



Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi

Evaluating the Effect of Different Irrigation Management on Hazelnut Orchard Soil Properties Using Principal Component Analysis

Ediphan EREN¹, Edip Erhan KÜÇÜK², Serkan İÇ³, Mustafa SAĞLAM⁴

¹Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· ediphan.eren@hotmail.com · ORCID > 0009-0004-7405-9424

²Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· eerhankck@gmail.com · ORCID > 0000-0002-1393-9231

³Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Samsun
· serkanic@gmail.com · ORCID > 0000-0001-8072-863X

⁴Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Samsun
· mustafa.saglam@omu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-7564-5079

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 03 Kasım/November 2023

Kabul Tarihi/Accepted: 29 Kasım/November 2023

Yıl/Year: 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 87-112

Atıf/Cite as: Eren, E., Küçük, E.E., İç, S., Sağlam, M. "Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 87-112.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Mustafa SAĞLAM

TEMEL BİLEŞENLER ANALİZİ KULLANILARAK FINDIK BAHÇESİ TOPRAK ÖZELLİKLERİNE FARKLI SULAMA YÖNETİMLERİNİN ETKİLERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

ÖZ

İklimle en duyarlı meyve türlerinden birisi olan ve yetişmesi için belirli iklim koşullarına gereksinim duyan fındık, genel olarak ortalama yıllık yağış miktarının 800-1000 mm arasında olduğu belirli bir kuzey enleminde yetiştirilmektedir. Fındık, ayrıca yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde yetiştirildiğinde veya yetiştirildiği bölgenin yağış rejiminde düzensizlikler meydana geldiğinde sulamaya gereksinim duyabilmektedir. Mevcut çalışma, Samsun ili Terme ilçesinde kurulmuş bir fındık bahçesinde toprak özellikleri üzerine dört farklı sulama suyu düzeyinin (Kontrol, % 70 sulama, % 100 sulama, %130 sulama) etkilerinin araştırılması amacıyla yürütülmüştür. Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarının (sulama suyu yönetimi ve toprak örnekleme derinliği) etkileri iki yönlü varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Ayrıca sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkileri, temel bileşenler analizi ile incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar, çalışma alanı toprak özellikleri üzerine en yüksek etkileri ortaya koyan uygulamanın %70 sulama suyu yönetimi olduğunu göstermiştir. Kontrol ve %130 sulama suyu uygulamaları ise en düşük istatistiksel etkileri ortaya koyan sulama yönetimleri olmuşlardır. Çalışmada elde edilen sonuçlar sonrasında %70 sulama suyu düzeyi uygulamasının, çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi toprak özelliklerinin gelişimi için en uygun sulama yönetimi olduğu önerilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Fındık Bahçesi, Yüzeyaltı Damla Sulama, Fiziksel ve Kimyasal Özellikler, İki Yönlü Varyans, Temel Bileşenler Analizi.



EVALUATING THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION MANAGEMENT ON HAZELNUT ORCHARD SOIL PROPERTIES USING PRINCIPAL COMPONENT ANALYSIS

ABSTRACT

Hazelnut, one of the most climate-sensitive fruit species and requires certain climatic conditions to grow, is generally grown in a certain northern latitude with an average annual rainfall of 800-1000 mm. The hazelnut may also need irrigation when being grown in semi-arid and arid climate regions or when there are irregular rainfall regimes in the region where it is grown. The current study was carried out to investigate the effects of four different irrigation water levels (control, 70%

irrigation, 100% irrigation, 130% irrigation) on soil properties in a hazelnut orchard created in the Terme district of Samsun province. The effects of the sources of variability in the study (irrigation water management and soil sampling depth) were evaluated by two-way ANOVA analysis. Also, the combined effects of irrigation water managements and soil sampling depths were investigated by principal component analysis. The results showed that the application with the highest impact on the soil properties of the study area was 70% irrigation water management. The control and 130% irrigation water practices were the irrigation managements that revealed the lowest statistical effects. After the results obtained from the study, it was suggested that applying 70% irrigation water level is the most suitable irrigation management for developing soil properties of the hazelnut orchard where the study was conducted.

Keywords: Hazelnut Orchard, Subsurface Drip Irrigation, Physical and Chemical Properties, Two-Way Anova, Principal Component Analysis.



1. GİRİŞ

Dünya'da 600 yıldan beri ticareti yapılan bir meyve olan fındık, aynı zamanda dünyanın iklime en duyarlı, yani yetiştirilebilmesi için belirli iklim koşullarına gereksinim duyan ve bu koşullar gerçekleşmediğinde verimli olmayan bitkilerinden birisidir. Belirli iklim koşullarında (nem, yağış, sıcaklık, vb.) verim veren ve kalite kazanan fındık, ülkemizde dahil olmak üzere dünyada genel olarak yıllık ortalama yağış miktarının 800-1000 mm arasında olduğu, yağışın yıl boyunca eşit dağıldığı (Cristofori ve ark., 2014) belirli bir kuzey enleminde yetiştirilmektedir.

Ülkemizin kuzeyinde yer alan Karadeniz sahil şeridi, sahip olduğu nemli ve ılıman iklim özellikleri itibarıyla, dünyada fındık yetiştiriciliğine en uygun ekolojik koşullara sahip coğrafyalardan biri konumundadır. Karadeniz sahil şeridi boyunca devam eden nemli ve ılıman iklim özellikleri, fındığın bölgede iyi bir gelişim göstermesini sağlamanın yanı sıra bol ürün vermesine de önemli katkı sunmaktadır. Buna karşın, fındık bitkisi yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde yetiştirildiğinde veya yetiştirildiği coğrafyanın yağış rejiminde düzensizlikler meydana geldiğinde sulamaya gereksinim duyabilmektedir. Dünyada ve ülkemizde yapılan çeşitli çalışmalar, ülkemizin de içerisinde yer aldığı Akdeniz iklim kuşağında iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan su kısıtlılığının, sürdürülebilir fındık üretimi için sınırlayıcı temel faktör haline geldiğini rapor etmektedir (Garreaud ve ark., 2017; Roco ve ark., 2016; Ustaoglu ve Karaca, 2014). Bu çalışmalara ait sonuçlar ve senaryolar, aynı zamanda fındık arazilerinde su verimliliğinin artırılması ve verim potansiyelinin yeterli düzeyde korunması için sulama stratejilerinin geliştirilmesi gerektiğini de ortaya koymaktadır (Feres ve Soriano, 2007; Medrano ve ark.,

2015; Ruiz-Sanchez ve ark., 2010; Ortega-Farias ve ark., 2012). Kulaçlılar ve ark. (2018), ülkemizin en yüksek yağış miktarlarına sahip bölgesi olmasına karşın, Karadeniz bölgesinin yağış rejiminde fındık bitkisinin en fazla suya ihtiyaç duyduğu bazı aylarda yetersizlikler olabildiğini ve bu durumlarda fındık veriminin ve kalitesinin artırılması için sulamanın gerekli olduğunu ifade etmektedirler. Tonkaz ve Bostan (2010)'da yine benzer şekilde bölgede özellikle son yıllarda yaz aylarında 30 °C'nin üzerindeki sıcaklıkların fazlaca gözlemlendiğini ve yüksek sıcaklıklarla birlikte Temmuz ve Ağustos aylarında ortaya çıkan yetersiz yağış rejimlerinin fındık üretimini olumsuz şekilde etkilediğini bildirmişlerdir.

Karadeniz bölgesinde genç fındık bahçeleri Samsun, Sakarya, Düzce, Zonguldak, Bartın, Kastamonu, Sinop, Kocaeli gibi illerde taban araziler olarak tanımlanan derin toprak yapısına sahip alanlarda kurulmasına karşın, ülkemizde fındığın geleneksel olarak yetiştirildiği yaşlı bahçeler, genellikle sulama imkanı bulunmayan yüksek eğime ve sığ toprak derinliğine sahip marjinal alan özelliğindedir. Bu durum ülkemizde fındık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yenilikçi toprak ve sulama yönetimlerinin uygulanmasını engellemekte, düşük karlılığa sahip fındık üretiminin oluşmasına ve aynı zamanda da ülkemizdeki fındık veriminin, dünyada fındık üretimi yapılan başkaca ülkelerden daha düşük olmasına neden olmaktadır. Ülkemizde düşük verimli fındık yetiştiriciliği sorunun üstesinden gelebilmek için özellikle genç fındık bahçelerinin tesis edildiği taban arazilerde yenilikçi toprak ve sulama yönetimleri uygulanarak fındık yetiştiriciliğinin yapılması önemli bir seçenektir. Yürütülecek bu yenilikçi ve teknolojik yönetimler, fındık verimi üzerine son yıllarda bölgede ortaya çıkan yüksek sıcaklıkların olumsuz etkilerinin yanı sıra düzensiz yağış rejimlerine bağlı ortaya çıkan su kıtlığının etkilerinin azaltılmasına üst düzeyde katkı verebilir. Özellikle sulama yönetimleri sırasında sulama suyunu toprak yüzeyinin altından doğrudan kök bölgesine uygulayan ve toprak yüzeyinden buharlaşmayı en aza indiren yüzey altı damla sulama (SDI) sistemlerinin kullanımı, buharlaşma yoluyla toprak yüzeyinden su kayıplarının engellenmesi için son derece etkili olabilir. Ayrıca fındık bahçelerinde yürütülecek sulama uygulamaları sırasında düzenlenmiş kısıtlı sulama yönetimleri gibi su tasarrufu sağlayan yönetimlerin tercih edilmesi durumunda da fındık bahçelerinde su kullanım etkinliğinin iyileştirilmesine önemli katkılar sağlanabilir.

Samsun ili Terme ilçesinde bir çiftçi bahçesinde yürütülen bu çalışmayla;

- a. yüzey altı damlama sulama ile uygulanan farklı sulama suyu miktarlarının (%70, %100 ve %130) fındık bahçesi topraklarının fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesi,
- b. farklı sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkileri sonrasında fındık bahçesi toprak özelliklerine ilişkin anlamlı bilgiler ortaya koyan temel bileşenlerin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanının Yeri ve İklim Özellikleri

Bu çalışma, Samsun ilinin doğusunda yer alan ve Ordu ili ile sınır ilçesi olan Terme ilçesinde yürütülmüştür. Terme ilçesi doğusunda Ordu ili, kuzeyinde Karadeniz, batısında Çarşamba ve güneyinde ise Salıpazarı ilçeleri ile çevrilidir.

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi, Terme ilçesinin Yenicami mahallesinde $41^{\circ} 12'$ enlem ve $36^{\circ} 55'$ boylamları arasında yer alan bir çiftçi bahçesi olup deniz seviyesinden yüksekliği ise 13 m'dir. Dokuz yaşında Yomra fındık çeşidinin dikili olduğu fındık bahçesinde, bitkilerin sıra arası x sıra üzeri dikim mesafesi 6 x 2 m olup bahçenin toplam alanı ise 17.9 da'dır (Şekil 1).



