

ARAŞTIRMA MAKALESİ

RESEARCH ARTICLE

Farklı İşlem Görmüş Zeytin Karasuyu ile Ham Karasuyun Toprağın Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi*

The Effect of Different Treated Olive Mill Wastewater with Olive Mill Wastewater on the Physical and Chemical Properties of Soil

Nalan DOYURAN^{1*}, Sezai DELİBACAK²

Öz

Zeytinyağı üretimi sonucu ortaya çıkan karasuyun toprağa uygulanması, yüksek organik yük, yüksek tuz, fenol ve polifenol bileşikler nedeniyle sorun oluşturmaktadır. Çalışmada, ham karasu (H), karasu keki (G) ve $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile artırılmış karasuyun (K) farklı dozlarının ($\text{H}_5, \text{H}_{10}, \text{H}_{15} \text{ m}^3 \text{ da}^{-1}$; $\text{G}_1, \text{G}_2, \text{G}_3 \text{ t da}^{-1}$; $\text{K}_5, \text{K}_{10}, \text{K}_{15} \text{ m}^3 \text{ da}^{-1}$), mineral gübre uygulaması ve tanıktan oluşan 3 deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 5 uygulama ve 3 tekrürlü olarak İzmir Menemen’de Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü (UTAEM) merkez arazisinde kurulmuştur. Denemede, uygulamaların toprağın bazı fiziksel, kimyasal özellikleri üzerine yapmış olduğu etkileri ve toprakta oluşturduğu kirlilik boyutu araştırılmıştır. Toprak örnekleri ham karasu, artırılmış karasu ve karasu keki uygulamasına takiben 3 ay (1. Dönem), 5 ay (2. Dönem) ve 16 ay sonra (3. Dönem) toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile toplam fenol içeriğini belirlemek için her parselin 0-20 cm derinliğinden örnekler alınmıştır. Karasu keki, ham karasu ve artırılmış karasu uygulamaları sonrası üç dönemde de toprakların pH’ındaki değişimler pH derecelendirmesini etkilememiş, topraklar orta alkali topraklar sınıfına girmişlerdir (7.83-8.07). Karasu keki, ham karasu ve artırılmış karasu uygulamaları sonrası toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde ($0.423\text{-}1.117 \text{ dS m}^{-1}$) istatistiksel olarak önemli artış saptanmıştır. Ancak tüm topraklar tuzluluk sorunu içermeyen topraklar sınıfında yer almışlardır. Toprakların organik madde içeriği karasu keki uygulamaları ile %1.2 den 1.9’a kadar yükselmiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Karasu keki uygulama dozlarının toprakların tarla kapasitesi ve hidrolik iletkenlik değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağa yapılan karasu keki ve ham karasu uygulamaları ile toprağın strüktür stabilite indeksi (SSİ) değeri istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. Karasu keki, ham karasu, artırılmış karasu uygulamaları ile toprağın toplam fenol içeriğindeki artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Toprak özellikleri, Zamansal değişim, Karasu keki, Ham karasu, $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ile artırılmış karasu

¹*Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Nalan Doyuran, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir, Türkiye. E-mail: nanan.doyuran@tarimormen.gov.tr  ORCID: 0000-0002-6363-9798

²Sezai Delibacak, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü İzmir, Türkiye. E-mail: sezai.delibacak@ege.edu.tr  ORCID: 0000-0001-5041-0604

Atıf: Doyuran, N., Delibacak, S. (2025). Farklı işlem görmüş zeytin karasuyu ile ham karasuyun toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(4): 924-941.

Citation: Doyuran, N., Delibacak, S. (2025). The effect of different treated olive mill wastewater with olive mill wastewater on the physical and chemical properties of soil. *Journal of Tekirdag Agricultural Faculty*, 22(4): 924-941.

*Bu Çalışma Nalan Doyuran’ın Doktora tezinden özetlenmiştir.

©Bu çalışma Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi tarafından Creative Commons Lisansı (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) kapsamında yayınlanmıştır. Tekirdağ 2025

