



## Farklı Sulama Yönetimlerinin Fındık (*Corylus avellana* L.) Bahçesinde Bazı Toprak Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri\*

The Effects of Different Irrigation Managements on Some Soil Physical and Chemical Properties in Hazelnut (*Corylus avellana* L.) Orchard

Edip Erhan Küçük<sup>1</sup> 

Mustafa Sağlam<sup>2</sup> 

Serkan İç<sup>3</sup> 

Geliş Tarihi (Received): 27.10.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 10.12.2022

Yayın Tarihi (Published): 15.12.2022

**Öz:** Bu çalışma farklı sulama yönetimlerinin (Kontrol, % 70 sulama, % 100 sulama, %130 sulama) fındık bahçesi toprakları üzerine etkilerini araştırmak amacıyla Samsun ili Tekkeköy ilçesinde gerçekleştirilmiştir. İki yıl süreyle yürütülen sulama yönetimleri sonrasında iki farklı toprak derinliğinden (0-15 cm ve 15-30 cm) bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örneklerinde tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içeriği), tarla kapasitesi (TK), daimi solma noktası (DSN), pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam azot (N<sub>T</sub>) ve bozulmamış toprak örneklerinde de hacim ağırlığı (HA) belirlenmiştir. Yarayışlı su içeriği (YSI), makroporozite (MakP) ve havalanma kapasitesine (HK) ait değerler ise bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde toprak su tutma ile ilişkili gerçekleştirilen analiz sonuçları kullanılarak hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda daimi solma noktası, yarayışlı su içeriği, hacim ağırlığı, pH, elektriksel iletkenlik ve toplam azot üzerine toprak derinliklerinin etkileri ve silt içeriği, kum içeriği, tarla kapasitesi, daimi solma noktası, yarayışlı su içeriği, hacim ağırlığı, havalanma kapasitesi ve pH üzerine de sulama yönetimlerinin etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Hacim ağırlığı ve pH üzerine toprak derinliği x sulama yönetimi (D x SY) interaksyonun etkileri önemli bulunurken, kil içeriği ve makroporozite üzerine herhangi bir uygulamanın etkisi önemli bulunmamıştır. Fındık bahçesi topraklarında toprak derinliği ve sulama yönetimlerinin etkilerine bağlı olarak hacim ağırlığının bitki kök gelişimini etkileyebilecek seviyede artmış olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, % 100 sulama yönetiminin Kontrol uygulamasına benzer etkilerinin olduğu belirlenmiştir. %100 sulama yönetimi bitki kök gelişimine karşı daha az mekaniksel direnç yaratarak bitki kök bölgesinde daha yüksek bir havalanma kapasitesi sağlarken %130 sulama yönetimi havalanma kapasitesinin en fazla azaldığı uygulama olmuştur.

**Anahtar Kelimeler:** Fındık bahçesi, sulama yönetimi, toprak özellikleri, yarayışlı su içeriği, havalanma kapasitesi

&

**Abstract:** This study was carried out in the Tekkeköy district of Samsun province to investigate the effects of different irrigation managements (control, 70% irrigation, 100% irrigation, 130% irrigation) on hazelnut orchard. After two years of irrigation management, disturbed and undisturbed soil samples were taken from two different soil depths (0-15 cm and 15-30 cm). Texture components (clay, silt, and sand content), field capacity (FC), permanent wilting point (PWP), pH, electrical conductivity (EC), and total nitrogen (N<sub>T</sub>) in disturbed soil samples and bulk density (BD) in undisturbed soil samples were determined. The values of available water content (AWC), macroporosity (MacP), and aeration capacity (HC) were calculated using the results of the analysis carried out concerning soil water retention in disturbed and undisturbed soil samples. As a result of the study, the effects of soil depths on permanent wilting point, available water content, bulk density, pH, electrical conductivity, and total nitrogen and of irrigation managements on silt content, sand content, field capacity, permanent wilting point, available water content, bulk density, aeration capacity, and pH were found to be statistically significant. While the effects of soil depth x irrigation management (D x SY) interaction on bulk density and pH were significant, the effect of any treatment on clay content and macroporosity was not significant. It has been determined that the bulk density of the hazelnut orchard soils, depending on the effects of soil depth and irrigation management, has increased at a level that the plant root development can be affected. Also, it was determined that 100% irrigation management had similar effects to the control treatment. While 100% irrigation management provided a higher aeration capacity in the plant root zone by creating less mechanical resistance to plant root growth, 130% irrigation management was the treatment in which the aeration capacity decreased the most.

**Keywords:** Hazelnut orchard, irrigation management, soil properties, available water content, aeration capacity

**Atıf/Cite as:** Küçük, E. E., Sağlam, M. & İç, S. (2022). Farklı Sulama Yönetimlerinin Fındık (*Corylus avellana* L.) Bahçesinde Bazı Toprak Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine Etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (3), 508-519. doi: 10.24180/ijaws.1195378.

**İntihal-Plagiarism/Etik-Ethic:** Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

<sup>1</sup> Zir. Müh. Edip Erhan Küçük, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, [cerhankck@gmail.com](mailto:cerhankck@gmail.com)

<sup>2</sup> Doç. Dr. Mustafa Sağlam, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, [mustafa.saglam@omu.edu.tr](mailto:mustafa.saglam@omu.edu.tr) (Corresponding author)

<sup>3</sup> Dr. Serkan İç, Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü, [serkanic@gmail.com](mailto:serkanic@gmail.com)

## GİRİŞ

Dünyada sert kabuklu meyveler içerisinde gerek üretim gerekse tüketim bakımından, bademden sonra ikinci sırada yer alan fındık (*Corylus avellana* L.), insan beslenmesinde ve sağlığında önemli bir rol oynamaktadır (Ortega-Farias vd., 2020). Fındığın çerezlik olarak tüketimi sınırlı olmakla birlikte, özellikle çikolata ve şekerleme gibi gıda sanayii sektörleri için gerekli olan temel ham maddelerden birisidir. Ancak folik asit, E, K ve C vitaminleri, demir, çinko, bakır gibi mineraller, protein, lif ve yağ içeriğinin yanı sıra tekli doymamış yağ asitleri ve  $\alpha$ -tokoferol bakımından zengin olması fındığı sanayii hammaddesi olmasına ek olarak doğrudan tüketimi için arzu edilen bir ürün haline de getirmektedir (Ghirardello vd., 2016; Liu vd., 2018; Pannico vd., 2017).