Şekil 1. Çalışma alanının yer bildirimi

Figure 1. The location of the study area

Samsun iline ait uzun yıllar (1929-2021) ve fındık bahçesinin yer aldığı Terme ilçesine ait 9 yıllık (2014- 2022) sıcaklık ve yağış verilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 1'de sunulmuştur. Fındık bahçesinin yer aldığı Terme ilçesi ile Samsun ilinin yıllık ortalama sıcaklık değerleri birlikte değerlendirildiğinde ortalama sıcaklıkların sırasıyla 14.8 °C ve 14.6 °C ile birbirine oldukça yakın olduğu görülmektedir. Ancak yine çizelgeden görülebildiği üzere Terme ilçesi ile Samsun ilinin yağış rejimi bakımından önemli farklılıkları bulunmaktadır. Terme ilçesinin aylık ortalama ve yıllık toplam yağış miktarları sırasıyla 98.9 mm ve 1187.0 mm iken Samsun ilinin aylık ortalama ve yıllık toplam yağış miktarlarının ise yine sırasıyla 59.8 mm ve 717.9 mm olduğu görülmektedir. Terme ilçesinde en kurak ve yağışlı ayların sırasıyla Nisan (57.3 mm) ve Ocak (163.8 mm) olduğu, ilin en kurak ve yağışlı aylarının ise Temmuz (35.1) ve Kasım (83.8 mm) olduğu da görülmektedir. Yine Samsun ilin en kurak iki ayının Temmuz ve Ağustos ayları olmasına karşın Terme ilçesinin bu iki ayda Samsun ilinin ortalama değerlerine oranla yaklaşık üç katı daha fazla yağış aldığı ve Ağustos ayının da 135.8 mm aylık ortalama yağış ile Terme ilçesinde yılın en yağışlı ikinci ayı olduğu görülmektedir. Bununla birlikte Terme ilçesi ve Samsun ilinin yıl boyunca en düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık değerleri bakımından benzer özellikler taşıdığı görülmektedir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Samsun iline ve Terme ilçesine ait bazı iklim özellikleri

Table 1. Some climate characteristics of Samsun province and Terme district

Aylar	Samsun (1929-2021)		Terme (2014-2022)	
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Ocak	71.6	7.2	163.8	8.1
Şubat	58.8	7.2	75.2	7.9
Mart	66.8	8.1	101.8	8.6
Nisan	56.8	11.3	57.3	11.2
Mayıs	48.8	15.6	89.2	15.9
Haziran	45.8	20.2	84.7	20.9
Temmuz	35.1	23.2	77.7	23.2
Ağustos	37.5	23.6	135.8	24.0
Eylül	53.6	20.3	96.2	20.5
Ekim	78.4	16.5	102.2	16.2
Kasım	83.8	12.7	83.8	12.0
Aralık	80.9	9.4	119.4	8.9
Ortalama Sıcaklık	---	14.6	---	14.8
Ortalama Yağış	59.8	---	98.9	---
Toplam Yağış	717.9	---	1187.0	---

2.2. Çalışma Alanının Temel Toprak Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesine ait bazı temel toprak özelliklerine ait sonuçlar Çizelge 2'de verilmiştir. İki farklı toprak derinliğinden alınan toprak örneklerinden elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde fındık bahçesinin her iki örnekleme derinliğinde de killi tın tekstüre sahip olduğu görülmüştür. Çalışma alanı topraklarının toprak reaksiyonu, üst toprak derinliği (0-15 cm) ve alt toprak derinliği (15-30 cm) için sırasıyla hafif asidik ve nötr sınıfında olduğu belirlenirken, toprak tuzluluğu bakımından da her iki toprak derinliğinde tuzsuz sınıfta yer aldığı tespit edilmiştir. Yine organik madde kapsamı yönünden üst toprak derinliğinde orta, alt toprak derinliğinde az, toplam azot içerikleri bakımından ise her iki toprak derinliğinde fazla sınıfında yer aldıkları görülmüştür (Müftüoğlu ve ark., 2014).

Çizelge 2. Çalışma alanının temel toprak özellikleri

Table 2. Basic soil properties of the study area

Toprak Derinliği (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	pH	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	TN (%)
0-15	30.19	46.12	23.69	Killi tın	6.47	0.23	2.34	0.20
15-30	32.30	46.06	21.64	Killi tın	6.86	0.15	1.37	0.15

EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot.

2.3. Sulama sisteminin Kurulumu ve Sulama Suyu Yönetimleri

Çalışmada sulama yönetimleri, yüzey altı damla sulama sistemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Kullanılan sulama sistemi, pompa ve kontrol birimlerinin yanı sıra ana, yan ve lateral (damla sulama) boru hatlarından oluşmaktadır. Sistemde aynı zamanda her bir sulama yönetiminde, lateral boru sistemi ile bitki kök bölgesine taşınan su miktarının belirlendiği su saatleri de bulunmaktadır (Küçük ve ark., 2022). Sulama sisteminde lateral borular, her sırada 2 adet olacak şekilde fındık ağaçlarının her iki yanına toprak yüzeyinden 15 cm derine yerleştirilirken lateral boruların damlatıcı aralığı 50 cm ve damlatıcı debisi ise 2.3 L saat⁻¹'dir. Sulama sisteminin çalıştırılması için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ise bahçe içerisine kurulan güneş panellerinden sağlanmıştır.

Çalışmada dört farklı sulama yönetimi konusu yer almaktadır. Her biri farklı büyüklüğe sahip alanlarda yürütülen sulama yönetimleri sırasında sulama suyu uygulamaları aşağıdaki oran (%) ve miktarlarda (mm) uygulanmıştır;

- Kontrol sulama suyu yönetimi (13.4 da) : Yağmur suyu koşullarında sulama,
- %70 Sulama suyu yönetimi (1.0 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %70'nin sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 115 mm),

- c. %100 Sulama suyu yönetimi (1.6 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %100'ünün sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 164 mm),
- d. %130 Sulama suyu yönetimi (1.9 da): Yetiştirme sezonundaki bitki su tüketiminin %130'unun sulama ile verilmesi (Uygulanan toplam sulama suyu miktarı 217 mm).

Kontrol uygulaması, çiftçi şartlarını temsil etmekte olup hiçbir sulama yönetiminin yürütülmediği koşullara karşılık gelmektedir. Bu uygulamada bitki ve toprak koşulları için yalnızca yıl içerisinde gelen yağmur suyunun etkileri söz konusudur. Sulama suyu yönetimi konularında ise bitki evapotranspirasyon (ET_c) değerlerinin üç farklı düzeyine karşılık gelen miktarlarda (%70, %100 ve %130) sulama yapılmıştır. Sulamalar sırasında sulama konularına 1.5 mm sa^{-1} olacak şekilde sulama suyu verilmiştir. 2019 ve 2020 yıllarında yürütülen sulama yönetimlerinde sulamalar, Nisan ve Ekim ayları arasındaki periyotta haftada bir sulama uygulaması olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Her iki yılda da tüm sulama yönetimi konularında fındık meyvesinin gelişim sezonun dışında kalan Kasım ve Mart ayları arasındaki periyotta herhangi bir sulama yapılmamıştır.

Sulama yönetimlerinde uygulanacak sulama suyu miktarlarına ise FAO Penman-Monteith yöntemi kullanılarak karar verilmiştir (Allen vd., 1998). Bu süreçte ilk olarak Eşitlik (1) kullanılarak referans bitki evapotranspirasyon (ET_0) değerleri elde edilmiştir. Daha sonra ET_0 değerleri, fındık bitkisi için elde edilen bitki katsayısı (K_c) değerleri ile düzeltilerek bitki evapotranspirasyon (ET_c) değerleri hesaplanmıştır (Eşitlik 2). Son aşamada ise Penman-Monteith yöntemi ile günlük adımda hesaplanan ET_c değerleri, haftalık düzeyde birikimli hale getirilmiş ve haftalık adımda her bir sulama suyu yönetimi için uygulanacak haftalık sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

$$ET_0 = \frac{0.408A(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T_{ort} + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.3u_2)} \quad (1)$$

Burada;

ET_0 :Referans bitki evapotranspirasyonu (mm gün^{-1}),

Δ :Buhar basıncı eğrisinin eğimi ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$),

R_n :Bitki yüzeyindeki net radyasyon ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

G :Toprak ısı akış yoğunluğu ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

γ :Psikometrik sabite ($=0.665 \times 10^{-3} \times P$) ($\text{MJ m}^{-2} \text{gün}^{-1}$),

- u_2 :2 m yükseklikteki rüzgar hızı ($m s^{-1}$),
 e_s :Doygun buhar basıncı (kPa),
 e_a :Gerçek buhar basıncı (kPa),
 T_{ort} :2 m yükseklikteki ortalama günlük hava sıcaklığı ($^{\circ}C$).

$$ET_c = ET_0 \times K_c \quad (2)$$

Burada,

ET_c :Bitki evapotranspirasyonu ($mm gün^{-1}$),

K_c :Bitki gelişim periyotları ile ilgili bitki katsayıları.

Bu çalışmada fındık bitkisi için bitki katsayısı değerleri belirlenirken fındık bitkisinin tomurcuk oluşumu ve sürgün uzaması, fındık ve vejetatif aksam gelişimi, hasat dönemi, hasat sonrası dönem olmak üzere dört farklı gelişim periyodu dikkate alınmıştır.

Hesaplamalarda kullanılan günlük meteorolojik veriler, çalışma alanına en yakın mesafede kurulu olan Samsun 10. Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nün Çarşamba Kızılot Mahallesi'ndeki meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir.

Sulama yönetimi uygulanan tüm parsellerde sulama periyodu süresince toprak nem içeriğindeki değişimler ise parsellerde 0-20 cm ve 20-40 cm toprak derinliklerine yerleştirilen tansiyometreler (Irrometer RSU-V Tensiometer) ve nem sensörleri (SM150) ile bitki gelişim dönemi boyunca takip edilmiştir. Ayrıca saatlik zaman diliminde toprak nem içeriğindeki değişimler veri kaydedicilere (dataloggerlara) (rSense ve rLink Cellular) kaydedilmiştir.