Abstract

The application of olive mill wastewater (OMW) to soil presents challenges due to its high organic load, high salt, phenol, and polyphenol content. In this study, different doses of raw OMW (H), OMW sludge (G), and Ca(OH)_2 -treated OMW (K) (H5, H10, H15 m^3/da ; G1, G2, G3 t/da ; K5, K10, K15 m^3/da), along with mineral fertilizer and control treatments were set up in a randomized block design with five treatments and three replications at the International Agricultural Research and Training Center (UTAEM) in İzmir Menemen. The experiment aimed to examine the effects of these applications on some physical and chemical properties of soil and the level of pollution that they caused. Soil samples were taken from a depth of 0-20 cm from each plot to determine the physical and chemical properties of soil and total phenol content at three time points which were 3 months (1st period), 5 months (2nd period), and 16 months (3rd period) after the application of raw OMW, treated OMW, and OMW sludge. In accordance with findings, after applying OMW sludge, raw OMW, and treated OMW, the soil pH was not affected the pH rating, and the soils remained within the moderately alkaline class (7.83-8.07). soil electrical conductivity (EC) values ($0.423\text{--}1.117 \text{ dS m}^{-1}$) were found statistically significant following the applications, although all soils were classified as non-saline. The organic matter content of soils increased significantly from 1.2% to 1.9% through the OMW sludge application. The effects of OMW sludge application rates on field capacity and hydraulic conductivity were also statistically significant. Soil structure stability index (SSI) showed a statistically significant increase with OMW sludge and raw OMW applications. Additionally, the increase in total phenol content in the soil following OMW sludge, raw OMW, and treated OMW applications was found statistically significant.

Keywords: Soil properties, temporal changes, Olive mill wastewater cake, Raw olive mill wastewater, Treated olive mill wastewater

1. Giriş

Akdeniz uygarlığının önemli sembollerinden biri olan zeytin ağacı, tarih boyunca bu bölgede kurulan tüm uygarlıkların temelini oluşturmuştur. Dünyadaki zeytin üretiminin %9'u Türkiye tarafından sağlanmakta olup dünya zeytin üretiminde 4., zeytinyağı üretiminde ise 5. büyük ülke durumundadır. TÜİK Bitkisel Üretim İstatistiklerine göre; 2022 yılında toplam zeytin üretimi 2.900,000 ton olarak gerçekleşmiştir. Toplam zeytin üretiminin yaklaşık %75'i yağlık zeytinden oluşmaktadır (TEPGE, 2022). 2022 yılında 1.183,000 ton yağlık zeytin, çeşitli şekillerde işlenerek yaklaşık 236.000 ton zeytinyağı elde edilmiştir (IOC, 2022). Zeytinin işlenmesi ile yan ürün olarak oluşan karasu, organik madde bakımından yüksek, asidik niteliğe sahiptir (Köroğlu ve Yıldız, 2024). Ancak yüksek kirletici bileşikler içermesinden dolayı önemli çevresel problemlere sebep olmaktadır (Tunalıoğlu ve Bektaş, 2012). Türkiye'de zeytincilik ile uğraşan yaklaşık 320 bin aile mevcuttur ve 8 bin adet zeytin işleme tesisinin ülkemizde faaliyet gösterdiği tahmin edilmektedir. Bu tesislerin %71'i üç fazlı, %27'si iki fazlı ve %2'si taş baskı olarak üretim yapmaktadır. Zeytinyağı üretimi sırasında 4.000 ton zeytin işlendiğinde üç fazlı üretim sisteminde 4.776 m³ karasu oluşmakta, karasuyun 1 m³'ü ise kirlilik yükü olarak yaklaşık 200 m³ evsel nitelikli atık suya denk gelmektedir (Oktav ve ark., 2003; Hocaoglu ve ark., 2019). Yoğun zeytinyağı üretimi yapan Akdeniz ülkelerinde karasuyun arıtılmadan deşarj edilmesi, önemli bir çevresel sorun olarak kabul edilmektedir. Ancak, arıtılıp kullanıldığında yüksek miktarda organik madde ve potasyum, ayrıca daha az miktarlarda da olsa azot, fosfor, kalsiyum, demir ve magnezyum gibi besin elementi içermekte olan değerli bir kaynaktır. Zeytin karasuyunun arıtılması ile ilgili çalışmalar devam etmekte ve henüz deşarj standartlarını tam olarak sağlayan bir arıtma yöntemi bulunmamaktadır. Ülkemizde, Çevre Kanunu çerçevesinde çıkarılan Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde zeytinyağı sektörünün atık sularına ait alıcı ortam standartları tanımlanmıştır. Ancak, bu sektörde etkinlik gösteren işletmelerin küçük kapasiteli ve dağınık bir şekilde yerleşmiş olması, zeytinyağı üretim döneminin kısa bir süreli olması, karasu arıtımı ve kontrolü açısından güçlükler yaratmaktadır. Bu zorluklar karşısında üreticiler, açığa çıkan karasuyu en yakın su kaynaklarına veya toprağa hiçbir işleme tabi tutmadan bırakma eğilimindedirler. Karasu arıtımı ve giderimine yönelik oluşan zorluklar karşısında üreticiler, açığa çıkan atık suları toprağa hiçbir işleme tabi tutmadan bırakma eğilimindedirler. Bu durum toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri olumsuz yönde etkilenmektedir (Niaounakis ve Halvadakis, 2006). Bununla birlikte, karasuyun içerdiği fenolik bileşiklerin yüksek miktarda olması bitkiler üzerinde fitotoksik etki yapmakta ve tohumların çimlenmesini engellemektedir. Bu durum sonucunda. Ülkemizde yıllık 600.000 ton zeytin karasuyunun, arıtılmaksızın alıcı ortamlara verildiği tahmin edilmekte, sürekli sistemle çalışan işletmelerin giderek artması ile bu sorun daha da büyümektedir (Ekici, 2010). Bu nedenle, ülkemizde zeytinyağı işletmelerinden kaynaklanan karasuların ülkemiz koşullarında kullanılabilirliğinin belirlenmesi için çalışmalar yapılmaktadır (Okur ve ark., 2016; Uzun ve Seferoğlu, 2017). Kuraklık, düzensiz yağışlar, nüfusun artması tarımsal üretimi olumsuz etkilemektedir. Birim alandan daha yüksek verim alma amacı ile yapılan aşırı gübre uygulaması ile toprağın fazla işlenmesi, topraklarda organik maddenin azalması ile birlikte fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bozulmasına neden olmaktadır. Toprakların bozulan dengesinin tekrar kurulabilmesi için organik madde ilavesi şarttır. Toprakta organik maddenin artması, fiziksel özelliklerin düzelmesine, mikrobiyolojik aktivite artışı ile besin elementlerinin bitkilerin yararlanabileceği forma dönüşmesine ve toprak kimyasal içeriklerinin düzelmesine neden olmaktadır (Eriksen, 2005; Candemir ve Gülser, 2007; Chaturvedi, 2008; Sönmez ve ark., 2018).