Ülkemiz, dünyanın tarımsal potansiyeli en yüksek ülkelerinden birisi olup fındık, üzüm, incir, kayısı, Antep fıstığı, ceviz ve narenciye gibi pek çok tarımsal üründe oldukça önemli üretim alanlarına ve verim potansiyellerine sahiptir. Fındık başta olmak üzere bu ürünlerin önemli bir kısmında ülkemiz, lider ihracatçı ülke konumundadır. Bununla birlikte, bu ürünlerin hemen hemen tamamı gelişim için ihtiyaç duydukları iklim ve toprak istekleri yönünden bölgesel ürün olma niteliği taşımaktadırlar. Karadeniz Bölgesi de sahil şeridindeki nemli ve ılıman iklim özellikleri itibariyle ülkemizde fındık yetiştiriciliğine en uygun bölge konumundadır.

Ülkemizde fındık üretimi yapılan araziler karşılaştırıldığında, topoğrafya ve toprak özellikleri itibariyle önemli değişkenlikler sergilediği görülmektedir. Özellikle Ordu, Giresun, Trabzon, Rize ve Artvin illerinin yer aldığı Doğu Karadeniz sahil şeridinde fındık üretimi yapılan arazilerin genel olarak çok eğimli, erozyon riski yüksek, sığ toprak derinliğine ve dolayısıyla yetersiz su bütçesine sahip orman alanlarından dönüştürülmüş araziler olduğu görülmektedir. Diğer taraftan çalışmanın yürütüldüğü Samsun ilinin yanı sıra Sinop, Bolu, Düzce, Kastamonu, Zonguldak, Sakarya ve Kocaeli gibi Orta ve Batı Karadeniz sahil şeridinde yer alan illerde ise yeni dikim genç fındık bahçelerinin yoğunlukta olduğu görülmektedir. Bu araziler; fındık dikim sistemlerinin (sıraya dikim) yanı sıra topoğrafya ve toprak özellikleri itibariyle fındık üretimi yapılan diğer arazilerden daha avantajlı olup mekanize toprak işleme, sulama, gübreleme gibi çeşitli toprak yönetimlerinin kolaylıkla yürütülebileceği düz, düze yakın taban arazilerden oluşmaktadır.

Fındık bitkisi, yıllık ortalama yağış miktarları 800-1000 mm arasında değişen ve yıl boyunca eşit olarak dağılan üretim alanlarının aksine (Cristofori vd., 2014), yağışların daha çok kış ve ilkbahar başında dağıldığı yarı kurak ve kurak iklim bölgelerinde yetiştirildiğinde, yağışların yetersiz olması nedeniyle sulamaya gereksinim duymaktadır (Deitch vd., 2017; Stolpe ve Undurraga, 2016). Bu bağlamda, iklim değişikliği nedeniyle fındık yetiştirilen bölgelerde ortaya çıkabilecek su kıtlığının, sürdürülebilir fındık üretiminin önündeki en büyük sınırlama olacağı rapor edilmektedir (Garreaud vd., 2017; Roco vd., 2016). Ustaoglu (2009), Türkiye’de gelecek 90 yıl içerisinde iklimdeki değişikliklerin fındık yetiştiriciliğine olası etkilerini araştırdığı çalışmasında, fındığın günümüzde ekonomik olarak yetiştiriciliğinin yapıldığı Karadeniz Bölgesi sahil kesiminde önümüzdeki 90 yıllık süreçte sıcaklıkta 6 °C’ye varan bir artış olacağını ve bu sıcaklık değişiminin fındık üretim alanlarında yatay ve dikey yönde hareketlere neden olabileceğini bildirmektedir. Aynı araştırmacı, çoğunlukla düz, düze yakın yeni dikim genç fındık bahçelerinin yer aldığı 0-250 metre rakımdaki sahil kuşağında fındık yetiştiriciliğinin olumsuz etkilenebileceğini, dikey yönde değişim sebebiyle bugün için fındık tarımına uygun olmayan 1500 m’nin üzerindeki alanların tarıma elverişli alanlar haline geleceğinin öngörüldüğünü rapor etmiştir.

Bu öngörü ve senaryolar altında, ülkemizin en önemli tarımsal ihracat ürünlerinden birisi olan ve Karadeniz Bölgesi için stratejik tarımsal ürün olan fındık bitkisinin sürdürülebilir yetiştiriciliğinin sağlanması için fındık bahçelerinde su verimliliğini artıracak ve yeterli verimi sağlayacak sulama stratejilerinin geliştirilmesine ihtiyaç bulunduğu açıkça görülmektedir. Mevcut çalışmada Samsun ili Tekkeköy ilçesinde yer alan bir çiftçi arazisinde 2019 ve 2020 yıllarında yüzey altı damlama sulama sistemi ile yürütülen dört farklı sulama konusunun (Kontrol, %70, %100 ve %130) fındık bahçesi topraklarına olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.

## MATERYAL VE METOT

### Çalışma Alanının Tanıtımı

Bu çalışma, Samsun ili Tekkeköy ilçesi Karaoğlan Mahallesi'nde bir çiftçiye ait fındık bahçesinde gerçekleştirilmiştir. Çalışma alanı, 41° 17' enlem ve 36° 51' boylamda yer alırken deniz seviyesinden yüksekliği 39 m'dir (Şekil 1). Fındık bahçesinde çakıldak, palaz ve tombul olmak üzere üç farklı fındık çeşidi yetiştirilmektedir. Bitkilerin sıra üzeri x sıra arası mesafesi, 5m x 5m olarak kurulan 18 yaşındaki bahçenin toplam alanı ise 13.5 dekadardır.



Şekil 1. Çalışma alanının lokasyonu.  
Figure 1. The location of study area.

