması/*Domestication*)

M.Ö: 9500 ile M.S: 700 Bu dönemde yoğun bir şekilde hayvanların evcilleştirilmesi ve bitkilerin kültüre alınma çalışmaları yapılmıştır. İnsanoğlunun temel besin ve enerji kaynağı olan buğday, çeltik, baklagiller, turunçgiller vb. bitkiler bu dönemde kültüre alınmış, köpek, koyun ve keçi gibi hayvanlar ise yine bu dönemde evcilleştirilmiştir. Bereketli Hilal; birkaç asır sonra Çin'i ortadan ikiye bölerek doğuya doğru ilerleyen Sarı Irmak ile Hindistan'ı kuzeyden güneye doğru bölen İndus Nehri etrafında benzer bir tarım medeniyeti doğmaya başlamıştır. "Man Power (İnsan Gücü)" dönemi, kısacası bu dönemde ne kadar çok kişi iseniz o kadar güçlüsünüzdür.

II. Tarım Devrimi (Tarımsal aletlerin geliştirilmesi/tarımticareti/*Commercialization*)

M.S. 700 ile M.S. 1800 yılları Tarım işçiliğinde at, katır vb. hayvanlar ile demir sabanın kullanımı, sulama amaçlı kuyu ve su kanallarının yapılması, ticaret yoluyla kültüre alınan bitkilerin başka yerlere taşınması, üçlü ve dörtlü rotasyon (ekim nöbetinin) sisteminin kullanılması bu döneme denk gelmektedir. Bu dönemin en önemli itici gücü gelişen ticaret ve buna bağlı olarak yeni bitki ve bilgilerin farklı coğrafyalara taşınmasıdır. "Land Power (Arazi Gücü)" dönemi. Ne kadar çok araziniz-toprağınız varsa o kadar güçlüsünüzdür.

III. Tarım Devrimi (Endüstriyel tarımın başlaması/Intansification)

M.S. 1800-2000 yılları Bu dönemin en belirgin özelliği tohum ıslahına başlanması, sulama imkân ve kabiliyetinin gelişmesi ve üretimde gübre, aşı, tarım ilacı ve makine kullanılmasıdır. Bu yolla tarımsal üretimde; insan sayısına ve arazi varlığına daha az, ancak makine ve girdiye daha çok bağımlı bir sisteme geçilmiştir. Bu süreçte özellikle makine, ilaç ve gübrede geliştirilen teknolojilerin büyük çoğunluğu endüstri devriminin ürünleridir. Bu döneme “Yeşil Devrim” denilebilir. Bu isimlendirme kendi içinde son derece tutarlıdır, çünkü dünyadaki temel gıda üretimi bu süreç içinde yaklaşık 15 kat artmıştır. “Hard Power (Zorun Gücü)” dönemi. Ne kadar çok makinanız ve girdiniz varsa o kadar çok güçlüsünüzdür.

IV. Tarım Devrimi (Biyoloji ve teknolojinin birleşmesi/Digitalization): 21 .yy ve sonrası

Bu dönemde tarımsal üretim; emek yoğun bir süreçten, bilgi yoğun bir sürece, doğal risklere açık bir üretimden, planlama ve kontrollü koşullarda yapılan bir üretime dönüşecektir. Bitki ıslahı, biyoloji ve genetik biliminden daha çok etkilenen, ülkeler kendi arazi varlığı ile sınırlı olmayan bir üretim modeline doğru yönelecek, bazı girdi piyasalarında monopoli riskleri doğabilecektir. Gelecek dönemde tarım sadece bir üretim ve ihtiyaç giderme alanı değil, özellikle biyolojik bilgi ve teknolojilerin üretildiği ve başka sektörlerle biyoloji ilminden güç ve know-how aktarılan bir dönem olacaktır. “Bu dönemin adı Smart Power (Akıllı Güç)” olacaktır. Bu dönemin kazananı; çok arazisi, çok insanı, çok makinesi olan değil, ekoloji, biyoloji ve biyoinformatik bilgiye sahip bilgiye ve bilgi üretmeye değer verenler olacaktır.

Tarım devrimi iki temel bileşene dayanmaktadır.

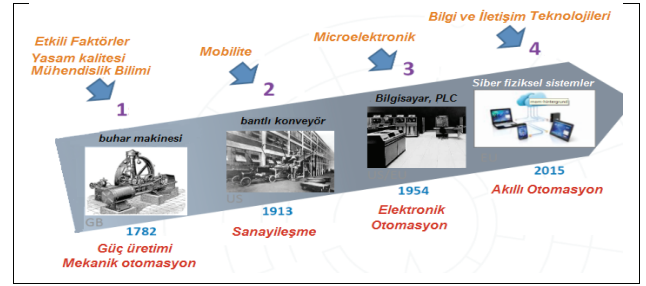
1) Biyoteknoloji: GDO, CRSPR, Hücre kültürü, doku kültürü vb.

2) Bilişim teknolojileri ve yeni nesil mekanizasyon: Tarım 4.0 bu alana verilen isimdir ve iki ana bileşeni vardır.

a. Dijital tarım: (Digital agriculture): Veri toplama

b. Akıllı tarım-Hassas tarım: (Smart/precision farming): Hassas Tarım uygulamaları

Teknoloji hayatımızda su ve buhar gücünün keşfedilmesi ve 1800'lü yıllarda sanayide kullanılmasıyla girmiştir 20. Yüzyılın başlarında ise elektrik enerjisinin üretimi ile üretim makinelerine



Şekil 1. Sanayi 4.0 ile tarım 4.0 arasındaki teorik bağın açıklanması

geçiş olmuştur. Bu dönemde tarımda makinelerle geçiş olsa da bu dönem emek yoğun bir süreçtir. Daha çok insan gücüne dayalı üretim mevcuttur. 1950'lerin sonlarında İkinci Dünya Savaşı sonrası elektronik otomasyon sağlanmış makineler üretim maliyetini düşürmüş daha çok alan ekilebilmiştir ve verimlilik artışı olan süreç başlamıştır. 1990'lar sonrası GPS kullanımının açılmasıyla Hassas Tarımın uygulandığı süreç başlamıştır. Hassas tarım yöntemleri ile arazinin her bir parseline özgü ya da sürüdeki her bir hayvana özgü takip ve çözümler sunulmakta ve üretim maliyetleri azaltılarak süreç daha etkin bir şekilde yönetilmektedir.

2010'lu yıllarda endüstri 4.0 ile sanayide yaşanan devrime paralel olarak bilgi teknolojileri tarımda kullanıldığı Tarım 4.0 sürecidir. Bu süreç tarım uzmanlarının daha üretken ve verimli olmalarına yardımcı olan çeşitli araç ve teknolojilerle güçlendirildiği bir üretimdir. Emek yoğun süreçten bilgi yoğun sürece geçiş olmuştur.

Sürecin ana argümanları aşağıdaki gibidir.