Günümüzde yoğun kimyasal gübre kullanımının azaltılması, organik madde içeriği yüksek olan organik atıkların tarım alanlarında değerlendirilmesini hedefleyen sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yaygınlaşmıştır (Şenay ve Tepecik, 2024; Çerçioğlu, 2019; Erşahin, 2007).

Karasu uygulamaları sonrası toprakların organik madde içeriğinin arttığı bunun yanında tuzluluk ve fenolik bileşik konsantrasyonlarında da artışlar meydana geldiği birçok çalışma sonucu ortaya konmuştur (Tunç ve Ünlü, 2015; Cereti ve ark., 2004; Sierra ve ark., 2007). Fakat karasu doğru ve kontrollü şekilde toprağa uygun zamanda, miktarda ya da arıtılarak uygulandığında toprağın özelliklerini iyileştirecek önemli bir kaynaktır. Bu çalışma, yüksek kirlilik içeriğinden dolayı ciddi problem olan zeytin karasuyunun toprağa en ekonomik kullanım yöntemini tespit ederek toprakta kullanılabilirliğini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada, Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'ndeki Menemen Ovası'nda Tipik Xerofluvent toprağa ait bazı kimyasal ve fiziksel toprak özelliklerinin zamansal değişimleri üzerine ham karasu (H), Ca(OH)₂ ile arıtılmış karasu (K) ve güneşte kurutularak elde edilen karasu keki (G) uygulamalarının etkileri saptanmaya çalışılmıştır.

2. Materyal ve Metot

2.1. Materyal

2.1.1. Deneme alanı ve toprak özellikleri

Araştırma '38° 37' 21.8 Kuzey enlemi ve 27° 21' 29.37' Doğu boylamları arasında yer alan İzmir ilinin Menemen ilçesinde Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi arazisinde yürütülmüştür. Denemenin kurulu olduğu Menemen Ovası, Gediz Irmağı'nın beslenme ve boşalım alanı olan Gediz Havzası içerisinde yer almaktadır. Menemen Ovası aluviyal araziler ile koluviyal dağ eteklerini kapsamaktadır. Gediz aluviyal tabanı 0-6 m, yan aluviyaller ise 6-30 m yükseltide olup çevre dağlarının yüksekliği ise 1100 m'ye yaklaşmaktadır. Çalışmanın yürütüldüğü arazinin toprak özelliklerinin belirlenmesi amacı ile analiz yaptırılmış, toprağın tın bünyeye sahip, hafif alkali reaksiyonda (7.72), orta kireçli (%8), tuzluluk tehlikesi içermeyen (%0.044), organik madde bakımından düşük düzeyde (%1.7) olduğu belirlenmiştir. Ayrıca toprağın fosfor bakımından az (5.07 kg da⁻¹) ve potasyum (459.9 kg da⁻¹) bakımından zengin olduğu tespit edilmiştir.

Araştırma alanının görüntüsü *Şekil 1*' de verilmiştir.