### Çalışma Alanının İklim Özellikleri

Çalışmanın yürütüldüğü Samsun iline ait uzun yıllar (1929-2021) ve çalışma arazisinin yer aldığı Tekkeköy ilçesine ait 7 yıllık (2013- 2020) iklim özelliklerine ilişkin bazı veriler Çizelge 1'de sunulmuştur. Çizelge 1'de Samsun iline ait uzun yıllar iklim verisi incelendiğinde; ilde en kurak dönemin 35.1 mm ile Temmuz ayı, en yağışlı dönemin 83.8 mm ile Kasım ayı olduğu ve yıllık toplam yağış miktarının da 717.9 mm olduğu görülmektedir. Tekkeköy ilçesine ait iklim verisi incelendiğinde ise, ilçenin yağış rejiminin ilin genel yağış rejimine göre farklılaştığı gözlemlenmektedir. Ağustos ayı 31.9 mm yağış miktarı ile ilçenin en kurak dönemini temsil ederken Ocak ayı ise 114.6 mm yağış miktarı ile ilçenin en yağışlı dönemine karşılık gelmektedir. İlçede yıllık toplam yağış miktarı 839.2 mm olarak gerçekleşirken bu yağış miktarının da ilin yıllık toplam yağış miktarından daha yüksek olduğu görülmektedir. Buna karşın ilçenin sıcaklık rejiminin ise gerek en soğuk ve en sıcak dönemler gerekse ortalama sıcaklık değerleri bakımından ilin sıcaklık rejimi ile benzer özellikler taşıdığı görülmektedir (Çizelge 1).

**Çizelge 1.** Samsun iline ve Tekkeköy ilçesine ait bazı iklim verileri.

Table 1. Some climate data of Samsun province and Tekkeköy district.

Aylar	Samsun (1929-2021)		Tekkeköy (2013-2020)	
	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)
Ocak	71.6	7.2	114.6	7.3
Şubat	58.8	7.2	51.2	8.6
Mart	66.8	8.1	72.6	9.8
Nisan	56.8	11.3	60.4	11.9
Mayıs	48.8	15.6	67.8	17.2
Haziran	45.8	20.2	82.1	21.9
Temmuz	35.1	23.2	41.7	24.1
Ağustos	37.5	23.6	31.9	24.6
Eylül	53.6	20.3	60.4	21.2
Ekim	78.4	16.5	74.7	16.2
Kasım	83.8	12.7	75.7	11.6
Aralık	80.9	9.4	106.5	8.0
Toplam Yağış	717.9	---	839.2	---
Ortalama Sıcaklık	----	14.6	----	15.2

### Çalışma Alanının Temel Toprak Özellikleri

Sulama yönetimine başlanmadan önce 0-20 cm derinlikten alınan ve fındık bahçesi topraklarını tanımlayıcı nitelikteki bazı toprak özellikleri Çizelge 2’de verilmiştir.

**Çizelge 2.** Çalışma alanındaki toprakların bazı tanımlayıcı özellikler.

Table 2. Some descriptive properties of soils in the study area.

Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	pH	EC (dS m <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> (%)	OM (%)	N <sub>T</sub> (%)
30.62	26.54	42.84	Killi tın	5.96	0.38	0.16	4.92	0.25

EC: Elektriksel iletkenlik; OM: Organik madde; N<sub>T</sub>: Toplam azot.

Çizelge 2’de sunulan sonuçlar bakımından çalışma alanı değerlendirildiğinde; fındık bahçesinin killi tın bünyeye, hafif asidik reaksiyona, tuzluluk problemi bulunmayan, kireç içeriği çok az, organik madde kapsamı iyi ve toplam azot (N<sub>T</sub>) kapsamı fazla (Müftüoğlu vd., 2014) olan topraklara sahip olduğu görülmektedir.

### Sulama Sistemi, Sulama Suyu Yönetimleri ve Parsel Boyutları

Çalışmada sulama yönetimleri, yüzey altı damla (YAD) 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. 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 40 cm ve damlatıcı debisi ise 2 L saat<sup>-1</sup>’dir. Sulama sisteminin çalıştırılması için ihtiyaç duyulan elektrik enerjisi ise bahçe içerisine kurulan güneş panellerinden sağlanmıştır.

Çalışmada dört farklı sulama yönetimi konusu yer almaktadır. Bunlar;

- Kontrol: Yağmur suyu koşullarında sulama,
- %70 Sulama: Bitki su tüketiminin %70’inin sulama ile verilmesi,
- %100 Sulama: Bitki su tüketiminin %100’ünün sulama ile verilmesi,
- %130 Sulama: Bitki su tüketiminin %130’unun sulama ile verilmesi.

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 yönetimi konularında ise bitki evapotranspirasyon ( $ET_c$ ) değerlerinin üç farklı düzeyine karşılık gelen miktarlarda (%70, %100 ve %130) sulama yapılmıştır. 2019 ve 2020 yıllarında yürütülen sulama yönetimlerinde sulamalar Nisan ve Ekim ayları arasındaki periyotta haftalık olarak gerçekleştirilmiştir. Her iki yılda da tüm sulama yönetimi konularında 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 her bir sulama yönetimi için haftalık adımda uygulanacak sulama suyu miktarları belirlenmiştir.

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

Burada;

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

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

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

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

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

$u_2$  : 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 (Irrrometer RSU-V Tensiometer) ve nem sensörleri (SM150) ile bitki gelişim dönemi boyunca takip edilmiştir. Ayrıca saatlik zaman diliminde toprak nem içeriğindeki değişimler dataloggerlara (veri kaydedicilere) (rSense ve rLink Cellular) kaydedilmiştir.

Çalışmada sulama yönetimi uygulanan tüm konulara ilişkin parsel boyutları ise aşağıdaki gibi planlanmıştır.

- Kontrol Parseli: 10.4 da,
- %70 Sulama Parseli: 0.7 da,
- %100 Sulama Parseli: 1.1 da,
- %130 Sulama Parseli: 1.3 da.

### Toprak Örnekleme ve Laboratuvar Analizleri

Toprak örneklemeleri 2020 yılında sulama yönetimlerinin tamamlanmasından sonra Kasım ayının ilk haftasında yapılmıştır. Toprak örneklemeleri bozulmuş ve bozulmamış örnekleme esasına göre her bir sulama yönetimi konusunda dört tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Parsellerde toprak örneklerinin iki tekerrürü fındık ocakları arasındaki sıra üzerinden alınırken diğer iki tekerrür ise ocakların sıra arasından alınmıştır. Çalışma sonunda dört farklı sulama yönetimi konusundan (Kontrol, %70 Sulama, %100 Sulama, %130 Sulama) ve iki farklı toprak derinliğinden (0-15 cm ve 15-30 cm) olmak üzere 32 farklı noktadan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneği olmak üzere toplamda 64 adet toprak örneği alınmıştır.