- Tecrübeye değil; tecrübe + güncel veriye dayalı,
- Popülasyona değil; alana ve bireye dayalı
- Benzerliğe değil; farklılığa dayalıdır.

Tarım 4.0 ana amaçları ise aşağıdaki gibidir.

- Maliyetleri düşürmek ve verimi artırmak
- Alan veya hayvanı en küçük ölçekte yönetmek
- Beklenmeye veya pazara uygun üretim yapmaktır.

Tarım 4.0 sürecinde alandan alınabilecek her türlü veriyi almak, karar destek mekanizması oluşturmak, değişken oranlı girdi kullanmak, kendi karar veren sistemler geliştirmek için bütünleşik çiftlik yönetimi mottosu benimsenmektedir. Çeşitli algoritmalar sayesinde büyük verilerin depolanması ve analiz edilerek tarladan sofraya tüm sürecin takip edilebilmesi, yönlendirilebilmesi ve gelecek projeksiyonlarının yapılabilmesi mümkün olmaktadır.

Mevcut Durum

Tarımın ekonomik kalkınma için oynadığı kritik rol ve gıda güvenliğini sağlamak için bilgi iletişim teknolojileri ile güçlendirilmesi gerekmektedir. Böylece üretken teknoloji odaklı ve küresel olarak rekabetçi tarımsal üretime kavuşulmuş olacaktır. FAO verilerine göre 2050 yılına kadar dünya nüfusunda % 40 (9-10 milyar), gıda talebinde % 60-70, sera gazı salınımı %160, küresel ısınma 4°C, hastalık ve zararlı baskısında artış gerçekleşecekken, bitkisel biyoçeşitlilikte % 36, kişi başına arazi varlığında % 24, tarımda kullanılan suda %24, birim alandaki verimde % 8 azalma olacaktır. Dolayısı ile birim alandan daha fazla ürün almak ve maliyeti optimize etmek çok önemli bir unsurdur.

Tarımsal GSYH değeri yaklaşık 50 milyar dolar ve toplam GSYH içerisindeki payı % 6,4 civarındadır. İstihdam içerisinde tarımın payına baktığımızda ise yaklaşık %20 civarındadır. Türkiye sahip olduğu tarımsal potansiyeli maksimize etmek için tarımda birçok alanda politikalar geliştirmektedir. Dijitalleşme politikası da bunlardan birisidir.

Dünya tarımındaki küresel eğilimler bireysel gereksinimlerin karşılanmasından çok toplumsal gereksinimlerin karşılanmasına yöneliktir. Küresel rekabet geliyor, özellikle Çin ve Hindistan bu değişimde başrol oynuyor olması diğer ülkelerin tarımsal hedeflerine ulaşmada BIT'in potansiyelinden yararlanmayı gerekli kılmaktadır. Ayrıca kırsal nüfus azalıyor olması, tarım yapan nüfus yaşlanması, göçlerin artması, israf ve kayıpların artması, toprak bozumu, iklim değişikliği tarımsal suların kirlenmesi gibi nedenlerle; tarımsal üretimde alışlagelmiş üretim teknikleri ve bunlara ait araçların terk edilerek, çağdaş üretim teknolojilerine geçilmesi ve bunlara uygun araçların kullanılması zorunludur.

Bilgi işleme ve kullanma süreçlerine ilişkin, birçok araç ve gereç hâlihazırda geliştirilmiş olup piyasada mevcuttur. Bazı Tarım 4.0 Uygulamaları aşağıdaki gibidir.

1. *Drone teknolojisi*
2. *Tarım robotları*
3. *Sulama otomasyonları*
4. *Değişken oranlı gübreleme sistemleri*
5. *Otomatik hayvan sağım-besleme sistemleri*
6. *Sera iklimlendirme otomasyonları*
7. *Zararlılar için tahmin ve erken uyarı sistemleri*
8. *Akıllı çiftlik uygulamaları*

Bitkisel üretimde akıllı makinalarla değişken oranlı uygulamalar gerek toprak işlemede gerekse ekim, gübreleme, ilaçlama ve sulama da yapılmaktadır. Özellikle son yıllarda robot teknolojisinin tarımsal alanlarda kullanımının artmasıyla birlikte, değişken oranlı tarımsal uygulamalar konusu öne çıkmaktadır.

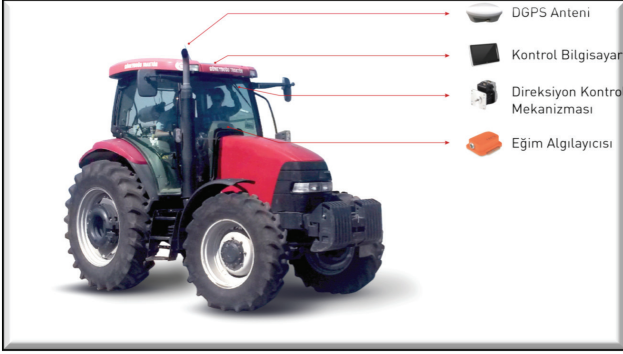
Tarımsal işlemlerde, insan işgücü yerine, konuşlandırılmış robotlar prototip çalışmaları gerek özel sektör gerekse akademik saha da devam eden ve üzerinde yapılan Ar-Ge çalışmalarının hızla arttığı yarı/tam otonom araçlardır. Bu araçlar özellikle meyve ve sebze hasadında etkin bir şekilde kullanılabilir. Üzerlerinde kamera ve GPS donanımları mevcuttur. Hasadı otomatik olarak yapan işleyici organlar sahiptir.

Hayvancılık sektörünün ise rekabet gücünü koruyabilmesi ya da artırabilmesi için hayvan başına üretim ve aynı zamanda üretimde verimliliğin artırılması gerekmektedir (Aksoy 2003). İnovasyon sosyal ve ekonomik gelişmeyi sağlayabilecek en önemli araçlardan biridir. Tarımda inovasyon bahsi geçen süreçler ile birlikte etkin üretimi sağlayarak büyüme ve kalkınmayı hızlandırıcı ve bir etkiye sahiptir. Verimliliğin artırılmasında en önemli unsur ileri teknolojinin tüm çiftçiler için ulaşılabilir olmasıdır. Bu teknolojiler çiftlik başına daha fazla hayvanların yönetilmesine olanak sağlarken hayvanlarla bireysel olarak ilgilenmeyi destekler ve refah düzeyini artırır.

Akıllı Tarım Teknolojileri küçük ve orta ölçekli çiftçiler ve tarımsal işletmeler tarafından kullanılabilir ve erişilebilir olup sürdürülebilir üretimin temel dayanak noktası ise Ar-Ge'dir. Akıllı Tarım Teknolojilerine yönelik yürütülen çalışmalardan bazıları aşağıda verilmiştir.