Figure 1. Research area

Şekil 1. Araştırma alanı

2.1.2. İklim özellikleri

İklim verileri, çalışma alanında bulunan Meteoroloji Genel Müdürlüğü'ne (MGM) ait otomatik meteoroloji gözlem istasyonundan elde edilmiştir (*Tablo 1*). Menemen Ovası, makro iklim özelliği yönünden Akdeniz iklim tipine girmektedir. Uzun yıllar iklim verilerine göre, Bölgede ortalama sıcaklık 17.05 °C olup, en sıcak ay ortalaması 27.1°C ile temmuz ayında en soğuk ay ortalaması 7.8 °C ile ocak ayında saptanmıştır. Ortalama yağış 546.30 mm, ortalama nispi nem %58.80'dir. 2021 yılı ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 611.4 mm'dir. Ortalama sıcaklık 18.4 °C, ortalama oransal nem %60.6'dır. 2022 yılı ortalama iklim verilerine göre; toplam yıllık yağış 466.0 mm'dir. Ortalama sıcaklık 17.9 °C, ortalama oransal nem %60'dır (MGM, 2022).

2.1.3. Araştırmada kullanılan ham karasu, arıtılmış karasu ve karasu kekinin özellikleri

Araştırma materyali ham karasu, İzmir ilinin Kemalpaşa ilçesinde bulunan ve 3 fazlı sistem ile zeytinyağı ayırma

işlemi yapan bir işletmeden 2021 yılı ilkbaharında (nisan ortası) vidanjör yardımıyla alınmış, deneme alanına transfer edildikten sonra herhangi bir ön arıtmaya tabi tutulmadan bidonlara aktarılmıştır. Karasu arıtma işlemi 2 farklı ekonomik yöntem kullanılarak yapılmıştır. Araştırmada kullanılan karasu keki, karasu çamuru olarak İzmir ilinin Kemalpaşa ilçesinde bulunan ve 3 fazlı sistem ile zeytinyağı ayırma işlemi yapan bir işletmeden 2020 yılı temmuz ayında alınmıştır. Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezine ait boş bir alana getirilmiş ve güneşte kuruması sağlanmıştır. Kuruduktan sonra kesekler işlenerek inceltilmiş ve ardından 8 mm'lik elekten elenmiştir. Araştırmada kullanılan Ca(OH)_2 ile muamele edilerek elde edilen karasu, Okur ve ark. (2016) tarafından bildirilen yöntemle, litreye 40 g gelecek şekilde, 160 kg Ca(OH)_2 4.000 litre ham karasuya uygulanmış, dalgıç motorla karıştırılmış, çökmesi için bekletilmiştir. Çalışmada kullanılan ham karasu, Ca(OH)_2 ile arıtılmış karasu ve güneşte kurutulmuş karasu kekinin bazı özellikleri *Tablo 2*'de verilmiştir.

Tablo 1. Araştırma Yerine İlişkin Uzun Yıllar ve 2021-2022 Yılları İklim Verileri

Table 1. Long-term and 2021-2022 Climate Data for the Research Location

Aylar	Sıcaklık (°C)			Yağış (mm)			Nem (%)		
	UYO	2021	2022	UYO	2021	2022	UYO	2021	2022
Ocak	7.8	10.5	7.2	97.2	164.2	29.6	67.0	73.3	66.8
Şubat	9.0	10.7	9.6	73.7	62.6	78.6	64.5	66.3	70.2
Mart	11.1	10.4	8.2	62.7	129.6	21.4	62.5	65.2	58.0
Nisan	15.1	15.8	16.7	41.0	33.2	22.2	59.3	63.2	60.7
Mayıs	20.1	21.6	21.6	26.8	0.2	0.0	55.8	56.6	52.0
Haziran	24.8	24.9	26.6	10.3	16.8	13.8	49.9	55.1	50.6
Temmuz	27.1	29.3	28.8	2.5	0.0	0.0	47.4	47.3	40.3
Ağustos	26.6	28.6	28.3	2.5	0.0	3.8	49.4	48.5	58.2
Eylül	22.5	23.6	23.8	12.0	2.8	0.0	55.1	50.7	54.1
Ekim	17.6	20.2	18.0	38.9	25.4	60.8	61.2	68.6	63.5
Kasım	13.1	13.7	15.7	72.5	3.0	51.6	65.2	57.7	71.2
Aralık	9.7	12.1	10.9	106.3	173.6	184.2	68.3	74.5	74.2
Ortalama	17.05	18.45	17.95				58.8	59.3	58.7
Toplam				546.3	611.4	466.0			