Bozulmuş toprak örnekleri laboratuvar ortamında oda sıcaklığında kurutulduktan sonra 2 mm'lik elekten elenerek analize hazır hale getirilmiştir. Analize hazır hale getirilen bozulmuş toprak örneklerinde tekstür (Gee ve Bauder, 1986), pH (Hendershot vd., 1993), elektriksel iletkenlik (Rhoades, 1986), toplam azot (Bremner, 1965), tarla kapasitesi (Klute, 1986), daimi solma noktası (Klute, 1986); bozulmamış toprak örneklerinde ise hacim ağırlığı (Blake ve Hartge, 1986) ve su tutma eğrisi (pF) (Klute, 1986) analizleri gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, gravimetrik olarak bitkiye yarayırlı su içeriği (YSİ) tarla kapasitesi ve daimi solma noktası arasındaki farktan; havalanma kapasitesi, eşitlik (3) kullanılarak (White, 2006); makro porozite (MP), eşitlik (4) kullanılarak bozulmamış toprak örneklerinde hacimsel olarak belirlenmiştir (Dexter ve Czyz, 2007; Dexter vd., 2008; Reynolds vd., 2008).

$$HK (\%) = \theta_s(\psi = 0) - \theta_{100 \text{ cm}}(\psi = -100 \text{ cm}); 0 \leq HK \leq \theta_s \quad (3)$$

$$MP (\%) = \theta_s(\psi = 0) - \theta_{10 \text{ cm}}(\psi = -10 \text{ cm}); 0 \leq MP \leq \theta_s \quad (4)$$

Burada;

HK: Havalanma kapasitesi,

MP: Makroporozite (%),

$\theta_s$  : Doygun koşullarda toprağın hacimsel nem içeriği (%),

$\theta_{10 \text{ cm}}$  : 10 cm negatif su tansiyonunda toprağın hacimsel nem içeriği (%),

$\theta_{100 \text{ cm}}$  : 100 cm negatif su tansiyonunda toprağın hacimsel nem içeriği (%),

### İstatistiksel Analizler

Çalışmada elde edilen veri seti ilk olarak tanımlayıcı istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur. Normal dağılım koşullarını sağlamayan veri setlerinde karekök ve logaritma gibi dönüşümler uygulanmıştır. Toprak özellikleri üzerine sulama yönetimlerinin etkileri ise normal dağılım koşulları sağlanan veri setinde varyans analizi sonucunda değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda ortalamalar arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli bulunan veri setlerinde Bonferroni çoklu karşılaştırma testi ile değerlendirmeler yapılmıştır. Yürütülen çalışmada tüm istatistiksel değerlendirmeler SPSS ver. 21.0 istatistik paket programı kullanılarak yapılmıştır.

### BULGULAR VE TARTIŞMA

#### Toprak Su İçeriği ile İlişkili Fiziksel Özellikler

Fındık bahçesinde yüzey altı damla sulama yöntemi ile gerçekleştirilen farklı sulama suyu yönetimlerinin toprak suyu ile ilişkili toprak fiziksel özellikleri üzerine olan etkileri Çizelge 3'de sunulmuştur. Toprak derinlikleri ve sulama yönetimlerinin toprakların kil içeriği üzerine olan etkileri incelendiğinde, toprak su içeriği ile yüksek düzeyde ilişkili olduğu bilenen kil içeriği üzerine toprak derinliklerinin ve sulama yönetimlerinin etkilerinin önemsiz olduğu görülmektedir. Çalışma alanında kil içeriğinin toprak derinliğine bağlı olarak toprak yüzeyinden derine doğru %30.06-30.76 arasında değiştiği gözlemlenirken sulama yönetimleri altındaki değişkenliğin ise % 28.93-32.12 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3).

Silt ve kum içeriği üzerine toprak derinliğinin etkileri kil içeriği ile benzerlik gösterirken, sulama yönetimlerinin etkileri kil içeriğinin aksine istatistiksel olarak  $p < 0.01$  düzeyinde önemli bulunmuştur.

Kontrol uygulaması altındaki toprakların silt içeriğinin sulama yönetimi uygulanan topraklara göre istatistiksel olarak önemli düzeyde ( $p<0.01$ ) daha yüksek olduğu görülürken, sulama yönetimi uygulanan toprakların silt içeriğinin ise istatistiksel olarak benzer olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Sulama yönetimlerinin kum içeriği üzerine etkileri incelendiğinde ise, Kontrol uygulaması altındaki toprakların sulama yönetimi içeren topraklara göre önemli ölçüde ( $p<0.01$ ) daha düşük kum içeriğine sahip olduğu görülmektedir. Ayrıca sulama yönetimleri arasında da %100 sulama yönetimi uygulamasının %130 sulama yönetimi altındaki topraklara göre önemli ölçüde ( $p<0.01$ ) daha yüksek kum içeriğine sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 3).

**Çizelge 3.** Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerinin toprak su içeriği ile ilişkili toprak fiziksel özellikleri üzerine etkileri.

Table 3. The effects of different irrigation managements and soil depths on soil physical properties related to soil water content.