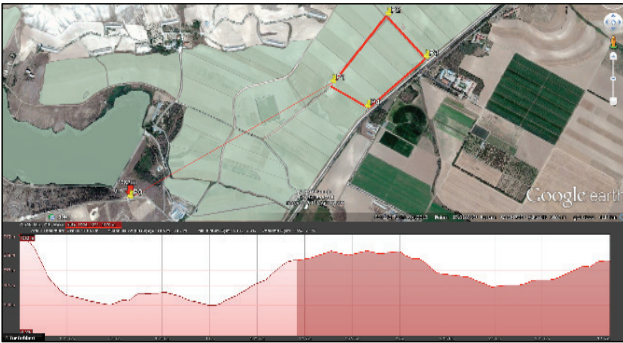
- **Traktörlerde Otomatik Dümenleme Sistemi** ile hava şartlarından etkilenmeden (gece bile), hiç aralık bırakmadan ya da üst üste bindirmeden daha hızlı ama hassas işleme, hep aynı yoldan gidildiği için daha az toprak sıkışması, neredeyse sifira inmiş operatör yorgunluğu, sıfır hata riski ve operatör memnuniyeti, sonraki işlerde (hasat vs) kolaylık ve yakıt, ilaç, tohum, gübre ve işçilikten tasarruf mümkün olmaktadır. %12'ye varan oranlarda yakıt tasarrufu, Gece çalışma imkanı, Üst üste ekim, ilaç ve gübre uygulamasını engeller ya da ekilmemiş, ilaçlanmamış ya da gübrenmemiş yer bırakmaz. 2015 yılında yayınlanan bir makaleye göre Çin'in Heilongjiang bölgesinde en popüler hassas tarım teknolojisi Otomatik Dümenlemedir. (Kaynak: TAGEM/15/ AR-GE /78 proje kodu ile GAP Tarımsal

Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Müdürlüğü ve ASELSAN ortaklığı ile Kamu Özel Sektör Ar-Ge projesi başlatılmış olup, 2017 yılında proje sonuçlanmıştır.)



Şekil 2. TAGEM ve ASELSAN ortaklığı ile geliştirilen Yerli OTAK

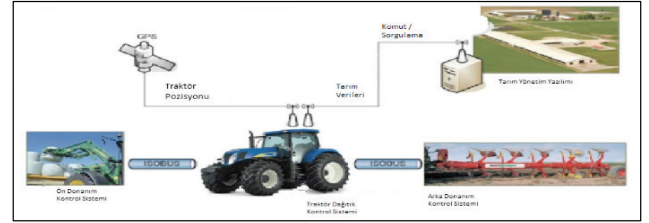
• **İnsansız Hava Aracı ile Görüntü İşleme Temelli Hassas Tarım Uygulamaları** Projesi ASELSAN'ın ARI-1 Döner Kanatlı İnsansız Uçan Sistemi ile toprak, kuraklık, gübre durumu, hasat tahmini, rekolte hesabı ve farklı ürünler için bir kütüphane oluşturulmasına yönelik altyapı kurulacaktır. Altyapı kurulduktan sonra, tarım sigortalarına yönelik hasar tespit çalışmalarında da kullanım imkânları doğabilecektir. (Kaynak: TAGEM/15/AR-GE/77 proje kodu ile Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Müdürlüğü ve ASELSAN ortaklığı ile Kamu Özel Sektör Ar-Ge projesi başlatılmış olup, 2017 yılında proje sonuçlanmıştır.)



Şekil 3. Haymana İkizce lokasyonunun multispektral kamera ile alınan buğday tarlası görüntüsü

• **Çiftlik Yönetim Sistemi Geliştirildi:** Çiftlik Yönetim Sistemi, tarımsal döngünün tüm süreçlerine dair veri toplama, izleme, değerlendirme ve karar verme süreçlerini entegre bir şekilde ele alan bilgi sistemidir. Teknoloji kullanımında dünyanın yaşadığı son endüstriyel devrimin yani Endüstri 4.0 sürecinin, tarım teknolojilerine olan yansımaları, tarımsal verimliliği

çok daha üst bir seviyeye çıkarmaktadır. Bu süreçte, traktörler ve bağlı oldukları ekipmanlar, tüm üretim sürecinde birbirleriyle iletişim halinde olacaklardır. TAGEM-ASELSAN işbirliği ile gerçekleştirilen projede tarım araçları üzerindeki uluslararası ISO 11783 Standart ara yüzünde toplanan mesajların, telsiz linki üzerinden uzak mesafeye aktararak haberleşilmesine, toplanan verilerin harita üzerinde işlenmesine, tarihsel olarak görüntülenmesine ve analiz edilmesine imkan sağlayacak yazılım geliştirilmiştir. (Kaynak: TAGEM/15/AR-GE/76 proje kodu ile Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Müdürlüğü ve ASELSAN ortaklığı ile Kamu Özel Sektör Ar-Ge projesi başlatılmış olup, 2017 yılında proje sonuçlanmıştır.)



Şekil 4. OTAK ve İHA'nın koordinasyonunu sağlayan Çiftlik Yönetim Sistemi projesi

• **Ülkesel Hassas Tarım Projesi:** Proje ile gereğinden fazla kimyasalların kullanımı ile oluşacak çevre kirliliği, planlı programlı ve analize dayalı bir girdi kullanımı ile azaltılacaktır. Yüksek maliyetli tarımsal girdilerin çiftçi üzerinde oluşturduğu ekonomik baskılar analize dayalı girdi kullanımı ile engellenecektir. (Kaynak: TAGEM / TSKAD /16/A13/P08/15 ve TAGEM/TSKAD/E/19/A9/P8/1102 proje numaraları ile Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülmektedir.)

• **Merkezi Dane Kaybı İzleme ve Takip Sistemi** Hasatta tahmini dane kaybı yaklaşık 1,77 milyon ton, toplam ekonomik etkisi 2,4 milyar TL'dir. Eylül 2015'te Birleşmiş Milletler tarafından kabul edilen Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SKH) bünyesinde, "2030'a kadar perakende ve tüketici düzeylerinde kişi başına düşen küresel gıda atığının yarıya indirilmesini ve hasat sonrası kayıplar dâhil üretimdeki ve tedarik zincirindeki gıda kayıplarının azaltılması" hedeflenmiştir. Bu proje ile Bulut tabanlı sistemde dane kaybının anlık olarak operatör ünitesinde görüntülenmesi anlık olarak merkezi izleme sistemine iletilmesi hasat aşamasında GSM sinyali olmadığında offline veri depolanması ve internet bağlantısının ilk

kurulduğu anda merkeze verilerin iletilmesi merkezi altyapı üzerinden hasat yapan biçerdöverlerin anlık konumu, işlem/kayıp durumu bilgilerinin mobil ve web tabanlı uygulama altyapıları ile izlenmesi sağlanabilecektir. (Kaynak: TAGEM/17/ Ar-Ge/18 kodu ile Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile ODTÜ TEKNOKENT-GEOSYS Firması ortaklığı ile Kamu Özel Sektör projeleri kapsamında yürütülmektedir.)