2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Laboratuvar Analizleri

Çalışmada kullanılan toprak örneklemeleri, sulama yönetimlerinin tamamlanmasından sonra 2020 yılı Kasım ayının ikinci haftasında gerçekleştirilmiştir. Bozulmuş ve bozulmamış örnek alma esasına göre gerçekleştirilen örneklemeler sırasında her bir sulama yönetimi konusunda (Kontrol, %70, %100, %130), üç farklı toprak derinliğinden (0.0-7.5-, 7.5-15.0- ve 15.0-30.0 cm) dört tekerrürlü toprak örnekleri alınmıştır. Tekerrür toprak örneklemeleri sulama yönetimlerinin gerçekleştirildiği fındık bitki sıra üzeri ve sıra arası alanlarda (parsellerde) gerçekleştirilirken, dört tekerrürden ikisi fındık ocakları arasındaki sıra üzeri alanlardan, diğer ikisi ise ocakların sıra arası alanlarından alınmıştır. Toprak örnekleme çalışmalarında dört farklı sulama konusundan, üç farklı toprak derinliğinde

ve dört tekerrürlü olmak üzere 48'er adet bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği olmak üzere toplam 96 adet toprak örneği alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri toprak burgusu yardımıyla alınırken bozulmamış toprak örnekleri ise 5 cm çapında ve 5 cm yüksekliğinde paslanmaz çelik ringler yardımıyla örneklenmiştir. Bozulmamış toprak örneklemeleri sonrasında paslanmaz çelik ringler streç film ile sıkıca paketlenmiştir. Bu paketleme ile hem bozulmuş toprak örneklerinin laboratuvara taşınması sırasında toprak kayıplarının önlenmesi hem de bozulmamış toprak örneklerinde analizlere başlanıncaya kadar örneklerin nem düzeylerinin korunması amaçlanmıştır.

Laboratuvara getirilen bozulmamış toprak örnekleri, gerekli analizlere başlanıncaya kadar buzdolabında (+4 °C) muhafaza edilmişlerdir. Çalışma alanından polietilen plastik poşetler içerisinde laboratuvara getirilen bozulmuş toprak örnekleri ise ilk önce laboratuvar ortamında oda sıcaklığında kurutulmuş ve daha sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen bozulmuş toprak örneklerinde sırasıyla tekstür (Gee ve Bauder, 1986), pH (Hendershot ve ark., 1993), elektriksel iletkenlik (EC) (Rhoades, 1986), organik madde (OM) (Nelson ve Sommers, 1982), toplam azot (TN) (Bremner, 1965), tarla kapasitesi (TK) (Klute, 1986), daimi solma noktası (DSN) (Klute, 1986); bozulmamış toprak örneklerinde ise hacim ağırlığı (HA) (Blake ve Hartge, 1986) analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, bitkiye yararlı su içeriği (YSİ), tarla kapasitesi ve daimi solma noktası arasındaki farktan; karbon/azot oranı (C/N oranı), kütle olarak organik karbonun (OC) TN'a oranlanmasıyla bulunmuştur. Strüktür stabilite indeksi (SSI) ise toprak örneklerine ait kil, silt ve OC değerleri kullanılarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplama yoluyla bulunmuştur.

$$\text{Strüktür Stabilite İndeksi (SSI)} = \frac{1.724 \times \text{OC}}{(\text{Kil} + \text{Silt})} \times 100; 0 \leq \text{SSI} < \infty \quad (3)$$

Burada OC: toprak organik karbon içeriği (%)'dir.

2.5. İstatistiksel Analizler

Çalışmada yürütülen tüm istatistiksel değerlendirmeler sırasında fındık bahçesinden alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde gerçekleştirilen analizler sonrası elde edilen veri seti kullanılmıştır. İstatistiksel analizlerin başlangıç aşamasında veri seti önce tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmeye alınmıştır. Veri setinde normal dağılım koşullarını sağlamayan analiz gruplarında karekök ve logaritma dönüşümleri uygulanmıştır. Dönüşüm uygulamaları sonrasında da normal dağılım koşullarını sağlamayan veri gruplarında uç değer kontrolleri yapılmış ve uç değer olduğuna karar verilen sonuçlar veri setinden çıkartılmıştır.

Yapılan dönüşümler ve uç değer değerlendirmeleri sonrasında normal dağılım koşulları sağlanan veri setinde korelasyon analizi ve sulama uygulamalarının etkilerinin değerlendirilmesi amacıyla varyans analizleri yapılmıştır. Varyans analizi sonucunda ortalamalar arasındaki farkların istatistiki olarak önemli bulunduğu veri setlerinde çoklu karşılaştırmalar, Bonferroni testi kullanılarak yapılmıştır. İstatistiksel analizlerin son aşamasında ise 13 adet toprak özelliği üzerine sulama yönetimlerinin ve toprak örnekleme derinliklerinin sahip olduğu etkileri değerlendirmek amacıyla temel bileşenler analizi yapılmıştır. Temel bileşenler analizi, toprak özelliklerine ilişkin örnek noktalarının istatistiksel benzerliklerini değerlendirmek için öklid mesafesini kullanır. Bir başka ifadeyle, temel bileşenler analizi, birbiriyle ilişkili çok sayıda değişkeni kullanarak, daha az sayıda ve birbirleriyle ilişkisi olmayan boyutsuz (birimsiz) değişkenleri elde etmeyi amaçlar (Tatlıdil, 2002). Farklı sulama yönetimlerinin etkisi altındaki toprak özelliklerinden oluşan veri setinin temel bileşenler analizine uygunluğu, Barlett ve Kaiser–Meyer–Olkin (KMO) testleri ile kontrol edilmiştir. Temel bileşenler analizine uygunluğu görülen veri setinde faktörlerin belirlenmesi sırasında Varimax döndürme tekniğinden yararlanılmıştır. Temel bileşenler analizi sonucunda öz değerleri 1'e eşit veya 1'den büyük olan gruplar faktör olarak kabul edilirken, kritik faktör yükü 0.5 olarak alınmıştır.

Çalışmada gerçekleştirilen tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS ver. 21.0 istatistik paket programı kullanılarak yürütülmüştür.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışma alanı toprak özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler, farklı sulama suyu miktarı uygulamaları ve toprak derinlikleri dikkate alınmaksızın tüm alanı kapsayacak şekilde oluşturulan veri setinde değerlendirilmiştir (Çizelge 3). Fındık bahçesi topraklarının belirlenen ortalama kil (% 30.89), silt (% 46.10) ve kum (% 23.01) içerikleri kullanılarak tekstür sınıfının tespitine yönelik yapılan değerlendirmelerde fındık bahçesi topraklarının killi tın bünyeye sahip olduğu bulunmuştur. Çalışma alanında farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerinden alınan 48 adet toprak örneğinde tekstür bileşenlerinin dağılımları çarpıklık değerleri üzerinden incelendiğinde, toprakların kil, silt ve kum içeriklerinin normal dağılım sergilediği (Webster, 2001) ve tekstür bileşenlerinin tamamının fındık bahçesi içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğu (Wilding, 1985) tespit edilmiştir. Toprakların incelenen diğer fiziksel özelliklerine (HA, TK, DSN ve YSİ) ait değişkenliklerde yine çarpıklık ve değişkenlik katsayıları üzerinden değerlendirildiğinde, HA, DSN ve YSİ değerlerinin normal dağılıma sahip olduğu, buna karşın TK değerlerinin ise sağa çarpık bir dağılım sergiledikleri görülmüştür. Değişkenlik katsayıları ise bu dört fiziksel özelliğin tamamının çalışma alanı toprakları içerisindeki değişkenliklerinin düşük olduğunu ortaya koymuştur (Çizelge 3).

Çalışma alanında kimyasal özelliklerden pH, EC, OM ve TN'a ait değişkenlik katsayıları ise fiziksel özelliklerin aksine pH dışındaki diğer kimyasal toprak özelliklerinin çalışma alanında orta (TN) ve yüksek (EC ve OM) değişkenliklere sahip olduğunu göstermiştir. Yine çalışmada incelenen fiziksel ve kimyasal özellikler kullanılarak hesaplanmış değişkenler olan C/N oranı ve SSI özelliklerinin de değişkenlik katsayısı değerlerine göre fındık bahçesi içerisinde sırasıyla orta ve yüksek değişkenliğe sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu özelliklerin tamamına (pH, EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI) ait çarpıklık değerleri incelendiğinde ise normal dağılıma sahip pH, OM ve C/N oranı dışındaki tüm toprak özelliklerinin fındık bahçesi alanı içerisinde sağa çarpık bir dağılıma sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 3).

Çizelge 3. Çalışma alanında incelenen toprak özelliklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler

Table 3. Descriptive statistics regarding the investigated soil properties in the study area

Toprak Özellikleri	Birimi	Ortalama	En Düşük	En Yüksek	Standart Sapma	Değişkenlik Katsayısı (%)	Çarpıklık	Basıklık	n
Kil	%	30.89	24.66	35.73	2.66	8.61	-0.40	-0.41	48
Silt	%	46.10	41.81	50.73	2.15	4.66	0.22	-0.06	48
Kum	%	23.01	16.09	27.89	2.81	12.21	-0.49	-0.14	48
HA	g cm ⁻³	1.54	1.40	1.69	0.07	4.55	-0.48	-0.15	47
TK ^{††}	%	27.14	23.06	32.87	2.25	8.29	0.80 (0.50')	-0.12	48
DSN	%	15.86	12.64	18.52	1.43	9.02	0.09	-0.76	48
YSİ	%	11.28	8.11	15.37	1.42	12.01	0.52	0.79	48
pH		6.58	5.84	7.43	0.28	4.26	0.05	1.63	47
EC ^{††}	dS m ⁻¹	0.20	0.07	0.61	0.11	55.00	1.50 (0.19')	2.82	48
OM	%	2.02	0.86	3.81	0.74	36.63	0.46	-0.86	48
TN [†]	%	0.18	0.10	0.30	0.05	27.78	0.63 (0.36')	-0.58	48
C/N Oranı		6.25	3.78	8.16	1.11	17.76	-0.30	-0.56	48
SSI [†]	%	2.64	1.13	5.27	1.03	39.02	0.59 (0.27')	-0.60	48

HA: Hacim ağırlığı; DHİ: Doymuş hidrolik iletkenlik; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Yarayılsu su içeriği; EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N Oranı: Karbon/Azot Oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi; n: Örnek sayısı.

†: Karekök dönüşümü uygulanmış veri seti; ††: Logaritma dönüşümü uygulanmış veri seti.

*: Karekök veya logaritma dönüşümü sonrasındaki çarpıklık katsayıları.