UYO: Uzun yıllar ortalaması

Tablo 2. Araştırmada kullanılan ham karasu, arıtılmış karasu ve karasu kekinin bazı özellikleri

Table 2. Some properties of raw olive mill waste water and different treated olive mill wastewater and olive mill wastewater cake

	Ham Karasu (H)	Arıtılmış Karasu (K)	Karasu Keki (G)
pH	4.95	11.92	5.36
EC, dS m ⁻¹	12.59	20.45	18.25
Organik madde, %	40.32	19.57	85.17
Toplam Fenol, mg l ⁻¹	70.99	23.14	56.8

2.2. Metot

2.2.1. Deneme deseni

Deneme 2021 ve 2022 yıllarında Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezine ait arazide tesadüf blokları deneme desenine göre 5 uygulamalı, 3 tekerrürlü ve çakılı olarak yürütülmüştür. Her bir parsel 5x5.6 m boyutlarında 28 m²'lik alanda tasarlanmış olup, deneme araları 4 m ve parseller arası 3 m boşluklarla birlikte toplam deneme alanı 3800 m² büyüklüğünde oluşturulmuştur. 2021 tarihinde 3 farklı karasu uygulaması yapılmıştır. Her bir uygulama için ayrı deneme kurulmuştur. Birinci deneme ham zeytin karasuyunun (H) 3 farklı miktarı (5, 10 ve 15 m³ da⁻¹) ile optimum NPK mineral gübre uygulaması ile kontrolden; ikinci deneme Ca(OH)_2 ile arıtılmış zeytin karasuyunun (K) 3 farklı miktarı (5, 10 ve 15 m³ da⁻¹) ile optimum NPK mineral gübre uygulaması ile kontrolden; üçüncü deneme güneşte kurutularak elde edilen karasu kekinin (G) 3 farklı miktarı (kuru ağırlık olarak 1, 2 ve 3 t da⁻¹) ile optimum NPK mineral gübre uygulaması ile kontrolden oluşmuştur. Sadece mineral gübre uygulamasını içeren parsellerden gübre gereksinimlerini belirlemek için toprağın 0-30 cm derinliğinden örnekler alınmıştır. Gübre atılacak parsel topraklarının bazı özellikleri *Tablo 3*'te, araştırmada uygulanan deneme deseni *Şekil 2*'de verilmiştir.

Tablo 3. Gübre uygulanacak parsellerin bazı toprak özellikleri*Table 3. Some properties of some characteristics of the plots to be fertilised*

Konular	Derinlik (cm)	Toplam Tuz (%)	pH	Kireç (%)	P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	K ₂ O (kg da ⁻¹)	Organik Madde (%)
G _{MG}	0-30	0.018	7.38	5.0	7.2	112.4	1.4
H _{MG}	0-30	0.016	7.54	5.1	5.9	101.3	1.4
K _{MG}	0-30	0.013	7.51	5.3	5.1	104.3	1.3

Denemede test bitkisi olarak yetiştirilen mısırın ihtiyacı olan mineral gübre uygulaması toprak analiz sonuçlarına göre 50 kg da⁻¹ 20.20.0 kompoze gübre, 21.71 kg da⁻¹ üre gübresi şeklinde uygulanmıştır.

K ₁₅	K ₁₀	K ₅	H ₁₅	H ₁₀	H ₅	G ₃	G ₂	G ₁
K ₁₀	K ₅	K _{MG}	H ₁₀	H ₅	H _{MG}	G ₂	G ₁	G _{MG}
K ₅	K _{MG}	K _T	H ₅	H _{MG}	H _T	G ₁	G _{MG}	G _T
K _{MG}	K _T	K ₁₅	H _{MG}	H _T	H ₁₅	G _{MG}	G _T	G ₃
K _T	K ₁₅	K ₁₀	H _T	H ₁₅	H ₁₀	G _T	G ₃	G ₂

K₅: 5 m³ da⁻¹K₁₀: 10 m³ da⁻¹K₁₅: 15 m³ da⁻¹K_T: TanıkK_{MG}: Mineral gübreH₅: 5 m³ da⁻¹H₁₀: 10 m³ da⁻¹H₁₅: 15 m³ da⁻¹H_T: TanıkH_{MG}: Mineral gübreG₁: 1 t da⁻¹G₂: 2 t da⁻¹G₃: 3 t da⁻¹G_T: TanıkG_{MG}: Mineral gübre*Figure 2. Trial design applied in the research.***Şekil 2. Araştırmada uygulanan deneme deseni****2.2.2. Karasu ve karasu keki uygulamaları**

Ham karasu ve arıtılmış karasu, 29.04.2021 tarihinde ölçülü su tanklarına su motoru aracılığı ile belirlenen dozlarda aktarılmış, ilgili parsellere hortum yardımıyla uygulanmıştır. Toprak tava geldiğinde toprak frezesi ile toprağa karıştırılması sağlanmıştır. Yaz ve sonbahar döneminde kurutulup dövülerek çapları küçültülen karasu keki, 8 mm'lik elekten elenip, 30.04.2021 tarihinde araştırmada belirlenen dozlara göre ilgili parsellerdeki toprak yüzeyine homojen olarak yayılmıştır (Şekil 3). Daha sonra, rotovator ile toprağa karışması sağlanmıştır.