Şekil 5. Dane Kaybı İzleme sisteminin iş akış şeması

• **Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinde Kullanılmak Üzere Kendi Yürür Pülverizatör Tasarımı:** Örtüaltı üretim yapan çiftçilerimizin büyük bir çoğunluğu gerek tarım ilaçlarının uygulanma yöntemlerinde ve gerekse kullanılması gereken ilaç miktarlarında önemli hatalar yapmaktadırlar. Bu proje kapsamında örtü altı tarımında kullanılmak üzere uzaktan kumanda edilebilen kendi yürür pülverizatörün tasarımı ve imalatı yapılmıştır. (Kaynak: TAGEM-BS-10/10-01/03-01 proje numaraları ile Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülmüştür.)



Şekil 6. Yerli örtü altı robotik ilaçlama

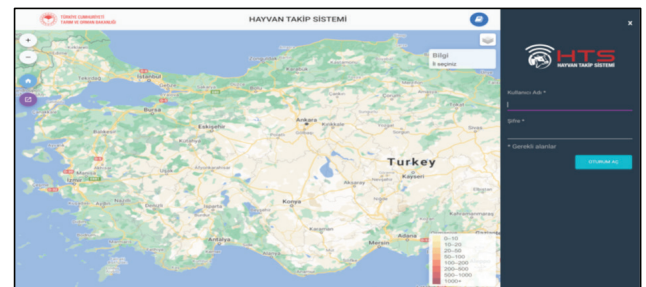
• **Buğdayın Önemli Zararlısı Süneyle Mücadelede Yapay Zeka Kullanılarak Tahmin Uyarı Sistemi:** Bu çalışmada sünenin tüm biyolojik dönemleri ve yaşam döngüsü ile iklim verileri arasındaki ilişki ortaya konulmuş, mücadeleye esas olmak üzere yapay zekâ tekniklerinden yararlanılarak, sürvey ve mücadele zamanını en az hata ile belirleyen bir

tahmin-uyarı sistemi oluşturulmuş, prototip yazılımı yapılarak iki yıl süre ile Aksaray ve Kırşehir illerinde yazılımın güvenilirliği test edilmiştir. (Kaynak: TAGEM-BS-12/12-01/01-03 proje numarası ile Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü tarafından yürütülmüştür.)



Şekil 7. Süne Uyarı Sistemi iş akış şeması

• **Hayvan Takip Sistemi geliştirme çalışmaları başladı.** Dünyada bir ilk olan "Hayvan Takip Sistemi" ile hayvanların canlı olup olmadığı, hangi koordinatlarda bulunduğu gibi bilgilerle her zaman hayvanların tam sayımını sağlayacak ve sanal karantina uygulamaları, el terminalleri ile hayvan sağlığı hizmetlerinde uygulayıcılara kolaylıklar sağlayarak işletme yönetimi basitleştirilecektir. Ayrıca belirli hayvan davranışlarının (kızgınlık, ruminasyon karakteristiğinin, kulak iç yüzey sıcaklığı değişimi değeri) hayvan takip cihazından elde edilecek veriler kullanılarak hayvan takip sistemi yazılımında Ar-Ge kapsamında analiz edilmesi planlanmaktadır. Söz konusu proje da yaygın pilot uygulaması gerçekleştirilecektir. Yaklaşık 20.000 adet büyükbaş hayvan sisteme dahil edilerek izlenecektir. Toplanan veriler makina öğrenmesi ile algoritmalar oluşturulacaktır. (Kaynak: Proje, TAGEM Uluslararası Hayvancılık Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü ve ASELSAN tarafından yürütülmektedir.)



Şekil 8. Elektronik Hayvan Takip Sistemi Arayüzü

Dünya'da 1990'ların başından itibaren bilgi teknolojilerinin gelişimiyle, insana, bitkiye, hayvana ve çevreye duyarlı, üretimde kalite

ve verimlilik faktörlerini ön planda tutan bir değişim süreci geçirilmektedir. Bu değişime ayak uydurmak ve rekabet gücünün artırılmasında kilit bir unsur Ar-Ge çalışmalarıdır. Türkiye'nin en büyük Ar-Ge organizasyonu olan Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü Tarım 4.0 konusunda kendi enstitülerinde yapmış olduğu çalışmalara ilaveten özel sektöre de destek vermektedir. Rekabet gücünün artırılabilmesi ise; eğitilmiş ve kaliteli insan kaynağına, doğal kaynakların verimli kullanılmasına ve geliştirilmesine ve teknolojik gelişmelere hızlı bir şekilde uyum sağlamaya bağlıdır. Çeşitliliğin arttığı, rekabetin kızıştığı ve sınırların ortadan kalktığı piyasa koşullarında, sürdürülebilir üretimin temel dayanak noktası Ar-Ge ve inovasyon olarak ortaya çıkıyor. Ar-Ge harcamaları aynı zamanda bir yatırım niteliğindedir ve öyle ki Ar-Ge yatırımları için yapılan harcamalar yapılan harcama miktarından daha fazla bir getiri sağlayacağından ötürü bu harcamalar yapılmaktadır (Ağır ve Utlu, 2011: 269-280). Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü olarak Tarım 4.0 konusunda özel sektöre vermiş olduğumuz destek miktarı 2020 yılına kadar 7 milyon TL olduğu saptanmıştır.

Türkiye'nin Diğer Ülkeler ile Karşılaştırılması

CEMA (Avrupa Tarım Makineleri Birliği) "Tarım 4.0: Tarımın Geleceği" Raporu'nda, Avrupa'da yıllık cirosu 26 milyar avro olan, 450 farklı tarım makinesi üreten 4.500 üretici olduğu ve bu sektörde 135.000 kişinin istihdam edildiği belirtilmektedir. Aynı rapora göre, Avrupa'da satılan yeni tarım ekipmanlarının %70 ile %80'inde hassas tarım teknolojisi bileşeni yer almaktadır. Akıllı tarım uygulamalarının 2030 yılına kadar, tarım sektörünü en fazla etkileyecek olan faktör olacağı ve AB tarımının sürdürülebilirliğinin sağlanmasında itici rol oynayacağı bu raporda vurgulanan bir başka noktadır.

ABD Federal Tarım Departmanı hem üretim için entegre teknolojilere teşvikler vermekte hem de çiftçilere tarımsal teknoloji kullanabilmeleri için çeşitli destek imkanları sunmaktadır. İsrail, tarım teknolojilerinden özellikle sulama sistemleri, biyoteknoloji ve atık suyun yeniden kullanımına yönelik teknolojileri desteklemektedir. Öyle ki, tarım teknolojileri alanında yapılan araştırma geliştirme harcamaları, İsrail'in bütçesinin %17'sini oluşturmaktadır. İsrail tarım sektörünün dönüşümünde, tarım teknolojisi alanındaki yeni teknolojik girişim şirketlerinin

etkisi büyüktür. Japonya Tarım, Ormanlık ve Balıkçılık Bakanlığı'nın yayınladığı Gıda, Tarım ve Kırsal Alanlar Yıllık Raporu'na (2016) göre, girdi maliyetlerinin azaltılmasında en önemli etken olarak tarımsal teknolojiler görülmektedir. Teknolojik gelişmeler sayesinde, Japonya'nın tarım ihracatı %24 artarak 35 milyar dolarlık gelir sağlanmıştır.