Fındık bahçesinde incelenen toprak özellikleri arasındaki korelasyon ilişkileri Çizelge 4'de verilmiştir. Korelasyon analizi sonuçları, çalışma alanında en fazla anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.01$; $p < 0.05$) sahip toprak özelliğinin kum içeriği olduğunu ortaya koyarken, TK ve YSİ içeriklerinin ise en az anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.01$) sahip toprak özellikleri olduğunu göstermiştir. Bunun yanı

sıra en yüksek pozitif ve negatif anlamlı korelasyon ilişkilerinin sırasıyla SSI'nin OM (1.00; $p < 0.01$) ve kil içeriği (-0.70; $p < 0.01$) ile olan ilişkilerinde belirlenirken, TN ile silt içeriği ve C/N oranı arasındaki korelasyon ilişkilerinin en düşük pozitif korelasyon ilişkileri (0.32; $p < 0.05$), EC ile HA arasındaki ilişkinin de en düşük negatif korelasyon ilişkisi (-0.33; $p < 0.05$) oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4). Toprakta OM'nin veya OC'un depolanması esas olarak iklim, topografya, bitki örtüsü ve yönetim gibi faktörler tarafından kontrol edilmekte olup (Jenny, 1941), edafik faktörler ikinci derecede etkili olmaktadır (Zinn ve ark., 2007). Topraktaki yetersiz drenaj koşullarında oluşan anaerobik koşullar, OC'un toprakta ayrışma sürecini sınırlandırarak birikim miktarlarını artırırken (Tan ve ark., 2004), iyi drenaj ile yeterli havalanma ve aerobik koşulların hakim olduğu topraklarda ise OC'un toprakta depolanmasını kontrol eden en önemli edafik faktörün, toprak tekstürü olduğu ifade edilmektedir (Zinn ve ark., 2005). Nitekim toprakta OC konsantrasyonu ile kil veya kil+silt içerikleri arasındaki pozitif ilişkiler, birçok araştırmacı tarafından da rapor edilmektedir (Hook ve Burke, 2000; Kölbl ve Kögel-Knabner, 2004; Plante ve ark., 2006; Gulde ve ark., 2008; Adhikari ve Bhattacharyya, 2015; Wiesmeier ve ark., 2019; Jaksic ve ark., 2021; Thabit ve ark., 2023). Buna karşın mevcut çalışmanın bulgularına benzer şekilde, OC ile kil içeriği arasında negatif korelasyon ilişkisinin bulunduğunu rapor eden çalışmalarda bulunmaktadır (Silver ve ark., 2000; Vejre ve ark., 2003; Fukumasu ve ark., 2021). Zeraatpışe ve Khormali (2012), OC içeriği ile topraktaki illit ve klorit grubu kil mineralleri arasında anlamlı negatif ilişkiler bulduklarını bildirmişlerdir. Wiseman ve Püttmann (2006)'da yine benzer şekilde topraktaki illit kil minerali ile OC içeriği arasında negatif korelasyon ilişkisinin belirlendiğini ve bu durumun herhangi bir gerçek ilişkinin sonucu olmaktan ziyade muhtemelen illit miktarındaki artış ile aynı derinliklerde OC içeriğinde meydana gelen tesadüfi düşüşlerle ilişkili olabileceğini ifade etmişlerdir. Zinn ve ark. (2007)'da yine alt derinliklerde daha yüksek spesifik yüzey alanına sahip kil içeriğinin, daha ince kil parçacıklarının yıkanmasıyla veya topraktaki OC konsantrasyonundaki eş zamanlı azalmayla açıklanabileceğini ifade etmişlerdir. Ayrıca ikinci hipotezin, özellikle OC içeriği açısından zengin 0-5 cm toprak derinliğinde, kil fraksiyonlarına ait spesifik yüzey alanı ve OC içeriği arasındaki negatif korelasyonlarla desteklendiğini rapor etmişlerdir. Bu çalışmada fındık bahçesi topraklarının kil tiplerine ve kil tiplerinin spesifik yüzey alanlarına ilişkin herhangi bir sonuç rapor edilmemesine karşın artan toprak derinlikleriyle birlikte kil miktarının istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı ve toprakların OM içeriğinin de aynı şekilde azaldığı tespit edilmiştir.

Büyüköztürk (2002), faktör analizini, birbirleriyle ilişkili çok sayıda değişkeni bir araya getirerek daha az sayıda anlamlı değişkenler elde etmeyi amaçlayan çok değişkenli bir istatistiksel yöntem olarak tanımlamaktadır. Hair ve ark. (1998)'da temel bileşenler analizinde kullanılacak değişkenler arasında belirli düzeyde çoklu bağlantının olması gerektiğini ve dolayısıyla faktör analizinde değişkenler arasın-

daki korelasyon ilişkilerinin incelenmesinin önemini ifade etmektedir. İlave olarak, 0.30 ve üzeri korelasyon katsayılarına sahip değişkenlerin faktör analizine uygun olduklarını ancak 0.30'un altında korelasyon katsayılarına sahip değişkenlerin ise faktör analizinden çıkartılması gerektiğini de bildirmektedirler. Mevcut çalışmada incelenen toprak özelliklerinin tamamının 0.30'un üzerinde anlamlı korelasyon katsayılarına sahip oldukları görülmüştür (Çizelge 4). Korelasyon analizine ilişkin elde edilen bu sonuçlar, çalışma alanına ait veri setinin, verileri değerlendirmek için seçilen yöntemlerden biri olan temel bileşenler analizine uygun olduğunu ortaya koyarken, 0.30'un üzerinde anlamlı korelasyon ilişkilerine ($p < 0.05$ ve $p < 0.01$) sahip olmaları nedeniyle de veri setinde yer alan değişkenlerin tamamı temel bileşenler analizine dahil edilmiştir.

Çizelge 4. İncelenen toprak özelliklerine ilişkin korelasyon analizi sonuçları

Table 4. The results of correlation analysis regarding the investigated soil properties

	Kil	Silt	Kum	HA	TK	DSN	YSİ	pH	EC	OM	TN	C/N
Silt	-0.34*											
Kil	-0.69**	-0.45**										
HA	0.42**	-0.25	-0.20									
TK	0.28	0.39**	-0.57**	0.09								
DSN	0.40**	0.14	-0.48**	0.13	0.79**							
YSİ	0.05	0.47**	-0.41**	0.02	0.79**	0.25						
pH	0.46**	0.03	-0.46**	0.12	0.20	0.18	0.14					
EC	-0.49**	0.12	0.37**	-0.33*	0.04	-0.03	0.10	-0.41**				
OM	-0.67**	0.24	0.45**	-0.35*	0.07	0.07	0.04	-0.38**	0.57**			
TN	-0.67**	0.32*	0.39**	-0.39**	0.09	0.04	0.10	-0.38**	0.65**	0.91**		
C/N	-0.36*	0.01	0.33*	-0.05	0.00	0.08	-0.08	-0.24	0.15	0.67**	0.32*	
SSI	-0.70**	0.19	0.52**	-0.36**	0.01	0.01	0.00	-0.40**	0.59**	1.00**	0.91**	0.66**

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Yarıyıllık su içeriği; EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N: Karbon/Azot oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi. *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$.

Çalışma alanı topraklarının tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içerikleri) üzerine farklı sulama suyu uygulamalarının anlamlı istatistiksel etkilerinin bulunduğu tespit edilmiştir (Çizelge 5). Sulama suyu yönetimlerinden %70 sulama suyu uygulamasının, kil ve silt içeriği üzerinde en yüksek istatistiksel etkiye sahip sulama yönetimi olduğu belirlenmiştir. Kil içeriği üzerinde en düşük anlamlı etkiye sahip sulama suyu yönetimi olan %130 sulama suyu uygulaması ile karşılaştırıldı-

ğında, %70 sulama suyu uygulaması çalışma alanı topraklarında % 7.0 düzeyinde anlamlı bir değişkenlik ($p<0.05$) meydana getirmiştir. Bununla birlikte, silt içeriği üzerinde en düşük anlamlı etkiye sahip sulama suyu yönetimi kontrol uygulaması olurken, %70 sulama suyu uygulamasının kontrol uygulamasına göre çalışma alanı topraklarının silt içeriklerinde % 6.4 düzeyinde anlamlı bir farklılık ($p<0.01$) ortaya koyduğu tespit edilmiştir. Ayrıca kil içeriği üzerine %70 sulama suyu uygulaması dışındaki tüm sulama suyu yönetimlerinin etkilerinin, istatistiksel olarak benzer oldukları da görülmüştür. Silt içeriği üzerine ise kontrol ile %130 sulama suyu yönetimlerinin en düşük benzer istatistiksel etkiye sahip oldukları belirlenirken, %100 sulama suyu yönetiminin toprakların silt içeriği üzerinde anlamlı bir istatistiksel etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5). Toprakların kum içerikleri üzerine sulama suyu yönetimlerinin etkilerine bakıldığında ise kil ve silt içerikleri üzerine olan etkilerin tersine bir etkinin olduğu görülmektedir. Çalışma alanı topraklarının kum içeriği üzerine %70 sulama suyu yönetiminin en düşük istatistiksel etkiye sahip olduğu, bununla birlikte diğer sulama suyu yönetimlerinin tamamının ise benzer ve en yüksek anlamlı istatistiksel etkiye sahip oldukları görülmektedir (Çizelge 5).

Mevcut çalışmada toprakların tekstür bileşenleri ile ilgili elde edilen sonuçların, çalışma alanının alüvyal bir ova içerisinde yer alması nedeniyle doğal olarak ortaya çıkan bir sonuç olabileceği gibi sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle tekstür bileşenlerinden kil ve silt gibi ince toprak fraksiyonlarının yıkanma yoluyla daha alt derinliklere taşınmış olabileceği de değerlendirilmektedir. Kısıtlı sulama suyu uygulaması olan %70 sulama suyu yönetimi ile karşılaştırıldığında, %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinde topraklara sırasıyla %50 ve %100 farklara yakın oranlarda uygulanan daha fazla sulama suyunun miktarlarının, killi tın bünyeye sahip topraklarda kil ve silt gibi ince fraksiyonları daha alt derinliklere yıkanmış olabileceği düşünülmektedir. Nitekim, alt toprak derinliklerinde kil fraksiyonunun daha yüksek miktarlarda belirlenmiş olması da bu değerlendirmeyi destekler bir nitelik taşımaktadır (Çizelge 5). Farklı sulama suyu yönetimlerinin çalışma alanı topraklarının TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerinde de anlamlı istatistiksel etkilerinin ($p<0.01$) bulunduğu ve TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerinde en yüksek anlamlı etkilerin % 70 sulama suyu yönetimi tarafından ortaya konulduğu belirlenmiştir. Ayrıca diğer sulama suyu yönetimlerinin TK, DSN ve YSİ içerikleri üzerine en düşük ve benzer bir istatistiksel etkiye sahip oldukları da tespit edilmiştir (Çizelge 5). Farklı sulama suyu uygulamalarının etkisiyle TK, DSN ve YSİ içeriklerinde ortaya çıkan farklılıkların birinci derecede toprak tekstür bileşenlerinden kaynaklı olabileceği düşünülmektedir. Toprağın tekstürel özelliklerinin toprakta suyun tutulması üzerine olan etkileri yaygın olarak bilinmektedir. Dolayısıyla %70 sulama suyu yönetimine göre %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinde daha düşük miktarlarda belirlenen kil ve silt içeriklerinin, belirtilen sulama suyu yönetimlerinin uygulandığı topraklarda TK, DSN ve YSİ içeriklerinin de daha düşük olmasını sağlamış

olabileceği değerlendirilmektedir (Çizelge 5). Küçük ve ark. (2022), Samsun ili Tekkeköy ilçesinde yine bir fındık bahçesinde yine benzer sulama suyu yönetimlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle toprakların silt, kum, TK, DSN ve YSİ içeriklerinde anlamlı değişkenlikler belirlediklerini ancak karşın kil içeriğinin değişkenliğinde sulama suyu yönetimlerinin etkisinin bulunmadığını bildirmişlerdir.