*Figure 3. Application of treated olive mill wastewater, olive mill wastewater and Olive mill wastewater cake to soil***Şekil 3. İşlenmiş karasu, ham karasu ve karasu kekinin toprağa uygulanması****2.2.3. Toprak örneklerinde laboratuvar analizleri**

Toprak örnekleri, ham karasu, arıtılmış karasu ve karasu keki uygulamasını takiben 3 ay (01.07.2021), 5 ay (20.09.2021) ve 16 ay (07.06.2022) sonra her parselin 0-30 cm derinliğinden alınmıştır. Laboratuvar da kurutulan

toprak örneklerinin yarısı 2 mm'lik elekten elenirken diğer yarısı strüktür stabilite indeksi (SSİ) analizleri için 8 mm'lik elekten elenmiş ve analize tabi tutulmuştur. Toplam fenol analizi için her parselin 0-20 cm derinliğinden toprak örnekleri alınmıştır. Mevcut nem durumunda 2 mm'lik elekten elenmiştir. Elenen örnekler 4 °C'de buzdolabında saklanmış ve 30 gün içinde analizler yapılmıştır. Örneklerde; toprak reaksiyonu (pH), saturasyon çamurunda cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards, 1954); Toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerleri saturasyon çamurunda kondaktivite cihazı ile ölçülmesiyle (Aydemir, 1992); organik madde, modifiye Walkley-Black yöntemiyle saptanmıştır (Jackson, 1967). Strüktür Stabilite İndeksi (SSİ) değerleri 8 mm'lik elekten geçirildikten sonra, toprak-su süspansiyonundaki hidrometre okumalarına dayalı olarak toplam mil+kil ve bağlanmamış mil+kil miktarlarının ölçülmesi ile belirlenmiştir (Tüzüner, 1990). Hidrolik iletkenlik, sature hale getirilmiş 100 cm³'lük yapısı bozulmamış toprak örneklerinde toprak sütununun gözeneklerinden birim zamanda hacim olarak geçen suyun ölçülmesi ile belirlenmiştir (Blake ve Hartge, 1986). Tarla kapasitesi yapısı bozulmamış örneklerde gözenekli levhada örnekler saf su ile doyurulduktan sonra basınç aletinde 1/3 atmosfer basınç uygulanarak belirlenmiştir (Burt, 2014). Toprak toplam fenol madde tayini için kullanılan ekstraksiyonların eldesi Okur ve ark. (2016) tarafından bildirilen yöntemle gerçekleştirilmiştir. Fenol analizleri için 5 g toprak örneği alınmış 50 ml saf su ile 2 gün boyunca çalkalayıcıda karıştırılmış, mavi bantlı filtre kağıdından süzülükten sonra 10 dakika boyunca 5000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Elde edilen ekstraksiyonlar +4 °C sıcaklıkta depolanmak üzere tüplere aktarılmıştır ve Merck / WTW 14551 fenol reaktifi kitleri kullanılarak belirlenmiştir.

2.2.4 Analiz sonuçlarının değerlendirilmesi

Araştırmada elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde JMP13 istatistik programı aracılığı ile varyans analizi gerçekleştirilmiştir. Varyans analizleri, faktörlerin % 5 önem düzeyinde en küçük önemli farkları (LSD) belirlenerek yapılmıştır. Uygulamalar arası farkların belirlenmesinde de yine LSD karşılaştırma testi kullanılmıştır.