Uygulamalar	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	TK (%)	DSN (%)	YSİ (%)
<i>Toprak Derinliği</i>						
0-15 cm	30.06 (2.62)	27.36 (4.23)	42.59 (4.08)	29.20 (1.95)	19.24 (1.99) a	9.96 (1.86) b
15-30 cm	30.76 (3.05)	25.91 (5.19)	43.33 (5.83)	28.66 (2.37)	18.02 (2.32) b	10.64 (1.39) a
<i>Sulama Yönetimleri</i>						
Kontrol	30.33 (3.31)	33.63 (2.86) a	36.03 (2.65) c	31.87 (0.62) a	21.45 (0.76) a	10.42 (0.58) b
% 70 Sulama	28.93 (2.57)	24.94 (2.08) b	46.14 (3.83) ab	27.02 (1.24) c	16.29 (1.21) d	10.72 (0.48) b
% 100 Sulama	30.26 (3.21)	23.49 (2.58) b	46.25 (2.53) a	27.61 (0.88) c	19.49 (0.86) b	8.12 (1.08) c
% 130 Sulama	32.12 (1.22)	24.46 (1.81) b	43.41 (1.43) b	29.21 (1.31) b	17.28 (0.83) c	11.93 (1.29) a
Derinlik (D)	öd	öd	öd	öd	<0.01	<0.05
Sulama Yönetimleri (SY)	öd	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
DxSY	öd	öd	öd	öd	öd	öd

TK: Tarla kapasitesi; DSN: Daimi solma noktası; YSİ: Bitkiye yararlı su içeriği; öd: Önemli değil.

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak ( $p<0.05$ ) önemlidir. Parantez içerisindeki veriler standart sapmayı ifade etmektedir.

Sulama yönetimlerinin toprakların tarla kapasitesine olan etkileri istatistiksel yönden değerlendirildiğinde, Kontrol uygulaması altındaki toprakların tarla kapasitesi değerlerinin en yüksek, %70 sulama ve %100 sulama yönetimleri altındaki toprakların tarla kapasitesi değerlerinin de en düşük olduğu görülmektedir. Sulama yönetimleri arasında en yüksek tarla kapasitesi değerine sahip sulama uygulamasının ise %130 sulama yönetimi olduğu görülmektedir (Çizelge 3). Bilindiği üzere tarla kapasitesinin değişkenliği, toprakların su kullanım geçmişi (ıslanma-kuruma döngüsü), tekstürel ve strüktürel özellikleri, kil tipi, organik madde miktarı, toprak sıcaklığı, taban suyu seviyesi, ıslanma derinliği, geçirimsiz katmanın varlığı ve evapotranspirasyon gibi pek çok toprak ve çevre faktörü tarafından yönetilmektedir. Buradan hareketle mevcut çalışma sonuçlarında da tarla kapasitesinin değişkenliğini yöneten faktörlerden birisinin farklı sulama yönetimlerinin toprakların kil+silt içeriğinde meydana getirmiş olduğu değişkenlikler olduğu değerlendirilmektedir (Çizelge 3). Nitekim Kontrol uygulaması altındaki topraklarda kil+silt içeriğinin diğer sulama yönetimi altındaki topraklara oranla çok daha yüksek olduğu ve bu durumda tarla kapasitesi değişkenliğini ortaya çıkartan nedenlerden birisi olabileceği değerlendirilmektedir.

Daimi solma noktası değerlerinin hem toprak derinliğine hem de sulama yönetimlerine bağlı olarak önemli ölçüde ( $p<0.01$ ) değiştiği görülmektedir. Yüzey topraklarının (0-15 cm) alt derinlikteki (15-30 cm) topraklara oranla daha yüksek ( $p<0.01$ ) daimi solma noktasına sahip olduğu belirlenirken sulama yönetimlerinde istatistiksel olarak en yüksek daimi solma noktası değerinin, yine tarla kapasitesi değerlerinde olduğu gibi, Kontrol uygulaması altındaki topraklarda olduğu tespit edilmiştir. Yüzey toprak derinliğinde ve Kontrol uygulamasında daimi solma noktasının daha yüksek bulunmasının yine tarla kapasitesinde olduğu gibi hem yüzey derinliğinde hem de Kontrol uygulamasında toprakların kil+silt içeriğinin daha yüksek bulunması ile ilişkili olabileceği değerlendirilmektedir.

Farklı toprak derinliğinin ve sulama yönetimlerinin bitkiye yararlı su içeriğine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Artan toprak derinliği bitkiye yararlı su içeriğini toprak yüzeyine göre önemli düzeyde ( $p<0.05$ ) artırmıştır. Diğer taraftan %130 sulama yönetimi altındaki topraklarda en

yüksek bitkiye yarayışlı su içeriği tespit edilirken, %100 sulama yönetimi altındaki topraklarda bitkiye yarayışlı su içeriği ise en düşük olarak belirlenmiştir. Bunun yanı sıra Kontrol ve %70 sulama yönetimlerinin toprakların bitkiye yarayışlı su içeriğine olan etkilerinin ise istatistiksel olarak benzer olduğu görülmüştür (Çizelge 3).

#### Boşluk (Por) Dağılımı ile İlişkili Fiziksel Özellikler

Toprakta por dağılımı ile ilişkili toprak fiziksel özellikleri üzerine farklı toprak derinlikleri ve sulama yönetimlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, hacim ağırlığı (HA) ve havalanma kapasitesinin (HK) sulama yönetimlerinden istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilendiği görülmektedir. Buna karşın, hem sulama yönetimlerinin hem de toprak derinliklerinin makropor içeriğine etkilerinin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4).

**Çizelge 4.** Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerinin por dağılımı ile ilişkili toprak fiziksel özellikler üzerine etkileri.

Table 4. The effects of different irrigation managements and soil depths on soil physical properties related to the pore distribution.

Uygulamalar	HA (g cm <sup>-3</sup> )		MakP (%)		HK (%)
<i>Derinlik</i>					
0-15 cm	1.50 (0.06)	b	4.04 (0.59)		6.94 (1.32)
15-30 cm	1.64 (0.11)	a	4.15 (0.56)		8.01 (2.69)
<i>Sulama Yönetimi</i>					
Kontrol	1.50 (0.06)	c	4.03 (0.71)		8.38 (1.51) a
% 70 Sulama	1.64 (0.11)	a	4.22 (0.36)		6.64 (0.58) ab
% 100 Sulama	1.55 (0.07)	bc	4.14 (0.47)		8.71 (3.33) a
% 130 Sulama	1.60 (0.06)	ab	3.99 (0.74)		6.16 (1.18) b
Derinlik (D)	<0.05		öd		öd
Sulama Yönetimi (SY)	<0.01		öd		<0.05
DxSY	<0.05		öd		öd

HA: Hacim ağırlığı; MakP: Makropor içeriği; HK: Havalanma kapasitesi; öd: Önemli değil.