Çizelge 5. Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerine bağlı olarak toprak fiziksel özelliklerindeki değişimler

Table 5. Changes in the soil physical properties depending on different irrigation managements and soil depths

Uygulamalar	Kil	Silt	Kum	HA	TK	SN	YSİ
	(%)	(%)	(%)	(g cm ⁻³)	(%)	(%)	(%)
<i>Sulama Yönetimleri (SY)</i>							
Kontrol	30.8(2.3) B	45.0(1.7) B	24.2(1.6) A	1.56(0.1)	25.9(0.8) B	15.3(1.2) B	10.6(1.2) B
% 70 Sulama	32.2(2.2) A	47.9(2.2) A	19.9(2.5) B	1.55(0.1)	30.3(1.4) A	17.4(0.9) A	12.9(1.1) A
% 100 Sulama	30.5(2.6) B	45.8(1.7) AB	23.7(2.4) A	1.53(0.1)	25.7(1.2) B	14.9(1.3) B	10.7(0.7) B
% 130 Sulama	30.1(3.3) B	45.7(2.0) B	24.2(2.1) A	1.51(0.1)	26.6(1.5) B	15.8(1.0) B	10.9(1.3) B
<i>Toprak Derinliği (D)</i>							
0.0-7.5 cm	28.6(2.7) b	46.5(2.1)	24.9(2.4) a	1.51(0.1) b	27.0(2.9)	15.7(1.6)	11.3(1.9)
7.5-15.0 cm	31.8(1.7) a	45.7(2.4)	22.5(2.7) b	1.57(0.1) a	27.0(1.6)	16.1(1.3)	10.9(1.2)
15.0-30.0 cm	32.3(1.8) a	46.1(2.0)	21.6(2.5) b	1.54(0.1) ab	27.4(2.2)	15.8(1.4)	11.7(1.1)
<i>İki Yönlü Varyans (Two-way ANOVA) Sonuçları</i>							
SY	<0.05	<0.01	<0.01	ns	<0.01	<0.01	<0.01
D	<0.01	ns	<0.01	<0.05	ns	ns	ns
SYxD	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns

HA: Hacim ağırlığı; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Bitkiye yararlı su içeriği. Aynı sütunda farklı büyük ve küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05; p<0.01).

Farklı toprak derinliklerinin çalışma alanında tekstür bileşenleri üzerine olan etkileri değerlendirildiğinde ise yalnızca kil ve kum içeriklerinin incelenen toprak derinliklerinin etkisiyle anlamlı olarak (p<0.01) değiştikleri bulunmuştur. Fındık bahçesi topraklarının kil içeriklerinin alt toprak derinliklerinde (7.5-15.0 cm ve 15.0-30.0 cm), yüzey toprak derinliği (0.0-7.5 cm) ile karşılaştırıldığında p<0.01 düzeyinde daha yüksek olduğu görülmüştür. Kil içeriğinin aksine fındık bahçesi topraklarının kum içeriklerinin ise yüzey toprak derinliğinde, alt toprak derin-

liklerine oranla $p < 0.01$ düzeyinde daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Çizelge 5). Toprakların HA değerleri üzerine toprak derinliklerinin etkileri değerlendirildiğinde, artan toprak derinliklerinin etkisiyle HA değerlerinin $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı olarak arttığı görülmüştür. En düşük ortalama HA değeri, yüzey toprak derinliğinde 1.51 g cm^{-3} olarak belirlenirken, en yüksek ortalama HA değeri ise 1.57 g cm^{-3} olarak 7.5-15 cm toprak derinliğinde ölçülmüştür. En düşük ve en yüksek HA değerlerinin ölçüldüğü iki toprak derinliği arasında HA değerlerinde meydana gelen %3.97'lik artış $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı bulunurken, buna karşın 15-30 cm toprak derinliğinin toprak HA değerleri üzerine anlamlı istatistiksel etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 5).

Bronick ve Lal (2005), toprak agregatlaşması ve OM gibi toprak özelliklerinin, arazi kullanım yönetimlerine hızla tepki veren dinamik toprak özellikleri olduklarını ancak özellikle toprak tekstürünün arazi yönetim uygulamalarından etkilenmesi için daha fazla zamana ihtiyacı olacağını ifade etmektedir. Boix-Fayos ve ark. (2001), kil ve silt fraksiyonları ile OM arasındaki etkileşimlerin, toprak agregatlaşmasının derecesini etkileyen özellikler olduğunu rapor etmektedir. Hondebrink ve ark. (2017) ise yaptıkları çalışmada toprakların kil veya silt miktarları ile OM veya toprak agregasyonu arasında anlamlı bir ilişki bulunmadığını ve bu durumun toprakların aynı tipte olmaları nedeniyle toprakların tekstürel özelliklerindeki değişkenliğin ihmal edilmesiyle ilişkili olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca HA ve OM arasında negatif ve önemli bir istatistiksel ilişki ($p < 0.05$) bulunduğunu da bildirmişlerdir. Bu negatif ilişkinin çalışmanın yürütüldüğü tüm meyve bahçeleri için toprak genetiği ve tekstürünün aynı olduğu dikkate alındığında, OM'nin mineral fazdan daha düşük yoğunluğa sahip olmasının yanı sıra toprağın biyolojik aktivitesini etkilemesi ve bunun sonucunda da toprakta makro gözenek gelişimini artırmasıyla ilişkili olduğunu ifade etmişlerdir. Farklı toprak tekstürleri ve yönetim koşullarında HA ile OM arasında negatif ilişki olduğunu bulan başkaca çalışmalarda bulunmaktadır (Jaksik ve ark., 2015; Laudicina ve ark., 2015). Mevcut çalışmada da toprak tekstür bileşenlerinden kil içeriği ile OM ve SSI arasında önemli negatif korelasyon ilişkileri ($p > 0.01$) bulunurken, HA ile OM ve SSI arasında da $p < 0.05$ düzeyinde önemli negatif korelasyon ilişkileri olduğu görülmüştür (Çizelge 4). Peng ve ark. (2013), farklı sulama yönetimlerinin kiraz bahçesi toprak koşulları ve sulama suyu etkinliği üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, yüzey altı damlama sulama yönetimi altındaki toprakların HA değerlerini, salma sulama yönetimi etkisi altındaki toprakların HA değerlerinden %6.8 daha düşük bulmuşlardır. Ayrıca artan toprak derinliklerine bağlı olarak her iki sulama yönetiminde HA değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeyde arttığını rapor etmişlerdir. Bu çalışmada da farklı sulama suyu yönetimlerinin fındık bahçesi topraklarının HA değerlerini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştirmediği ancak kontrol yönetimi ile karşılaştırıldığında farklı sulama yönetimlerinin (%70, %100 ve %130 sulama suyu) etkisiyle toprakların HA değerlerinin düşüş eğiliminde oldukları be-

lirlenmiştir. Peng ve ark. (2013) tarafından rapor edilen sonuçlara benzer şekilde bu çalışmada da hacim ağırlığı ile ilgili sonuçların artan toprak derinliklerinin etkisiyle anlamlı düzeyde arttığı görülmüştür (Çizelge 5). Han ve ark. (2018), farklı sulama yöntemlerinin (yağmurlama, yüzey damlama ve yüzey altı damlama) elma bahçesi toprakları üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, yüzey altı damlama yönteminin topraklarda aynı matrik potansiyelin korunması için yağmurlama ve yüzey damlama yöntemlerine oranla sırasıyla %37 ve %27 daha az su tükettiğini rapor etmişlerdir.

Farklı sulama suyu yönetimlerinin çalışma alanı topraklarının ortalama pH, TN ve C/N oranı değerleri üzerine $p < 0.01$ düzeyinde, ortalama EC değerleri üzerine de $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı istatistiksel etkilerinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 6). Çalışma alanında en yüksek ve en düşük ortalama pH değerleri, sırasıyla %70 ve %130 sulama suyu uygulamalarında tespit edilirken, EC ve TN değerlerinin en yüksek ve en düşük değerleri ise her iki toprak özelliği için benzer sulama yönetimlerinde elde edilmiştir. Bu toprak özelliklerine ait en yüksek ortalama değerler %130 sulama suyu yönetiminde elde edilirken, en düşük etkileri ortaya koyan sulama uygulaması kontrol uygulaması olmuştur. Ayrıca %70 sulama suyu yönetiminin, fındık bahçesi topraklarının TN içeriği üzerine %130 sulama suyu yönetimi ile birlikte en yüksek etkileri ortaya koyan bir diğer sulama yönetimi olduğu da görülmüştür. Çalışma alanında, farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle en düşük ve en yüksek ortalama C/N oranları ise sırasıyla %130 sulama suyu ve kontrol uygulamalarında belirlenmiştir. Bütün bunlarla birlikte fındık bahçesi topraklarının pH, EC, TN ve C/N oranı değerleri üzerine %100 sulama suyu yönetiminin anlamlı bir istatistiksel etkisinin bulunmadığı da bulunmuştur. Yine pH değerleri üzerine kontrol sulama suyu yönetiminin, EC ve C/N oranı üzerine de %70 sulama suyu yönetiminin istatistiksel bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir. Farklı sulama suyu yönetimlerinin ayrıca çalışma alanı topraklarının OM ve SSI değerleri üzerine herhangi bir anlamlı etkisinin bulunmadığı da bulunmuştur (Çizelge 6).

Çizelge 6. Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerine bağlı olarak toprak kimyasal özelliklerindeki değişimler

Table 6. Changes in the soil chemical properties depending on different irrigation managements and soil depths

Uygulamalar	pH		EC	OM	TN	C/N Oranı	SSI
			(dS m ⁻¹)	(%)	(%)		(%)
<i>Sulama Yönetimleri (SY)</i>							
Kontrol	6.67(0.2)	AB	0.14(0.1) B	1.96(0.7)	0.16(0.1) B	6.92(0.9) A	2.60(1.0)
% 70 Sulama	6.74(0.5)	A	0.20(0.1) AB	2.18(0.7)	0.20(0.0) A	6.42(1.2) AB	2.74(0.9)
% 100 Sulama	6.60(0.2)	AB	0.23(0.1) AB	1.98(0.9)	0.19(0.1) AB	6.02(0.9) AB	2.63(1.2)
% 130 Sulama	6.40(0.3)	B	0.25(0.2) A	1.95(0.8)	0.20(0.1) A	5.63(1.1) B	2.60(1.1)
<i>Toprak Derinliği (D)</i>							
0.0-7.5 cm	6.42(0.2) b		0.29(0.1) a	2.91(0.4) a	0.24(0.0) a	6.99(0.7) a	3.88(0.6) a
7.5-15.0 cm	6.53(0.2) b		0.17(0.1) b	1.78(0.3) b	0.16(0.0) b	6.25(0.9) ab	2.29(0.4) b
15.0-30.0 cm	6.86(0.3) a		0.15(0.1) b	1.37(0.3) c	0.14(0.0) b	5.51(1.2) b	1.75(0.4) c
<i>İki Yönlü Varyans (Two-way ANOVA) Sonuçları</i>							
SY	<0.01		<0.05	ns	<0.01	<0.01	ns
D	<0.01		<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
SYxD	ns		ns	ns	ns	ns	ns

EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; TN: Toplam azot; C/N Oranı: Karbon/Azot Oranı; SSI: Strüktür stabilite indeksi.