3. Araştırma Sonuçları ve Tartışma

3.1. Karasu keki, ham zeytin karasuyu, arıtılmış zeytin karasuyu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Farklı işlem görmüş karasu ve mineral gübre uygulamalarının, uygulamadan 3 ay, 5 ay ve 16 ay sonra toprak örneklerinin bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi *Tablo 4* 'de verilmiştir. Birinci dönem karasu keki uygulama dozlarının artması ile toprağın tarla kapasitesi değerinde azalma gözlemlenirken, ikinci ve üçüncü dönem değerlerde yükselme belirlenmiştir. Karasu keki ve mineral gübre uygulamalarının birinci ve ikinci dönemlerde toprakların tarla kapasitesi üzerinde kontrole göre istatistiksel olarak önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir. Ancak, üçüncü dönemde konular arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmuştur. Birinci dönem tarla kapasitesi değerlerindeki azalmaların Magdich ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışma sonucunda da belirtildiği gibi karasuyun yapısında bulunan yağ-gress konsantrasyonlarına bağlı olarak toprağın yüksek hidrofobik davranış göstermesinden kaynaklı olduğu düşünülmektedir. Torun (2018), 0.5 t da⁻¹ ve 1.0 t da⁻¹ pirina uygulamalarının topraktaki tarla kapasitesini artırdığını, fakat bu artışın istatistiksel anlamda önemli olmadığını bildirmiştir. Çalışmamızda, birinci dönem kontrol toprağına kıyasla ham karasu uygulamaları ile toprakların tarla kapasitesi değerlerinde düşme belirlenirken, ikinci dönem kontrol toprağına kıyasla yükselme tespit edilmiştir. Uygulamalar arası fark iki dönemde de istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. İkinci dönemde belirlenen değerlerin kontrol toprağına kıyasla daha yüksek olması Peikert ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma sonucunda belirtildiği gibi kirleticilerin ve zor ayrışan bileşenlerin zaman içerisinde ayrışmaya başladığını ve tarla kapasitesi üzerine etki etmeye başladığını göstermektedir. Ayrışma olayları sonucu daha küçük taneciklerin oluşması kapillar boşluk miktarını artırarak tarla kapasitesi değerini artırabilir. Üçüncü dönem 10 m³ da⁻¹ ham karasu ve mineral gübre uygulanan parsellerin tarla kapasitesi değerleri kontrol toprağın değerinden yüksek, 5 m³ da⁻¹ ve 15 m³ da⁻¹ ham karasu uygulanan parsellerin değerleri ise kontrol konusundan düşük belirlenmiştir. Konular arası oluşan fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Birinci ve üçüncü dönem arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulamalarının toprakların tarla kapasitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. İkinci dönem 15 m³ da⁻¹ arıtılmış karasu uygulanan parsellerin tarla kapasitesi değerleri kontrol toprağın değerinden yüksek tespit edilmiş, uygulamaların toprağın tarla kapasitesi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Karasu uygulamalarının toprağın su tutma kapasitesi üzerindeki etkilerine ilişkin yapılan çalışmalar farklı sonuçlar ortaya koymuştur. Bazı araştırmalarda, karasu uygulamalarının toprakta tutulan su hacmini ve dolayısıyla bitkilerin erişebildiği su hacmini azalttığı bildirilmiştir (Mahmoud ve ark., 2010; Travis ve ark., 2008; Wallach ve