AB'deki tarımsal işletmelerin %86'sı 20 hektarın altında bir alana sahip olup Avrupa kırsal ekonomisi ise büyük ölçüde küçük tarımsal işletmelere bağlıdır. Bununla birlikte mevcut durumda çiftçilerinin %25'inden daha azı akıllı tarım teknolojilerine erişim sağlayabilmektedir. 50 ha'dan küçük çiftliklerin büyük çoğunun hassas teknolojilere yeterince erişimi yoktur. 100 ha'dan büyük çiftliklerin büyük çoğunluğunun ise temel akıllı tarım teknolojilerinden en azından birine erişimi vardır*. 100 hektarın altındaki çiftlikler (AB'deki tarım işletmelerinin %97'si) için akıllı tarım teknolojilerinin alımını destekleyecek bir eylem planının olmaması halinde bu çiftliklerin ABD, Kanada ve Yeni Zelanda'daki çiftliklerle rekabet edebilmesinin zorlaşacağına vurgu yapılmıştır. Avrupa'da satılan yeni tarım ekipmanlarının %70 ile %80'inde akıllı tarım teknolojisi bileşeni yer almaktadır. Avrupa'da satılan yeni tarım ekipmanlarının %70 ile %80'inde akıllı tarım teknolojisi bileşeni yer almaktadır.

Tarım ve Makine Sanayi Etkileşimi Raporunda belirtildiği üzere ülkemiz Tarım Makineleri Sektöründe ulaşılan konum dış ticaret verileri üzerinden değerlendirildiğinde, daha ölçülebilir sonuçlara ulaşılmaktadır. Buna göre 2000'lerin başında 20-30 milyon USD seviyesinde ekipman, 30-40 milyon USD seviyesinde traktör ihracatı yapan ve dış ticaret açığı veren Türk Tarım Makineleri Endüstrisi, bugün 1 milyar USD seviyesini aşan ihracatı ile dış ticaret dengesini kurmaya hatta fazlasını vermeye başlamıştır. Bu değişim, ihracat sıralamasından da izlenebilir. 2001 yılında 31. sırada olan ve toplam ihracattan binde 3 pay alan Türkiye, 2019 yılını 16. sırada tamamlamış ve toplamdan aldığı payı binde 15'e yükseltmiştir.

Modern tarımın en önemli göstergesi olan traktör elektrikli olması ile yenilikçi bir yaklaşım kazanmıştır. Almanya'da sektörün öncü bir firması, gerçek çalışma koşullarında 5 saate kadar çalışabilen 50 kW güç çıkışlı bir bataryalı kompakt

bir elektrikli traktörü 2017 yılında deneme amaçlı olarak piyasaya sürmüştür. Elektrikli traktörler konusunda Çin’de, Hindistan’da, İsviçre’de ve Kanada’da çalışmalar mevcuttur. Ticarileşme kısmında Hindistan ve Çin başı çekmektedir.

Tarım ve Orman Bakanlığı tarafından 2019 yılında başlatılan çalışma kapsamında Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü (TAGEM) öncülüğünde bir prototip geliştirilmiştir. 75kW (105 BG) gücündeki tarla sınıfı bu elektrikli traktör, 4 teker tahrikli manevra ve dümenleme kabiliyetine sahiptir. 236 adet prizmatik LiPO4 bataryanın seri olarak bağlanmasıyla 53 kWh batarya kapasitesine ulaşıldığı, batarya şarj sisteminin kablolu şarj fişi (plug-in) bağlantısına uygun bir şekilde tasarlandığı ve şarj için trifaze prize ihtiyaç duymaktadır.

Saha denemeleri Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsünde yapılan elektrikli traktörün, muadili dizel traktörle karşılaştırmalı denemelerinde 4 soklu pulluk ile 30 cm iş derinliğinde çalışma koşulları için 500 saatlik kullanımda elektrikli traktör için yıllık enerji maliyeti 11.992,25 TL ve dizel yakıtlı traktörde yıllık yakıt maliyeti 96.525 TL olarak hesaplanmaktadır. Bu rakamlar sonucunda elektrikli traktör ile dizel traktör arasında yakıt masrafı olarak 8 katlık farkı ortaya koymaktadır.

Denemeler ve hesaplamalar tarımsal mekanizasyonda en çok güç gerektiren toprak işleme işi üzerinden yapılmıştır. Ekim, bakım ve gübreleme işleri dikkate alındığında tüketimler

doğru orantılı şekilde düşecektir. Elektrikli traktör yaklaşık 1,7 kat daha fazla güç oluşturmuş 8 kat daha az yakıt tüketmiştir.

Diğer bir prototip ise 65 BG gücünde elektrikli bahçe traktörüdür. Proje kapsamında özgün şasi tasarlanmış olup dış tasarım ile ilgili tasarımcı ile çalışılmaktadır. 65 BG gücünde elektrikli traktör prototipi atölye aşamasında olup tamamlanmak üzeredir. İşletme maliyetlerinin elektrikli traktör ile birlikte 20’de 1 seviyelerine düşmesi beklenmektedir. (Kaynak: Projeler, TAGEM; Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü ve TREV firması işbirliği ile yürütülmüştür.)

Makinaların giderek daha kapasiteli ve deyim yerindeyse “akıllı” hale geldiği bir dönemde, FAO- TAGEM İşbirliği ile TCP-Ulusal E-Tarım Stratejisinin Geliştirilmesinin Desteklenmesi Projesi başlatılmıştır. Projenin amacı Türkiye tarımında dijitalleşmenin mevcut durumunun tespit edilmesi, iyi uygulama örneklerinin ortaya konulması ve Ulusal E-Tarım Stratejisinin geliştirilmesidir. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü koordinasyonunda çalışmalara başlanmıştır. Proje Bakanlığımızın tüm uygulayıcı ana hizmet birimlerinden hem teknik düzeyde hem de yönetici düzeyde temsili ile yürütülmektedir. (Kaynak: Projede Ziraat Odaları Merkez Birliği, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Haberleşme Genel Müdürlüğü, Ankara Üniversitesi projenin ana paydaşlarıdır.)