Aynı sütunda farklı büyük ve küçük harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir (p<0.05; p<0.01).

Farklı toprak derinliklerinin çalışma alanı topraklarının ortalama pH, EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI değerleri üzerine etkileri değerlendirildiğinde, toprak derinliklerinin belirtilen toprak özelliklerinin tamamı üzerinde p<0.01 düzeyinde anlamlı değişkenlikler ortaya koydukları tespit edilmiştir. Yüzey toprak derinliği (0.0-7.5 cm) ile karşılaştırıldığında, artan toprak derinliklerinin (7.5-15.0 cm ve 15.0-30.0 cm) etkisiyle çalışma alanında yalnızca ortalama pH değerlerinin anlamlı düzeyde arttığı, buna karşın diğer toprak özelliklerine ait değerlerin tamamının ise istatistiksel olarak azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 6). En yüksek ortalama pH değerlerinin belirlendiği toprak derinliği, 15.0-30.0 cm derinliği olurken, 0.0-7.5 cm ve 7.5-15.0 cm toprak derinliklerinin ortalama pH değerleri üzerine benzer istatistiksel etkilerinin olduğu da bulunmuştur. Ayrıca yüzey toprak derinliğinin (0.0-7.5 cm) EC, OM, TN, C/N oranı ve SSI değerleri üzerinde en yüksek istatistiksel etkiye sahip olduğu belirlenirken, 15.0-30.0 cm toprak derinliğinin de OM,

C/N oranı ve SSI üzerinde en düşük istatistiksel etkiye sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 6). Çalışma alanı topraklarının pH değerlerindeki azalmaların, fındık bahçesi topraklarına daha yüksek oranlarda uygulanan sulama suyu miktarlarının yıkama etkisinden kaynaklı olabileceği değerlendirilmektedir. %70 sulama suyu yönetimiyle karşılaştırıldığında, topraklara yaklaşık iki kat daha fazla miktarda sulama suyunun uygulandığı %130 sulama suyu yönetiminin topraklardaki bazik kanyonları daha alt toprak derinliklerine yıkamış olabileceği ve bununda toprak pH'sının asidik yönde değişimine yol açtığı değerlendirilmektedir. Toprak tuzluluğu üzerine sulama suyu yönetimlerinin etkileri değerlendirildiğinde ise %130 sulama suyu yönetimiyle çalışma alanı topraklarına uygulanan aşırı miktardaki sulama suyunun damlatıcı etrafındaki ıslanma cephesinin yarıçapını daha fazla genişlettiği değerlendirilmektedir. Genişleyen ıslanma cephesinin etkisiyle sulama suyunun toprak yüzeyine doğru yukarı yönlü hareketinin daha fazla arttığı ve toprak yüzeyine ulaşan sulama suyunun buharlaşması sonrasında da topraklarda tuzluluğunun artmış olabileceği tahmin edilmektedir. Ayrıca killi tın toprağa uygulanan aşırı miktardaki sulama suyunun oransal olarak alt toprak derinliklerine daha fazla miktarda dağılmış olabileceği ve bu durumda yeraltı suyu seviyesini yükselterek toprakta ikincil bir tuzlanmaya yol açmış olabileceği de değerlendirilmektedir. Çalışma alanı topraklarının TN içeriğinde meydana gelen değişimlerin ise öncelikli olarak sulama suyu yönetimlerinin TN içeriğine olan doğrudan etkilerinden daha ziyade sulama suyu yönetimlerinin OM içeriğinde meydana getirdiği değişimleri ile ilgili olduğu düşünülmektedir. Kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında farklı sulama suyu yönetimlerinin etkisiyle toprakların OM içeriğinde istatistiksel olarak anlamsız ancak oransal olarak meydana gelen artışların aynı zamanda toprakların TN içeriklerini de artırmış olabileceği değerlendirilmektedir.

Bedbais ve ark. (2014), Tunus'ta dört yıl süreyle kumlu tekstüre sahip bir zeytin bahçesinde yürütmüş oldukları çalışmada, farklı kalitede sulama suyu yönetimlerinin etkilerini araştırmışlar ve iyileştirilmiş atık suyla sulanan toprakların pH değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir düşüş, EC ve OM değerlerinde ise önemli bir artış bulmuşlardır. Alnaim ve ark. (2022)'de otomatik sulama sistemleri ve su rejimlerinin etkilerini araştırdıkları çalışmada, artan toprak derinliğiyle birlikte toprakların EC değerlerinin arttığını, pH değerlerinin ise azaldığını bildirmektedir. Bu çalışmada pH ve EC ile ilgili elde edilen sonuçların, Alnaim ve ark. (2022) tarafından bildirilen sonuçlardan farklılıklar gösterdiği ve mevcut çalışmada toprak derinliklerinin etkisiyle pH değerleri artarken EC değerlerinin azaldığı gözlemlenmiştir (Çizelge 6). Toprakların C/N oranı, toprağa ilave olan bitki kalıntılarının ve organik atıkların ayrışma süreçleri için iyi bir göstergedir. Gullickson (2019), toprak sürdürülebilirliğinde toplam organik karbon (TOC) ve TN içeriklerinin önemli bir rol oynadığını ve toprak sağlığının korunması için topraklarda C/N oranının düşük olması gerektiğini önermektedir. Tirado-Corbala ve ark. (2019), bir nar bahçesinde yüzey ve yüzey altı damla sulama yönetimlerinin etkilerini karşılaştırdıkları çalışmada, 0-75 cm toprak derinliğinde yüzey damla sulama

yönetimi altındaki toprakların daha yüksek TN ve TOC içeriklerine sahip olduğunu bulmuşlardır. Geleta ve ark. (1994) ise damla sulama yönetimi uygulandığında topraktan TN ve nitrat (NO_3^-) kayıplarının azaldığını ifade etmişlerdir. Blanco-Canqui ve ark. (2010), ekili arazilerde uzun süreli (> 5 yıl) yürütmüş oldukları çalışmada, kısıtlı sulama yönetiminin TOC içeriği ve suya dayanıklı agregat stabilitesi üzerine olan etkilerini araştırmışlar ve uygulanan sulama hacminin artması (66 mm yıl^{-1} 'den 217 mm yıl^{-1} 'a) sonrasında topraktaki makroagregat miktarının arttığını bildirmişlerdir. Garcia-Franco ve ark. (2021), 17 yaşındaki bir narenciye bahçesinde yoğun toprak işleme ile salma sulama yönetiminin etkilerini karşılaştırdıkları denemede, bitki atıklarının karıştırılması ve azaltılmış toprak işleme ile kombine edilen damla sulama yönetimi altındaki topraklarda toprak strüktürünün iyileştiğini ve TOC tutulumunun arttığını ortaya koymuşlardır. Jia ve ark. (2018), kısıtlı sulama ve gübreleme stratejilerini araştırdıkları iki yıllık çalışmada, kısıtlı sulama yönetimlerinin ilk yılın aksine ikinci yılda TOC ve TN içeriğinde anlamlı değişiklikler meydana getirdiğini bildirmişlerdir. Zarnoza ve ark. (2018)'da sulama suyu miktarındaki azalmaların TOC döngüsü üzerine pozitif etkilerinin olabileceğini bildirmektedir. Mevcut çalışmada sulama suyu yönetimlerinin OM (/TOC) içeriği üzerine anlamlı etkileri bulunamamış olmasına karşın sulama suyu miktarının azaltıldığı kısıtlı sulama suyu uygulaması olan %70 sulama suyu yönetimi altındaki toprakların OM içeriklerinin en yüksek olduğu görülmüştür (Çizelge 6). Hondebrink ve ark. (2017) C/N oranı >60 gibi yüksek değerlerin nispeten ayrışmayı yavaşlattığını ve OM'nin yavaş dönüşümüne yol açtığını, buna karşın 10-20 gibi düşük C/N oranlarının ise toprağa ilave olan organik atıkların ayrışmasını hızlandırdığını ifade etmişlerdir. Ge ve ark. (2015), sıcak iklimlerdeki elma bahçelerinde yaptıkları çalışma sonunda C/N oranının 6.1-9.5:1 arasında değiştiğini, Bangroo ve ark. (2018)'da Çin'de elma bahçelerinde yaptıkları çalışmada C/N oranını 10-19:1 arasında bulduklarını rapor etmişlerdir. Garcia-Gil ve ark. (2004) ise Akdeniz bölgesindeki tarımsal sistemlerde C/N oranlarının 5-16:1 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yukarıda sunulan sonuçların bu çalışmada elde edilen C/N oranları ile önemli benzerlikler gösterdiği görülmektedir (Çizelge 6).

Çalışma alanına yönelik yürütülen temel bileşenler analizinde, toprak özellikleri üzerine farklı sulama suyu yönetimleri ve toprak derinliklerinin birleştirilmiş etkilerini gösteren veri seti kullanılmış ve temel bileşenler analizi sonrasında elde edilen sonuçlar da Çizelge 7'de sunulmuştur. Temel bileşenler analizinde belirlenen temel bileşenler, yürütülen çalışmaya ait belirli bir varyansı açıklarken, öz değerler ise her bir temel bileşen tarafından açıklanan varyans miktarını göstermektedir (Mikha ve ark., 2024). Mevcut çalışmada öz değeri >1 olan dört farklı temel bileşen belirlenmiş ve bu temel bileşenler veri setine ait toplam varyansın %82.93'ünü açıklamışlardır (Çizelge 7). Ayrıca belirlenen dört temel bileşen sırasıyla ayrı ayrı olarak toplam varyansın %38.87 (TB1), %21.81 (TB2), %13.10 (TB3) ve %9.15 (TB4)'ini açıkladıkları tespit edilmiştir. Mikha ve ark. (2024) temel bileşenler analizi sırasında belirlenen öz değerlerin, yönetimlerden (değişkenlik kaynaklarından)

etkilenen değişkenliğin açıklanmasında her bir temel bileşenin önemini yansıttığını, öz vektörlerin ise temel bileşenin oluşturulmasında her bir orijinal değişkene (toprak özelliğine) atanan ağırlıkları veya katsayıları gösterdiğini ifade etmişlerdir.

Çizelge 7. Çalışma alanı toprak özelliklerine ilişkin temel bileşenler analizi sonuçları

Table 7. The results of principal component analysis regarding the soil properties of the study area

Temel Bileşenler	TB1	TB2	TB3	TB4
Öz Değer	4.28	2.40	1.44	1.01
Oransal Varyans (%)	38.87	21.81	13.10	9.15
Ekleme Varyans (%)	38.87	60.68	73.78	82.93
Öz Vektörler				
C/N Oranı	0.994			
SSI	0.816			
OM	0.805			
TK		0.949		
DSN		0.941		
Kum		-0.605		
Kil		0.474		
Silt			-0.887	
HA			0.698	
EC				-0.844
pH				0.807

TB: Temel bileşen, SSI: Strüktür stabilite indeksi; OM: Organik madde; TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; HA: Hacim ağırlığı; EC: Elektriksel iletkenlik.