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak (p<0.05) önemlidir. Parantez içerisindeki veriler standart sapmayı ifade etmektedir.

Çalışma alanında artan toprak derinliği ve toprak sıkışması ilişkisinin önemli olduğu ve artan toprak derinliğine bağlı olarak hacim ağırlığı değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde (p<0.05) değiştiği belirlenmiştir. Ayrıca, sulama yönetimi uygulanan topraklarda olağan bir süreç olan ıslanma ve kuruma döngüsünün doğal bir sonucu olarak sulama yönetimlerinin de fındık bahçesi toprak yapısında sıkışmaya neden olduğu ve bu durumda toprakta hacim ağırlığını artırdığı değerlendirilmektedir. Bununla birlikte, topraklardaki hacim ağırlığı artışının bir diğer nedeninin de ülkemizdeki fındık bahçelerinde yürütülen genel bir toprak işleme yönetimi olan sıfır veya azaltılmış toprak işleme yönetiminin olabileceği de göz önünde bulundurulmalıdır. Islanma ve kuruma döngüsüne bağlı olarak fındık bahçesi topraklarında en yüksek sıkışma oranı, kısıtlı sulama yönetimi konusu olan %70 sulama uygulamasında gerçekleşirken, %100 sulama uygulamasının istatistiksel olarak Kontrol uygulamasına benzer bir etkisinin olduğu ve en düşük sıkışma oranının gerçekleştiği sulama yönetimi olduğu görülmektedir (Çizelge 4). Bozulmamış mineral toprakların hacim ağırlığı hem toprak havalanmasının hem de toprak mukavemetinin ve/veya kök gelişimine karşı mekaniksel direncin bir göstergesi olarak yaygın şekilde kullanılmaktadır (Drewry vd., 2008; Reynolds vd., 2008). Orta bünyeden ince bünyeye değişen topraklarda, maksimum bitki verimi için hacim ağırlığının optimum değerlerinin 0.9-1.2 g cm<sup>-3</sup> arasında değiştiği (Drewry vd., 2008; Reynolds vd., 2007), 1.25-1.30 g cm<sup>-3</sup> arasında değişen hacim ağırlığı değerlerinin yetersiz toprak havalanması nedeniyle bitki verimini düşürebileceği ve hacim ağırlığının 1.4-1.6 g cm<sup>-3</sup> arasında değişen ikinci üst sınır aralığının ise kök gelişimine karşı aşırı mekaniksel direnç nedeniyle ürün verimini azaltabileceği ifade edilmektedir (Drewry vd., 2008). Hacim ağırlığı üzerine derinlik x sulama yönetimi (DxSY) etkileşiminin etkilerinin de yine istatistiksel olarak p<0.05 düzeyinde önemli bulunduğu görülmektedir (Çizelge 4).



Fındık bahçesi topraklarının havalanma kapasitesi üzerine sulama yönetimlerinin etkileri  $p < 0.05$  düzeyinde önemli bulunurken toprak derinliği x sulama yönetimi (DxSY) etkileşiminin etkileri önemsiz olmuştur. Kontrol ve %100 sulama yönetimi uygulamalarının havalanma kapasitesini istatistiksel olarak benzer bir etkiyle artırdığı, buna karşın %130 sulama yönetimi uygulamasının havalanma kapasitesini Kontrol ve %100 sulama yönetimi uygulamalarına göre önemli olarak azalttığı tespit edilmiştir. Bununla birlikte %70 sulama yönetiminin havalanma kapasitesi üzerine etkilerinin ise istatistiksel olarak tüm yönetim uygulamalarıyla benzer olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4). Toprak tekstürünün orta bünyeden ince bünyeye değiştiği mineral topraklarda maksimum bitki verimi için kök bölgesindeki havalanma kapasitesi değerlerinin  $> 12-17$  ( $> 0.12-0.17 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) aralığında olması gerektiği ifade edilmektedir (Drewry vd., 2008). Drewry vd. (2008)'de havalanma kapasitesi  $< 10$  ( $< 0.10 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3}$ ) olduğunda, genellikle bitki gelişiminin engelleneceği ve bitki hastalıklarının teşvik edileceğini bildirmektedir. Mevcut çalışmada yürütülen tüm sulama yönetimlerinde fındık bahçesi topraklarının havalanma kapasitesi değerlerinin %10'un altında belirlendiği ve bu durumda da fındık bahçesi topraklarının havalanma kapasitesi değerlerinin azalmasının başkaca nedenlerinin olduğu değerlendirilmektedir. Dolayısıyla çalışmanın yürütüldüğü fındık bahçesinde toprakların havalanma kapasitesini artırmak amacıyla toprak işleme, yeşil gübre uygulaması, organik gübre kullanımı gibi çeşitli toprak yönetimlerinin uygulanmasının faydalı olabileceği değerlendirilmektedir.

### Kimyasal Toprak Özellikleri

Fındık bahçesi topraklarının bazı kimyasal özellikleri üzerine farklı toprak derinlikleri ve sulama yönetimlerinin etkilerine ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgedeki sonuçlar incelendiğinde, uygulama faktörlerinin çalışmada incelenen toprak kimyasal özellikleri üzerine etkilerinin farklılıklar gösterdiği görülmektedir.

**Çizelge 5.** Farklı sulama yönetimleri ve toprak derinliklerinin toprak kimyasal özellikleri üzerine etkileri.

Table 5. The effects of different irrigation managements and soil depths on soil chemical properties.

Uygulamalar	pH	EC ( $\text{dS m}^{-1}$ )	Nr (%)
<i>Derinlik</i>			
0-15 cm	6.08 (0.18) b	0.28 (0.07) a	0.20 (0.02) a
15-30 cm	6.71 (0.16) a	0.15 (0.06) b	0.12 (0.02) b
<i>Sulama Yönetimi</i>			
Kontrol	6.54 (0.40) a	0.19 (0.09)	0.16 (0.04)
% 70 Sulama	6.36 (0.36) b	0.25 (0.09)	0.18 (0.05)
% 100 Sulama	6.33 (0.39) b	0.21 (0.11)	0.16 (0.05)
% 130 Sulama	6.37 (0.32) b	0.20 (0.09)	0.16 (0.04)
Derinlik (D)	$< 0.05$	$< 0.01$	$< 0.01$
Sulama Yönetimi (SY)	$< 0.01$	öd	öd
DxSY	$< 0.05$	öd	öd

pH: Toprak reaksiyonu; EC: Elektriksel iletkenlik; Nr: Toplam azot; öd: Önemli değil.