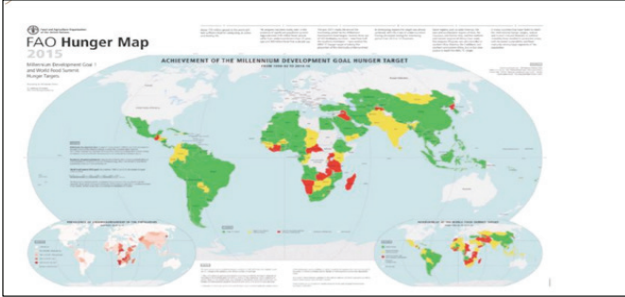


Şekil 9. 105 BG gücünde Yerli Elektrikli Traktör Prototipi (TAGEM)

Tarım 4.0 Gelecek Beklentileri

FAO tarafından hazırlanan "How to Feed the World in 2050" adlı çalışmada, 2017 yılı itibarıyla yaklaşık 7 milyar nüfusa sahip dünyada nüfusun 2050'de yüzde 34 artışla 9,1 milyara ulaşacağı ve dünya nüfusunun beslenmesi sorunu tüm ülkelerin ve uluslararası kuruluşların öncelikli politika alanlarından birisi olacağı belirtilmektedir. FAO bu artışların sağlanması için verim ve ürün alma yoğunluğu artışının yanında ülkelerin tarımsal Ar-Ge alanına yatırımlarını yönlendirmesini ve bu alana politika önceliği vermesini tavsiye etmektedir. Türkiye tarafından FAO çalışmasında belirtilen hususların dikkate alınması ve özellikle tarımsal Ar-Ge ile bahse konu üretim artışlarının sağlanması için gerekli çalışmaların sürdürülmesi önem arz etmektedir.

FAO genel olarak 2050'de dünya nüfusunun 9 milyar olacağından ve 2050'de gıda ihtiyacında %60 artış daha yüksek olacağından hareketle küresel tarım ve gıda arzının artması gerektiğini ifade etmektedir. FAO yaptığı çalışmaları dünya açlık haritası olarak yayınlamaktadır. Şekil 15'te FAO tarafından hazırlanan 2018 yılı dünya açlık haritası görülmektedir.



Şekil 10. FAO 2015 Dünya Açlık Haritası (Kaynak: FAO)

Haritada kırmızı olan yerler şiddetli ve kronik açlığın yaşandığı sarı olan yerler ise açlık ve yetersiz beslenmenin görüldüğü, yeşil alanlar ise bugün için bir açlık sorunu olmayan, gri boyalı ülkeler ise veri alınamayan veya açlıkla ilgili sorunu olmayan ülkeleri tarif etmektedir. FAO bir ülkedeki açlık durumunu ise 5 seviyede ölçmektedir. İnsanlık geçmişte de, bugünde gıda yetersizliğinden yani açlık veya kıtlıktan dolayı çok kayıp vermiştir, vermeye de devam etmektedir. Biyoloji-teknoloji birlikteliğinin geliştireceği Drone ile ilaçlama, izleme, biyoteknoloji uygulamaları, moleküler ıslah ve kapalı alanlarda yapılacak bilimsel çalışmalar

Hayvancılık sektöründe teknoloji kullanımının artması nedeniyle akıllı tarımın önümüzdeki dönemde sektörde ileri teknoloji mekanizasyonunun kullanılması açısından önemini koruması beklenmektedir. Ayrıca nesnelerin interneti (internet of things) ile bağlantılı sürü yönetimi sistemi, sağlık, besleme ve verimlilik takibi sistemleri gibi birçok sistemin geliştirilerek gelecekte sektörün kullanımına sunulması beklenmektedir.

SONUÇLAR

Türkiye dünyanın en büyük 10 tarımsal ekonomisi arasında yer almakta ve Avrupa'nın en büyük tarımsal üreticisi konumundadır. Öte yandan sahip olduğu tarımsal alan varlığı, görece genç nüfusu, orta doğu, Avrupa, Orta Asya gibi pazarlara yakınlığı düşünüldüğünde önemli bir potansiyele sahiptir. Bilgi ve iletişim teknolojilerini değer zincirinin tüm aşamaları için tarıma entegre ederek sahip olunan bu tarımsal potansiyelden maksimum derecede yararlanabilmektir. Potansiyeli maksimize etmek için tarım sektöründe dijitalleşmeyi yaygınlaştırmak ve desteklemek son derece önemlidir.

Küçük çiftçilerin desteklenmesi ve arazi, teknoloji ve piyasalara eşit erişimlerini destekleyen sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi ile beraber tarımda verimliliği artırmak için altyapı ve teknolojiye yatırım yapılması gerekmektedir. Böylece rekabetçi bir üretim ile gıda güvenliği sağlanabilir.

Çeşitliliğin arttığı, rekabetin kızıştığı ve sınırların ortadan kalktığı piyasa koşullarında, sürdürülebilir üretimin temel dayanak noktası Ar-Ge ve inovasyon olarak ortaya çıkmaktadır.

Özellikle Tarım makineleri endüstrisinde yeterli ölçüde Ar-Ge yapıldığından söz edilmesi mümkün değildir. Çalışmalar daha çok ürün geliştirme olarak tanımlanır. Bakanlığımız sektördeki Ar-Ge açığını ortadan kaldırmak için Tarımsal Mekanizasyon Alt Yapı Geliştirme projesi ile Tarım ve Orman Bakanlığı TAGEM Araştırma Enstitülerinde tarımsal mekanizasyon ve bilişim teknolojileri düzeyinde dünyanın ileri teknolojilerini yakalamak, seviyeyi yükseltmek, edinilen teknolojik bilgiyle yeniden üretebilme ve tasarımıyla yeteneğini kazanmak, tarım makinaları konusunda uzmanlaşmak için faaliyetlerini sürdürmektedir.

KAYNAKLAR

Ağır H. ve Utlu S., 2011. "AR-GE Harcamaları ile Ekonomik Büyüme Arasındaki Nedensellik İlişkileri: OECD Ülkeleri Örneği". Uluslararası 9. Bilgi Ekonomi ve Yönetim Kongresi Bildirileri, 2011, 269-280.

Birişik, N., 2019. Küresel ve Ulusal Ölçekte Tarım ve Gıda Politikaları "Gerçekler, Sorunlar ve Çözüm Önerileri" Memur-Sen Konfederasyonu Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası Yayınları, ISBN 978-605-85250-2-3. 303 s.

FAO www.fao.org

<https://www.ietfforall.com/smart-farming-future-of-agriculture>

Anonim 2020 <https://www.oaibftp.com/arge3/tar-mak-etk-rap.pdf>

<https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/S%C3%BCT%20Sekt%C3%B6r%20Politika%20Belgesi%202018-2022.pdf> Aksoy, A. R., Hayvan Islahı Ders Notları, Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Kars 2003.

<https://www.tr.undp.org/content/turkey/tr/home/sustainable-development-goals/goal-2-zero-hunger.html>

https://www.taider.org.tr/images/belgeler/kuresel_rekabet_gucunun_anahtari_arge_ve_inovasyon.pdf.

TOPRAK SU DERGİSİ YAYIN KURALLARI

Yayınlanmak için gönderilen eser, yayın ilkeleri doğrultusunda Dergi Editörler Kurulu tarafından ön incelemeye tabii tutulur. Dergi Editörler Kurulu, dergide yayınlanabilecek nitelikte bulmadığı makaleleri hakemlere göndermeden iade kararı verme hakkına sahiptir. Hakem değerlendirmesinden geçen makalelere ait düzeltmeler, düzeltmeler listesiyle birlikte sisteme yüklenerek dergi yayın kuruluna gönderilmelidir. Dergi Editörler Kurulu, hakem raporları ve/veya düzeltmelerde istenilenlere uyulup uyulmamasını dikkate alarak makalenin yayınlanıp yayınlanmamasına karar verir.