Temel bileşenler analizinde değişkene atanan öz vektörler, aynı zamanda değişken ile temel bileşen arasındaki ilişkinin yönünü göstermektedir. Mevcut çalışmada yürütülen temel bileşenler analizi sonucunda toprak özelliklerinden C/N oranı, SSI ve OM, TB1'e değişken olarak seçilirken, bu değişkenlere atanan öz vektörlerde toprak özelliklerinin TB1'e pozitif yönde katkılarının olduğunu göstermiştir. Ayrıca değişken olarak atanan toprak özelliklerinin ortaya koyduğu bilgiler dikkate alındığında TB1'in fındık bahçesi topraklarına ait toprak strüktürü ve agregat oluşumuna yönelik değişkenlikleri açıkladığı değerlendirilmektedir. Toprakta OM düzeyi arttıkça toprak yoğunluğundaki düşüş, toprak OM'sinin toprağın strüktür stabilitesi üzerindeki olumlu etkisine atfedilmektedir (Aragon ve ark., 2000).

Çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesi topraklarına ait ikinci en yüksek değişkenliği açıklayan TB2'ye ise toprak özelliklerinden TK, DSN, kum içeriği ve

kil içeriği değişken olarak seçilirken, kum içeriğinin TB2'ye negatif yönde katkı verdiği buna karşın diğer toprak özelliklerinin pozitif yönde katkılarının olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen 2 (TB2)'ye değişken olarak atanan toprak özellikleri dikkate alındığında TB2'nin fındık bahçesi topraklarının su tutma kapasitesi ve bitkiye yararlı su içeriğine ait değişkenliği açıkladığı değerlendirilmektedir. Fındık bahçesi topraklarına ait en yüksek üçüncü değişkenlik açıklayan TB3'e ise silt içeriği ve HA gibi toprak özellikleri değişken olarak atanmışlardır. Silt içeriği TB3'e negatif yönde katkı verirken HA'nın katkısının pozitif yönde olduğu tespit edilmiştir. Temel bileşen 3 (TB3)'e değişken olarak atanan toprak özelliklerinin açıklamış olduğu bilgiler esas alınarak TB3'ün çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesinde toprak yoğunluğuna ilişkin değişkenlikleri açıkladığı değerlendirilmektedir. Toprak yoğunluğu, yönetim uygulamalarının yanı sıra toprağın mineral içeriği, tekstür ve OM gibi toprak özelliklerinin (Brady ve Weil, 2008) etkisiyle önemli ölçüde değişebilmektedir. Broch ve Klein (2017) toprakların silt içeriği, silt+kil içeriği ve OM içeriği arttıkça toprak yoğunluğunun önemli ölçüde azaldığını bildirmektedir. Mevcut çalışmada da toprak özelliklerine ait korelasyon ilişkileri incelendiğinde silt içeriği ve HA arasında anlamlı olmayan ancak negatif bir korelasyon ilişkisinin bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4). Çalışmada belirlenen TB4'e pH ve EC değişken olarak atanmışlar ve TB4'e pH'nın pozitif yönde EC'nin ise negatif yönde katkısının bulunduğu belirlenmiştir. Temel bileşen 4 (TB4)'e atanan toprak özelliklerinin açıklamış olduğu bilgiler dikkate alındığında TB4'ün fındık bahçesi topraklarının asitliğine yönelik değişkenliği açıkladığı değerlendirilmiştir.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, uzun süreli farklı sulama suyu yönetimlerinin toprak fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde önemli değişkenlikler meydana getirdiğini göstermiştir. İncelenen fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine en fazla sayıda en yüksek anlamlı etkiler ortaya koyan uygulama %70 sulama suyu yönetimi olurken, kontrol (çiftçi koşulları) ve %130 sulama suyu yönetimleri en fazla sayıda en düşük anlamlı etkilere sahip uygulamalar olmuşlardır. %70 sulama suyu yönetimi altındaki toprakların silt ve kil içerikleri en yüksek bulunurken aynı sulama yönetimi YSİ de en fazla artıran uygulama olmuştur. Toprak asitliği üzerine kontrol uygulamasının etkisi bulunmazken, %100 ve %130 sulama suyu yönetimlerinin toprak asitliğini artırıcı yönde etkilerinin olduğu görülürken, % 70 sulama suyu yönetiminin nötr toprak pH'sı yönünde etkileri ortaya çıkmıştır. Kontrol uygulaması ile kıyaslandığında, toprak tuzluluğu üzerine diğer sulama suyu yönetimlerinin anlamlı etkileri bulunmamasına karşın %130 sulama suyu yönetiminin fındık bahçesi topraklarının tuzluluğunu artırma yönünde bir eğiliminin olduğu belirlenmiştir. Toprak tuzluluğundaki artışın %130 sulama suyu yönetiminde uygulanan yüksek miktardaki sulama suyu sonrasında yükselen taban suyu seviyesi ve buharlaşma süreçlerinin ortak bir etkisi olabileceği değerlendirilmektedir. Farklı sulama suyu

yönetimlerinin fındık bahçesi topraklarının OM içerikleri üzerine anlamlı etkileri bulunmamasına karşın %70 sulama suyu yönetimi yine en yüksek OM içeriğinin belirlendiği uygulama olmuştur. Bunun yanı sıra aynı sulama suyu yönetimi altındaki topraklarda TN, C/N oranı ve SSİ'nin yüksek değerler aldığı da görülmüştür.

Çalışmanın uygulama konuları olan sulama suyu yönetimleri ve toprak örnekleme derinliklerinin kombine etkilerine ilişkin değerlendirmeler yapan temel bileşenler analizi ile fındık bahçesi topraklarının toprak strüktür gelişimi, toprak suyu, toprak yoğunluğu ve toprak asitliğine yönelik bilgileri ortaya konulmuştur. Temel bileşenler analizi sırasında değişken olarak atanan ve temel bileşenlere pozitif yönde katkı veren toprak özelliklerinin önemli bir kısmının yine %70 sulama suyu yönetiminde yüksek değerler aldığı görülmektedir. Ortaya konulan bütün bu sonuçlar sonrasında çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesinde toprak özelliklerinin gelişimi açısından %70 sulama suyu yönetiminin en uygun sulama yönetimi olduğu önerilmektedir.

Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): EE(%10), EEK(%20), Sİ(%30), MS(%30)

Veri Toplanması (Data Acquisition): EE(%10), EEK(%10), Sİ(%40), MS(%40)

Veri Analizi (Data Analysis): EE(%10), EEK(%50), Sİ(%30), MS(%10)

Makalenin Yazımı (Writing Up): EE (%10), EEK(%10), Sİ(%30), MS(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): EE(%10), EEK(%10), Sİ(%30), MS(%50)

KAYNAKLAR

- Adhikari, G., Bhattacharyya, K.G., 2015. Correlation of soil organic carbon and nutrients (NPK) to soil mineralogy, texture, aggregation, and land use pattern. *Environmental Monitoring and Assessment*, 187: 735. doi:10.1007/s10661-015-4932-5.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration – Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56.
- Alnaim, M.A., Mohamed, M.S., Mohammed, M., Munir, M., 2022. Effects of automated irrigation systems and water regimes on soil properties, water productivity, yield and fruit quality of date palm. *Agriculture*, 12: 343. doi:10.3390/agriculture12030343.
- Aragon, A., Garcia, M.G., Filgueira, R.R., Pachepsky, Y.A., 2000. Maximum compactibility of Argentine soils from the Proctor test; The relationship with organic carbon and water content. *Soil and Tillage Research*, 56: 197-204.
- Bangroo, S., Itoo, H., Tasneem, M., Malik, A.R., 2018. Soil organic carbon and total nitrogen in temperate apple orchards of south Kashmir. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, 44: 287-292.
- Bedbabis, S., Rouina, B.B., Boukhris, M., Ferrara, G., 2014. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. *Journal of Environmental Management*, 133: 45-50.
- Blake, G.R., Hartge, K.H., 1986. Bulk Density and Particle Density. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 363-382.
- Blanco-Canqui, H., Klocke, N.L., Schlegel, A.J., Stone, L.R., Rice, C.W., 2010. Impacts of deficit irrigation on carbon sequestration and soil physical properties under no-till. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 74, 1301-1309. doi:10.2136/sssaj2009.0364.
- Boix-Fayos, C., Calvo-Cases, A., Imeson, A., Soriano-Soto, M., 2001. Influence of soil properties on the aggregation of some Mediterranean soils and the use of aggregate size and stability as land degradation indicators. *Catena*, 44(1): 47-67.
- Brady, N.C., Weil, R.R., 2008. *The nature and properties of soils*. Prentice Hall, 14th editon, 975p, New Jersey.
- Bremner, J.M., 1965. Nitrogen. In: Black, C.A. (Ed). *Method of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties*. Agron Inc. pp. 1149-1178.
- Broch, D.T., Klein, V.A., 2017. Maximum soil density of entisols as a function of silt content. *Ciencia Rural*, 47: 12. doi: 10.1590/0103-8478cr20160762.
- Bronick, C.J., Lal, R., 2005. Soil structure and management: a review. *Geoderma*, 124 (1): 3-22.
- Büyüköztürk, Ş., 2002. Faktör analizi: temel kavramlar ve ölçek geliştirmede kullanımı. *Kuram ve Uygulamada Eğitim Yönetimi*, 32: 470-483.
- Cristofori, V., Muleo, R., Bignami, C., Rugini, E., 2014. Long term evaluation of hazelnut response to drip irrigation. *Acta Horticultrae*, 1052:179-185.
- Fereres, E., Soriano, M.A., 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *J. Exp. Bot.* 58: 147-159. doi: 10.1093/jxb/erl165.
- Fukumasu, J., Jarvis, N., Koestel, J., Katterer, T., Larsbo, M., 2021. Relations between soil organic carbon content and the pore size distribution for an arable topsoil with large variations in soil properties. *European Journal of Soil Science*, 73: e13212. doi: 10.1111/ejss.13212.
- Garcia-Franco, N., Wiesmeier, M., Hurtarte, L.C.C., Fella, F., Martínez-Mena, M., Almagro, M., Kogel-Knabner, I., 2021. Pruning residues incorporation and reduced tillage improve soil organic matter stabilization and structure of salt-affected soils in a semi-arid Citrus tree orchard. *Soil Till. Res.* 213, 105129.
- Garcia-Gil, J.C., Plaza, C., Senesi, N., Brunetti, G., Polo, A., 2004. Effects of sewage sludge amendment on humic acids and microbiological properties of a semiarid Mediterranean soil. *Biol. Fertil. Soils* 39(5): 320-328.
- Garreaud, R., Alvarez-Garreton, C., Barichivich, J., Boisier, J.P., Christie, D., Galleguillos, M., LeQuesne, C., McPhee, J., Zambrano-Bigiarini, M., 2017. The 2010–2015 mega drought in Central Chile: impacts on regional hydroclimate and vegetation. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.* 1–37. doi: 10.5194/hess-2017-191.
- Ge, S., Xu, H., Ji, M., Jiang, Y., 2015. Characteristics of soil organic carbon, total nitrogen, and C/N ratio in Chinese apple orchards. *Open Journal of Soil Science*, 3: 213-217.
- Gee, G.W., Bauder, J.W., 1986. Particle-Size Analysis. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 383-411.
- Geleta, S., Sabbagh, G., Stone, J., Elliott, R., Mapp, H., Bernardo, D., Watkins, K., 1994. Importance of soil and cropping systems in the development of regional water quality policies. *J. Environ. Qual.* 23 (1): 36-42.
- Gulde, S.C., Chung, H., Amelung, W., Chan, C.U., 2008. Soil carbon saturation controls labile and stable carbon pool dynamics. *Soil Science Society America of Journal*, 72: 605-612.
- Gullickson, G., 2019. Here's Why the Carbon-Nitrogen Ratio Matters. Available at https://www.agriculture.com/crops/cover-crops/heres-why-carbonnitrogen-ratio-matters_568-ar48014 (Erişim tarihi: 28 Ekim 2023).