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak ( $p < 0.05$ ) önemlidir. Parantez içerisindeki veriler standart sapmayı ifade etmektedir.

Toprak derinliği ve sulama yönetimlerine bağlı olarak toprakların pH değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı düzeylerde (sırasıyla  $p < 0.05$  ve  $p < 0.01$ ) değiştiği görülmektedir. Toprak derinliğinin toprak reaksiyonu üzerine etkileri incelendiğinde, yüzeyden yıkanan bazik katyonların alt toprak (15-30 cm derinlik) reaksiyonunu yüzey topraklarının (0-15 cm derinlik) reaksiyonuna oranla daha fazla yükselttiği ve bu değişimde istatistiksel olarak anlamlı olduğu görülmektedir. Bu değişimle birlikte alt toprak derinliğinin toprak reaksiyonu hafif asidik reaksiyondan nötr reaksiyona geçişirken, buna karşın sulama yönetimlerinin yürütüldüğü tüm parsellerdeki toprakların toprak reaksiyonun benzer sınıfta (hafif asidik) yer aldığı tespit edilmiştir (Hazelton ve Murphy, 2007). Sulama yönetimlerinin etkileri değerlendirildiğinde ise, Kontrol uygulamasına göre sulama yönetimlerinin toprak pH'sını asidik yönde anlamlı farklarla değiştirdiği ancak toprak pH'sı üzerine sulama yönetimlerinin etkilerinin kendi aralarında benzer olduğu görülmektedir (Çizelge 5).

Toprak elektriksel iletkenliği (EC) üzerine toprak derinliğinin etkileri istatistiksel olarak  $p < 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunurken sulama yönetimlerinin etkileri önemsiz bulunmuştur. Farklı toprak derinliklerinde elde edilen toprak elektriksel iletkenliği değerleri, toprak tekstür sınıfları için önerilen dönüşüm katsayısı değeri kullanılarak saturasyon ekstraktı elektriksel iletkenliği değerlerine düzeltilindiğinde, yüzey topraklarının hassas bitkilerin verimini etkileyebilecek düzeyde hafif tuzlu sınıfta ( $2-4 \text{ dS m}^{-1}$ ) yer aldığı görülmektedir (Hazelton ve Murphy, 2007). Yine benzer değerlendirmede alt toprak derinliğindeki toprakların elektriksel iletkenliğinin ise tuzluluğun etkilerinin ihmal edilebilir düzeyde olduğu bir tuzluluk sınıfına ( $0-2 \text{ dS m}^{-1}$ ) sahip olduğu belirlenmiştir.

Yürütülen çalışmada fındık bahçesi topraklarının toplam azot içeriği üzerine toprak derinliğinin etkileri  $p < 0.01$  düzeyinde anlamlı bulunurken sulama yönetimleri ile sulama yönetimleri x derinlik (SYxD) etkileşiminin etkileri önemsiz olmuştur (Çizelge 5). Çalışmada toprakların toplam azot düzeyleri, yüzey toprak derinliğinde alt toprak derinliğinden istatistiksel olarak anlamlı düzeyde daha yüksek bulunmuştur. Bunlara ilave olarak farklı toprak derinliklerindeki toplam azot içeriği değişimleri yeterlilik düzeyi bakımından değerlendirildiğinde, yüzey topraklarının toplam azot içeriğinin orta sınıfta buna karşın alt toprakların toplam azot içeriğinin ise düşük sınıfta yer aldığı belirlenmiştir (Hazelton ve Murphy, 2007). Yüzey toprak derinliğinde (0-15 cm) toplam azot düzeyi yeterli gibi görünmesine karşın fındık bahçesi topraklarında hem yüzey hem de yüzey alt toprak derinliğinin (15-30 cm) toplam azot içeriğinin artırılmasına yönelik toprak yönetimlerinin yürütülmesi önerilmektedir. Bu amaçla, özellikle havanın serbest azotunu fikse etme yeteneğine sahip baklagiller grubu bitkilerin kullanıldığı yeşil gübre uygulamalarının toprakların toplam azot içeriğini artırıcı etkilerinin olabileceği değerlendirilmektedir. Ayrıca örtü bitkilerinin ekimi ve organik gübre olarak toprak içerisine işlenmelerinin yanı sıra ahır gübresi uygulamalarının da toprakların toplam azot içeriğini artırabilmek amacıyla fındık bahçesinde yürütülebilecek diğer toprak yönetimleri olabileceği değerlendirilmektedir.

## SONUÇ

Mevcut çalışmada çok yıllık yüzey altı damla (YAD) sulama sistemi kullanılarak yürütülen farklı sulama yönetimlerinin toprak derinliğine bağlı fındık bahçesi toprakları üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Toprak derinliğinin incelenen özelliklerinden tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içeriği), makropor ve havalanma kapasitesi gibi fiziksel toprak özellikleri üzerine etkisinin bulunmadığı belirlenmiştir. Ancak toprakların hacim ağırlığının artan toprak derinliğine bağlı olarak arttığı ve bu durumda da fındık bitkisinin kök sistemine karşı aşırı mekaniksel direnç gelişerek ürün veriminin azalabileceği değerlendirilmiştir. Hacim ağırlığının ortaya koyacağı bu etkilerinin azaltılmasına yönelik yürütülecek toprak yönetimlerinin çalışma alanında fındığın sürdürülebilir üretimine fayda sağlayacağı değerlendirilmektedir. Sulama yönetimlerinin de yine toprak derinliğine benzer etkilerinin olabildiği ve %130 sulama yönetiminin toprakta daha fazla sıkışmaya yol açarak havalanma kapasitesini azalttığı tespit edilmiştir. Sulama yönetimleri arasında %100 sulama yönetiminin Kontrol uygulamasına benzer etkilerinin olduğu ve bitki kök gelişimine karşı daha az mekaniksel direnç yaratmakla birlikte kök bölgesinde de daha yüksek havalanma imkanı sağladığı belirlenmiştir.

## ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar aralarında herhangi bir çıkar çatışmasının olmadığını bildirmektedir.

## YAZAR KATKISI

Çalışmanın yazarlarından Edip Erhan Küçük, arazide toprak örneklemelerinin yürütülmesi, toprak örneklerinin analize hazırlanması, laboratuvar analizleri ve veri girişi; Mustafa Sağlam, çalışmanın planlanması, arazide toprak örneklemelerinin yürütülmesi, istatistiksel analizler, makale yazımı ve denetimi, Serkan İç, çalışmanın planlanması, arazide toprak örneklemelerinin yürütülmesi ve makale yazımının kontrolü süreçlerine katkı vermişlerdir.

## TEŞEKKÜR

Yazarlar, bu araştırmanın yürütülmesine imkan sağlayan fındık bahçesi sahibi Sayın Habip Atasoy'a ve çalışmanın sulama sistemi altyapısına vermiş olduğu destek nedeniyle Netafim firmasına teşekkür etmektedirler.

## KAYNAKLAR

- 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).
- Blake, G. R., & Hartge, K. H. (1986). Bulk Density and Particle Density. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods* (pp. 363-382). ASA and SSSA publications.
- Bremner, J. M. (1965). Nitrogen. In C. A. Black (Ed.), *Method of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties* (pp. 1149-1178). Agron Inc.
- Cristofori, V., Muleo, R., Bignami, C., & Rugini, E. (2014). Long-term evaluation of hazelnut response to drip irrigation. *Acta Horticulturae*, 1052, 179–185. <https://doi.org/10.17660/actahortic.2014.1052.23>.
- Deitch, M. J., Sapundjieff, M. J., & Feirer, S. T. (2017). Characterizing precipitation variability and trends in the world's mediterranean-climate areas. *Water*, 9, 1–21. <https://doi.org/10.3390/w9040259>.
- Dexter, A. R., & Czyz, E. A. (2007). Applications of S-theory in the study of soil physical degradation and its consequences. *Land Degradation & Development*, 18, 369-381.
- Dexter, A. R., Czyz, E. A., Richard, G., & Reszkowska, A. (2008). A user-friendly water retention function that takes account of the textural and structural pore spaces in soil. *Geoderma*, 143, 243-253.
- Drewry, J. J., Cameron, K. C., & Buchan, G. D. (2008). Pasture yield and soil physical property responses to soil compaction from treading and grazing – a review. *Australian Journal of Soil Research*, 46, 237-256.
- Garreaud, R., Alvarez-Garretón, 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. *Hydrology and Earth System Sciences Discussions*, 21, 6307-6327. <https://doi.org/10.5194/hess-21-6307-2017>.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W. (1986). Particle-Size Analysis. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods* (pp. 383-411). ASA and SSSA publications.
- Ghirardello, D., Bertolino, M., Belviso, S., Dal Bello, B., Giordano, M., Rolle, L., Gerbi, V., Antonucci, M., Spigolon, N., & Zeppa, G. (2016). Phenolic composition, antioxidant capacity and hexanal content of hazelnuts (*Corylus avellana* L.) as affected by different storage conditions. *Postharvest Biology and Technology*, 112, 95–104. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2015.09.039>.
- Hazelton, P. A., & Murphy, B. W. (2007). *Interpreting Soil Test Results. What Do All the Numbers Mean?* CSIRO Publishing.
- Hendershot, W. H., Lalonde, H., & Duquette, M. (1993). Soil reaction and exchangeable acidity. In M. R. Carter (Ed.), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (pp. 141-145). Lewis Publishers.
- Klute, A. (1986). Water Retention: Laboratory methods. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis (Part I): Physical and Mineralogical Methods* (pp. 635-662). ASA and SSSA publications.
- Liu, J., Xing, J., Fang, J., Ai, P., & Cheng, Y. (2018). New insight into ovary abortion during ovary development of hazelnut through a combined proteomic and transcriptomic analysis. *Scientia Horticulturae*, 234, 36–48. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.02.003>.
- Müftüoğlu, N. M., Türkmen, C., & Çıkkılı, Y. (2014). *Toprak ve Bitkide Verimlilik Analizleri*, 2. baskı. Nobel Akademik Yayıncılık.
- Ortega-Farias, S., Villalobos-Soublett, E., Riveros-Burgos, C., Zuniga, M., & Ahumada-Orellana, L. E. (2020). Effect of irrigation cut-off strategies on yield, water productivity and gas exchange in a drip-irrigated hazelnut (*Corylus avellana* L. cv. Tonda di Giffoni) orchard under semiarid conditions. *Agricultural Water Management*, 238, 106173. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106173>.
- Pannico, A., Cirillo, C., Giaccone, M., Scognamiglio, P., Romano, R., Caporaso, N., Sacchi, R., & Basile, B. (2017). Fruit position within the canopy affects kernel lipid composition of hazelnuts. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97, 4790–4799. <https://doi.org/10.1002/jsfa.8348>.
- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Yang, X. M., & Tan, C. S. (2008). Optimal soil physical quality inferred through structural regression and parameter interactions. *Geoderma*, 146, 466-474.

- Reynolds, W. D., Drury, C. F., Yang, X. M., Fox, C. A., Tan, C. S., & Zhang, T. Q. (2007). Land management effects on the near-surface physical quality of a clay loam soil. *Soil and Tillage Research*, 96, 316-330.
- Rhoades, J. D. (1986). Soluble Salts. In A. Klute (Ed.), *Methods of Soil Analysis (Part II): Chemical and Microbiological Properties* (pp. 167-179). ASA and SSSA publications.
- 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. *Environmental Management*, 58, 958-971. <https://doi.org/10.1007/s00267-016-0759-2>.
- Stolpe, N., & Undurraga, P. (2016). Long term climatic trends in Chile and effects on soil moisture and temperature regimes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 76, 487-496. <https://doi.org/10.4067/S0718-58392016000400013>.
- Ustaoglu, B. (2009). *Türkiye’de İklim Değişikliğinin Fındık Tarımına Olası Etkileri* [Doktora Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>.
- White, R. E. (2006). *Principles and Practice of Soil Science, 4th edition*. Blackwell Publishing.