Derginin Kapsamı

Dergide Türkçe veya İngilizce olarak tarım bilimleri alanındaki özgün araştırma ve makaleler yayınlanır.

Etik

TR-Dizin 2020'de yapılan değişiklik nedeniyle, etik kurul izni gerektiren çalışmalarda süreci 2020 yılında başlayan yayınlar için etik kurul izni zorunlu olacaktır. Alınan etik kurul iznine ilişkin bilgiler çalışmanın yöntem kısmında yer almalıdır.

Yazarların Etik Sorumlulukları

Yazarlar sunmuş oldukları makalede yayın hakları saklı veri/materyal kullandıkları takdirde yayın hakkı sahibinden izin almakla sorumludurlar. Bu durumun dışındaki tüm veri/materyal yazar(lar)ın ürettikleri orijinal veri/materyal olarak kabul edilir. Makaleleri yüksek lisans ve doktora tezinden yapılmış ise dip not olarak belirtilmelidir. Basılacak makalelerin sözlü sunum ve poster bildiri dışında daha önce hiçbir yerde yayınlanmamış olması ve yayın haklarının verilmemiş olması gerekir. Dergide yayınlanacak yazıların her türlü sorumluluğu yazar(lar)'ına aittir.

Editörlerin Etik Sorumlulukları

Toprak Su Dergisi'nde editör ve alan editörleri, Committee on Publication Ethics (COPE) tarafından yayınlanan "COPE Code of Conduct and Best Practice Guidelines for Journal Editors" ve "COPE Best Practice Guidelines for Journal Editors" rehberleri temelinde aşağıdaki uluslararası standartları dikkate alınmalıdır.

Hakemlerin Etik Sorumlulukları

Toprak Su Dergisi'ne yayınlanmak üzere gönderilen tüm çalışmalar, nesnel ve bağımsız değerlendirilme sağlanması için çift taraflı kör hakemlik ilkesiyle yürütülür. Hakemler yazarlar ile doğrudan iletişime geçemez. Değerlendirme nesnel bir şekilde sadece çalışmanın içeriği ile ilgili olarak yapılmalıdır.

Telif Hakkı Devri

Makalede isimleri yer alan tüm yazarlar adına makaleden sorumlu yazar, yayın haklarını Toprak Su Dergisine verdiklerine dair "Telif Hakkı Devir Sözleşmesi" ni imzalamalıdır.

Makalenin Sunulması

Tüm makale sunumları <https://dergipark.org.tr/tr/pub/topraksu> adresinden elektronik ortamda yapılmalıdır.

Makale Hazırlama

Makaleler, A4 boyutundaki kağıdın tek yüzüne 12 punto Times New Roman yazı stilinde ve çift satır aralıklı yazılmalıdır. Paragraflar 0.5 cm içeriden başlamalıdır. Sayfanın tüm kenarlarında 3'er cm boşluk bırakılmalıdır. Makalenin her sayfası ve satırları numaralandırılmalıdır. Yazar ad(lar)ı açık olarak yazılmalı ve herhangi bir akademik unvan belirtilmemelidir. Makale Türkçe ise, Türk Dil Kurumu'nun son yazım kılavuzu dikkate alınarak yazılmalıdır. Makalede hem Türkçe hem de İngilizce özet verilmelidir.

Makale; Türkçe başlık, Yazar(lar), Yazar adres(leri), Öz, Anahtar kelimeler, İngilizce başlık, Abstract, Keywords, Giriş, Materyal ve Yöntem, Bulgular ve Tartışma, Sonuç, Teşekkür (varsa), Kısaltmalar (varsa), Kaynaklar, Şekil ve Çizelge bölümlerinden oluşmalıdır. Makale, "Kaynaklar" bölümü dahil 18 sayfayı geçmemelidir.

Başlık: Kısa, makalenin içeriğini tam olarak yansıtacak şekilde olmalı ve 15 kelimeyi aşmamalıdır. Kelimelerin ilk harfi büyük, koyu (bold) ve 14 punto ile yazılmalıdır. İngilizce başlık Türkçe başlığı tam olarak karşılamalı ve koyu (bold) olarak 13 punto ile yazılmalıdır. Yazışmalarda sorumlu yazarın kim olduğu ve elektronik ileti adresi yazar adreslerinin altında dipnot olarak belirtilmelidir.

Kısa Başlık: Makalenin iç sayfalarında üst bilgi şeklinde verilecek olan akıcı (kısa) bir başlık (running head) da oluşturulmalıdır. Kısa başlık makale başlığını içerecek ve 8 kelimeyi geçmeyecek şekilde olmalıdır.

Öz ve Anahtar Sözcükler: Türkçe ve İngilizce özetlerin her biri 250 kelimeyi geçmemelidir. Özet kısmı çalışmanın amacını, nasıl yapıldığını, sonuçları ve sonuçlar üzerine yazar(lar)ın yaptığı değerlendirmeleri içermelidir.

Anahtar Kelimeler: Özetlerin altında 1 satır boşluktan sonra, küçük harflerle, mümkünse başlıkta kullanılmayan, çalışmayı en iyi biçimde tanımlayacak en fazla 5 anahtar sözcük alfabetik sıra ile yazılmalıdır.

Giriş: Bu bölümde; çalışma konusu, gerekçesi, konu ile ilgili doğrudan daha önceden yapılmış çalışmalar ve çalışmanın amacı verilmelidir.

Materyal ve Yöntem: Çalışmada kullanılan materyal, araştırmanın uygulanması ve istatistiksel yöntemler hakkında kısa ve öz bilgi verilmelidir. Bu bölüm, aynı konuda çalışanlara araştırmayı tekrarlama olanağı verecek nitelikte açık olmalıdır.

Bulgular ve Tartışma: Bu bölümde elde edilen bulgular verilmeli, gerekirse çizelge, şekil ve grafiklerle de desteklenerek açıklanmalıdır. Bulgular tartışılmalı, ancak gereksiz tekrarlardan kaçınılmalıdır. Bulguların başka araştırmalarla benzerlik ve farklılıkları verilmeli, nedenleri tartışılmalıdır.

Sonuçlar: Elde edilen sonuçlar, bilime ve uygulamaya katkısıyla birlikte verilmelidir. Giriş ile Bulgular ve Tartışma bölümünde verilen ifadeler, bu kısımda aynı şekilde tekrar edilmemelidir.

Teşekkür: Gerekli ise mümkün olduğunca kısa ve yapılan katkı da ifade edilerek verilmelidir.