- Hair, J.F., Anderson, R.E., Tatham, R.L., Black, W.C., 1998. Multivariate data analysis. 5th edition, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New York.
- Han, S.G., Selvakumar, G., Yi, P.H., Lee, S.E., 2018. Effect of sprinkler, surface drip and subsurface drip irrigation methods on 'Fuji'/M9 and 'Fuji'/M26 apple orchards growth, soil properties, and water consumption. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 51: 608-615.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H., Duquette, M., 1993. Soil reaction and exchangeable acidity. In: Carter, M.R. (Ed). *Soil Sampling and Methods of Analysis*. Lewis Publishers. pp. 141-145.
- Hondebrink, M.A., Cammeraat, L.H., Cerda, A., 2017. The impact of agricultural management on selected soil properties in citrus orchards in Eastern Spain: A comparison between conventional and organic citrus orchards with drip and flood irrigation. *Sci. Tot. Environ.* 581, 153-160.
- Hook, P.B., Burke, I.C., 2000. Biogeochemistry in a shortgrass landscape: control by topography, soil texture, and microclimate. *Ecology*, 81: 2686-2703.
- Jaksic, S., Ninkov, J., Milic, S., Vasin, J., Zivanov, M., Jaksic, D., Komlen, V., 2021. Influence of slope gradient and aspect on soil organic carbon content in the region of Nis, Serbia. *Sustainability*, 13: 8332. doi: 10.3390/su13158332.
- Jaksik, O., Kodesova, R., Kubis, A., Stehlikova, I., Drabek, O., Kapicka, A., 2015. Soil aggregate stability within morphologically diverse areas. *Catena*, 127: 287-299.
- Jenny, H., 1941. Factors of soil formation- system of quantitative pedology. Dover Publications, 281 s, New York.
- Jia, Q., Kamran, M., Ali, S., Sun, L., Zhang, P., Ren, X., Jia, Z., 2018. Deficit irrigation and fertilization strategies to improve soil quality and alfalfa yield in arid and semi-arid areas of northern China. *PeerJ*, 6:e4410. doi:10.7717/peerj.4410.
- Klute, A., 1986. Water Retention: Laboratory methods. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods*. ASA and SSSA publications. pp. 635-662.
- Kölbl, A., Kögel-Knabner, I., 2004. Content and composition of free and occluded particulate organic matter in differently textured arable Cambisol as revealed by solid-state ¹³C NMR spectroscopy. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167: 45-53.
- Küçük, E.E., Sağlam, M., İÇ, S., 2022. Farklı sulama yöntemlerinin fındık (*Corylus avellana* L.) bahçesinde bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 8(3): 508-519.
- Külahçılar, A., Tonkaz, T., Bostan, S.Z., 2018. Effect of irrigation regimes by mini sprinkler on chemical composition of Tombul hazelnut kernels. *International Journal of Environmental Trends*, 2 (2): 106-109.
- Laudicina, V.A., Novara, A., Barbera, V., Egli, M., Badalucco, L., 2015. Long-term tillage and cropping system effects on chemical and biochemical characteristics of soil organic matter in a Mediterranean semiarid environment. *Land Degradation and Development*, 26 (1):45-53. doi:10.1002/ldr.2293.
- Medrano, H., Tomás, M., Martorell, S., Escalona, J.-M., Pou, A., Fuentes, S., Flexas, J., Bota, J., 2015. Improving water use efficiency of vineyards in semi-arid regions. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 35: 499-517. doi:10.1007/s13593-014- 0280-z.
- Mikha, M.M., Green, T.R., Untiedt, T.J., Hergret, G.W., 2024. Land management affects soil structural stability: Multi-index principal component analyses of treatment interactions. *Soil and Tillage Research*, 235: 105890. doi: 10.1016/j.still.2023.105890.
- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., Çıkılı, Y., 2014. Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri. Nobel Akademik Yayıncılık, 2. baskı. 2136 s., Ankara.
- Nelson, D.W., Sommers, L.E., 1982. Total carbon, organic carbon and organic matter. In: Page, A.L., Miller, R.H., Keeney, D.R. (Eds). *Methods of Soil Analysis: Chemical and Microbiological Properties (Part II)*. ASA and SSSA Agronomy Monograph. pp. 539-579.
- Ortega-Fariás, S., Fereres, E., Sadras, V.O., 2012. Special issue on water management in grapevines. *Irrig. Sci.* 30: 335-337. doi: 10.1007/s00271-012-0356-y.
- Peng, G., Bing, W., Guangcan, Z., 2013. Influence of sub-surface irrigation on soil conditions and water irrigation efficiency in a cherry orchard in a hilly semi-arid area of Northern China. *Plos One*, 8(9): e73570. doi:10.1371/journal.pone.0073570.
- Plante, A.F., Conant, R.T., Stewart, C., 2006. Impact of soil texture on the distribution of soil organic matter in physical and chemical fractions. *Soil Science Society America of Journal*, 70: 287-296.
- Rhoades, J.D., 1986. Soluble Salts. In: Klute, A. (Ed). *Methods of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA publications. pp. 167-179.
- Roco, L., Poblete, D., Meza, F., Kerrigan, G., 2016. Farmers' options to address water scarcity in a changing climate: case studies from two basins in Mediterranean Chile. *Environ. Manage.* 58: 958-971. doi:10.1007/s00267-016-0759-2.
- Ruiz-Sanchez, M.C., Domingo, R., Castel, J.R., 2010. Review. Deficit irrigation in fruit trees and vines in Spain. *Spanish. J. Agric. Res.* 8: 5. doi: 10.5424/sjar/ 201008s2-1343
- Silver, W.L., Neff, J., McGroddy, M., Veldkamp, E., Keller, M., Cosme, R., 2000. Effects of soil texture on belowground carbon and nutrient storage in a lowland Amazonian forest ecosystem. *Ecosystems*, 3: 193-209.

- Tan, Z.X., Lal, R., Smeck, N.E., Calhoun, F.G., 2004. Relationships between surface soil organic carbon pool and site variables. *Geoderma*, 121: 187-195.
- Tatlıdil, H., 2002. Uygulamalı çok değişkenli istatistiksel analiz. Ziraat Matbaacılık, Ankara.
- Thabit, F.N., El-Shater, A.H., Soliman, W., 2023. Role of silt and clay fractions in organic carbon and nitrogen stabilization in soils of some old fruit orchards in the Nile foodplain, Sohag Governorate, Egypt. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 23: 2525-2544 doi: 10.1007/s42729-023-01209-3.
- Tirado-Corbala, R., Gao, S., Ayars, J.E., Wang, D., Phene, C.J., Phene, R.C., 2019. Carbon and nitrogen dynamics affected by drip irrigation methods and fertilization practices in a pomegranate orchard. *Horticulturae*, 5:77. doi:10.3390/horticulturae5040077.
- Tonkaz, T., Bostan, S.Z. 2010. Giresun ili standardize yağış indeksi değerlerinin fındık verimi ile ilişkilerinin incelenmesi. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi, 362-369, 27-29 Mayıs, Kahramanmaraş.
- Ustaoglu, B., Karaca, M., 2014. The effects of climate change on spatiotemporal changes of hazelnut (*Corylus avellana*) cultivation areas in the Black Sea Region, Turkey. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 12: 309-324. doi: 10.15666/aeer/1202_309324.
- Vejre, H., Callesen, I., Vesterdal, L., Raulund-Rasmussen, K., 2003. Carbon and nitrogen in Danish forest soils: Contents and distribution determined by soil order. *Soil Science Society America of Journal*, 67: 335-343.
- Webster, R., 2001. Statistics to support soil research and their presentation. *European Journal of Soil Science*, 52: 331-340.
- Wiesmeier, M., Urbanski, L., Hobbey, E., Lang, B., von Lützw, M., Marin-Spiotta, E., van Wesemael, B., 2019. Soil organic carbon storage as a key function of soils-A review of drivers and indicators at various scales. *Geoderma*, 333: 149-162.
- Wilding, L.G., 1985. Soil spatial variability: Its documentation, accommodation and implication to soil surveys. In: Nielsen, D.R., Bouma, J. (Eds). *Soil Spatial Variability Proceedings of a Workshop of the ISSS and the SSA, Las Vegas PUDOC, Wageningen*. pp. 166-187.
- Wiseman, C.L.S., Püttmann, W., 2006. Interactions between mineral phases in the preservation of soil organic matter. *Geoderma*, 134: 109-118.
- Zeraatpishe, M., Khormali, F., 2012. Carbon stock and mineral factors controlling soil organic carbon in a climatic gradient, Golestan province. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 12(4): 637-654.
- Zinn, Y.L., Lal, R., Bigham, J.M., Resck, D.V.S., 2007. Edaphic controls on soil organic carbon retention in the Brazilian Cerrado: Texture and mineralogy. *Soil Science Society America of Journal*, 71: 1204-1214 doi:10.2136/sssaj2006.0014.
- Zinn, Y.L., Lal, R., Resck, D.V.S., 2005. Texture and organic carbon relation described by a profile pedotransfer function in Brazilian Cerrado soils. *Geoderma*, 127: 168-173.
- Zornoza, R., Acosta, J.A., Gabarron, M., Gomez-Garrido, M., Sanchez-Navarro, V., Terrero, A., Martinez-Martinez, S., Faz, A., Perez-Pastor, A., 2018. Greenhouse gas emissions and soil organic matter dynamics in woody crop orchards with different irrigation regimes. *Science of the Total Environment*, 644: 1429-1438.