Kısaltmalar ve Semboller: Makalede kısaltmalardan mümkün olduğunca kaçınılmalıdır. Kısaltma ve semboller metin içinde ilk kez kullanıldığında açıklanmalıdır. Uluslararası geçerliliği olan ve yerleşik kısaltmalar tercih edilmelidir. Kısaltmalar makalenin başlığında kullanılmamalıdır.

Kaynaklar: Eserde yararlanılan kaynaklara ilişkin atıf metin içinde "(Yazarın soyadı, yıl)" yöntemine göre yapılmalıdır, örnek: (Özcan, 2011), (Erşahin ve Brohi, 2006). Yazara atıf yapılırsa sadece yayının yılı parantez içine alınmalıdır, örnek: Özcan (2003)'e göre ya da Erşahin ve Brohi (2006). Üç ya da daha fazla yazar için makale içindeki atfında "vd" kullanılmalıdır, örnek: (Dengiz vd., 2010) veya Lawrence vd. (2001). Aynı yazarın aynı yıl içinde birden fazla yayını varsa, yıldan sonra küçük harfler verilmelidir, örneğin, (Gürbüz vd., 2003a).

Kaynaklar bölümünde metin içinde atfı yapılan tüm kaynaklar alfabetik olarak (yazarların soyadlarına göre) ve orijinal dilinde verilir. Dergi isimleri kısaltma yapılmadan tam adı yazılmalıdır. Sadece özeti/abstract basılmış kongre kitaplarına atıf yapılamaz. Makaledeki yanlış atıf ve kaynak gösterimlerine ait sorumluluk yazar(lar)a aittir.

Dergi:

Dengiz O (2010). Morphology, physico-chemical properties and classification of soils on terraces of the Tigris River in the South-East Anatolia Region of Turkey. Journal of Agricultural Sciences, 16 (3): 205-212.

Bayramin I, Basaran M, Erpul G, Canga M R (2008). Assessing the effects of land use changes on soil sensitivity to erosion in a highland ecosystem of semi-arid Turkey. Environmental Monitoring and Assessment, 140:249-265.

Öztaş T (1997). Topraklarda difüzyon ve dispersiyon arasındaki ilişki. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(2): 331-340.

Kitap:

Craig R F (1996). Soil Mechanics. Chapman Hall, Great Britain, p. 427.

Webster R, Oliver M A (2001). Geostatistics for environmental scientists. Wiley, England, p. 271.

Kitabın bir bölümü:

Rizvi S S H (1986). Thermodynamic properties of foods in dehydration. In: M A Rao and S S H Rizvi (Eds.), Engineering properties of foods, Marcel Dekker, New York, pp. 190-193.

Doorenbos J, Pruitt W O (1992). Guidelines for predicting crop water requirement (3rd ed.) FAO irrigation and drainage paper, Rome. pp. 24–193.

Yazarı belirtilmeyen kurum yayınları:

TÜİK (2005). Tarımsal Yapı. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enst. Yayın No: 1579, Ankara.

ASAE (2002). Standards S352.2, 2002. Moisture measurement - unground grain and seeds. ASAE, St. Joseph, MI.

İnternette alınan bilgi:

Kurumsal bazda istatistiki veri, standartlar ve elektronik dergiler internette alınan bilgilerdir.

FAO (2005). Statistical database. Available: <http://www.fao.org>. (Erişim tarihi)

Tezler

Koyuncu T (1992). Tarım arabalarında kullanılan çarpma etkili frenlerin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü (Basılmamış), Ankara.

Berbert P A (1995). On-line density-independent moisture content measurement of hard winter wheat using the capacitance method. PhD Thesis, Cranfield University (Unpublished), UK.

Tam metin kongre/sempozyum kitabı:

Kütük C, Caycı G (2000). Effect of beer factory sludge on yield components of wheat and some soil properties. In: Munsuz, N. (Ed.), Proceedings of International Symposium on Desertification, pp. 313–318, 13–17 June, Konya, Turkey.

Kara Z, Beyoğlu N (1995). Konya ili Beyşehir yöresinde yetiştirilen üzüm çeşitlerinin göz verimliliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. Türkiye II. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi. Bildiriler (II): 524-528. 3-6 Ekim, Adana.

Şekiller ve Çizelgeler: Şekil, grafik, fotoğraf ve benzerleri "Şekil", sayısal değerler ise "Çizelge" olarak belirtilmelidir. Tüm şekil ve çizelgeler makalenin sonuna yerleştirilmelidir. Şekil ve çizelgelerin boyu tek sayfa düzeninde en fazla 16x20 cm ve çift sütun düzeninde ise genişliği en fazla 8 cm olmalıdır. Şekil ve çizelgelerin boyutu baskıda çıkabilecek özellikte olmalıdır. Araştırma sonuçlarını karşılaştırmalı olarak sunma özelliğinde olmayan fotoğraf makalede yer almamalıdır. Araştırma sonuçlarını destekleyici nitelikteki resimler 600 dpi çözünürlüğünde "jpg, pdf ve tiff" formatında olmalıdır. Renkli resimler yerine gri tonlu resimler tercih edilmelidir. Çizelgelerde dikey çizgi kullanılmamalıdır. Her çizelge ve şekile metin içerisinde atıf yapılmalı ve metin içinde atıf yapıldıktan sonra verilmelidir. Tüm çizelge ve şekiller makale boyunca sırayla numaralandırılmalıdır (Çizelge 1. ve Şekil 1.). Çizelge ve şekil başlıkları ve açıklamaları kısa ve öz olmalıdır. Çizelge başlıkları çizelgenin üstünde, şekil başlıkları ise şeklin altında yer almalıdır. Çizelge ve şekillerin İngilizce başlıkları, Türkçe başlığın hemen altına İtalik olarak yazılmalıdır. Şekillerde yatay ve düşey kılavuz çizgiler ve rakamlar bulunmamalı ancak istatistiksel karşılaştırma için verilmesi durumunda küçük harfler verilebilmektedir. Çizelge ve şekillerde kısaltmalar kullanılmış ise hemen altına bu kısaltmalar açıklanmalıdır. Farklı parçalardan oluşan çizim araçları, şekiller veya resimler, gruplandırılmalıdır. Cins ve tür isimleri italik olarak yazılmalıdır.

Birimler: Tüm makalelerde SI (Systeme International d'Units) ölçüm birimleri kullanılmalıdır. Ondalık kesir olarak virgöl kullanılmalıdır (1.25 yerine 1,25 gibi). Birimlerde "/" kullanılmamalı ve birimler arasında bir boşluk verilmelidir (3 m/s yerine 3 m s⁻¹, 4 kg N ha⁻¹ gibi)

Formüller: Formüller numaralandırılmalı ve formül numarası formülün yanına sağa dayalı olarak parantez içinde gösterilmelidir. Formüller 12 punto olacak şekilde ana karakterler ve değişkenler italik, rakamlar ve matematiksel ifadeler düz olarak verilmelidir. Metin içerisinde atıf yapılacaksa "Eşitlik 1." şeklinde verilmelidir (...ilişkin model, Eşitlik 1. de verilmiştir).