ark., 2005). Buna karşılık, diğer farklı çalışmalarda ise karasu ile sulanan parsellerde başlangıçta kontrole kıyasla daha düşük su içeriği gözlenmesine rağmen, belirli bir süre sonra kontrole göre %50'ye varan artış tespit edilmiştir (Mekki ve ark., 2006; Mohawesh ve ark., 2014; Diamantis ve ark., 2013). Araştırmacılar, bu durumun karasu ile muamele edilen parselde zamanla daha yavaş bir toprak dehidrasyon oranından kaynaklandığını ve bunun da kontrol olarak kullanılan parselde kıyasla daha yüksek nem içeriğine yol açtığını bildirmiştir. Birinci ve ikinci dönem karasu keki, ham karasu, arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulanan parsellerin hidrolik iletkenlik değeri kontrol toprağın değerinden yüksek belirlenmiştir. Fakat sadece karasu keki uygulamaları sonrasında ikinci dönemde değerlerde istatistiksel olarak önemli bir artış saptanmıştır. Üçüncü dönem karasu keki, ham karasu, arıtılmış karasu uygulama dozlarının artmasıyla toprağın hidrolik değerlerinde azalma belirlenmiş, ancak bu azalmalar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kara ve ark. (2022), %2, %4, %6 ve %8 oranlarında pirina uygulamalarına paralel toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde artış belirlemişlerdir. Tespit edilen artış, pirinanın yüksek organik madde içeriğinden dolayı toprak agregasyonunu arttırması ile ilişkilendirmişlerdir. Yüksek organik madde içeriğine sahip zeytin karasu keki uygulaması ile toprağın hidrolik iletkenlik değerlerindeki artış birçok araştırmacı tarafından da saptanmıştır (Adekalu ve ark., 2007; Yılmaz ve Alagöz, 2008; Blanco-Canqui ve ark., 2011; Gülser ve ark., 2017). Ham karasuyun toprağın hidrolik geçirgenliği üzerine etkisi ile ilgili yapılan çalışmalarda farklı sonuçlar ortaya konmuştur. Pagliai ve ark. (2001), ham karasu uygulamalarının toprağın hidrolik özelliklerini olumlu yönde etkilediğini ileri sürerken, Mahmoud ve ark. (2010), beş ve 15 yıl art arda Cambisol toprak grubuna uygulanan ham karasuyun toprak hidrolik iletkenlik özelliklerini olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Araştırmacılar bu etkinin, uzun süreli ham karasu uygulamalarının karasuyun içerdiği yağ ve yağ artıklarının birikmesinden kaynaklanabileceğini belirtmişlerdir. Magdich ve ark. (2020), uzun süre ham karasu uygulamalarının, toprağın özellikle üst katmanında uygulama yapılan miktarlara bağlı olarak hidrolik özellikleri olumsuz yönde etki ettiğini vurgulamışlardır. Albalasmeh ve ark. (2019), yaptıkları çalışmada, her kolona haftalık olarak farklı dozlarda ham karasu uygulandığında toprağın hidrolik iletkenlik değerlerinin doz artışlarına paralel olarak azaldığını belirtmişlerdir. Sahrhoui ve ark. (2015), tınlı kum bünyeye sahip toprağa 4 ay boyunca yapılan $50 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ karasu uygulamalarının ikinci ayında hidrolik iletkenlik değerlerinde artış gözlemlendiğini, ancak bu artışın karasu uygulamasını takiben üçüncü ve dördüncü aylarda kademeli olarak azaldığını belirtmişlerdir. Travis ve ark. (2008); Albalasmeh ve ark. (2019); Gharaibeh ve ark. (2007), toprağın hidrolik iletkenlik değerlerinin genellikle karasu uygulama sıklığı, uygulama dozu, toplam askıda katı madde konsantrasyonu, toprağın yapısı ve yağlı maddelerin konsantrasyonu gibi faktörlere bağlı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Biswas ve ark. (2017), yeraltı suyu, seyreltilmiş atık su, seyreltilmemiş atık su uygulamaları sonrası toprağın hidrolik iletkenlik değerini en fazla yükselten uygulamanın atık su olduğunu tespit etmişlerdir. Birinci ve üçüncü dönemlerde, karasu keki, ham karasu ve mineral gübre uygulamalarının toprakların SSİ değerine olan etkisi önemsiz belirlenirken, ikinci dönemde bu uygulamaların etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her üç dönemde de arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulamalarının toprakların SSİ değerine etkisi olmamış, uygulamalar arası fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Yapılan bir çalışmada, kısa süreli organik atık uygulamaları ile toprağın fiziksel özelliklerinin çok daha zor değiştiği ve istatistiksel olarak önemli çıkan çalışmaların genellikle toprağa uzun vadeli uygulamaların yapıldığı çok yıllık çalışmalar olduğu bildirilmiştir (Mahmoud ve ark., 2010). Garcia ve ark. (2011), on altı yıl boyunca zeytin pirinası uygulamaları sonrası toprakların agregat stabilitesi değerlerinde uygulanmayan toprağa kıyasla %1.4 ile %3.3 oranlarında artış tespit edildiğini belirtmişlerdir. Torun (2018), toprağa zeytin pirinası uygulamalarının toprakların % agregat stabilite değerlerini kontrol uygulamasına kıyasla arttırdığını fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığını ifade etmiştir. Toprak agregat büyüklük dağılımları üzerine ise pirina uygulamalarının etkisinin daha fazla olduğunu ifade etmiştir. Mahmoud ve ark. (2012) ile Chatzistathis ve Koutsos (2017), karasuyun yapısında bulunan organik bileşiklerin; agregat ve gözenek duvarları etrafında kaplamalar oluşturarak toprak parçacıklarını birbirine bağlama yeteneğine ve toprağın fiziksel özelliklerini önemli ölçüde geliştirme veya değiştirme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir.

Tablo 4. Karasu keki (G), ham karasu (H), arıtılmış karasu (K) ve mineral gübre (MG) uygulamalarının dönemlere bağlı olarak toprağın bazı fiziksel özellikleri üzerine etkisi

Table 4. Effect of treated olive mill wastewater, olive mill wastewater and olive mill wastewater cake on the physical properties of the soil

*p<0.05 düzeyinde önemli

Konu	Tarla Kapasitesi (%)			Hidrolik iletkenlik (cm h ⁻¹)			Strüktür Stabilité İndeksi		
G (t da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	25.62	25.19	28.02b	0.70	1.77c	0.70	28.47	23.05b	20.17
1	26.35	24.73	28.00b	1.32	3.29ab	0.77	28.45	28.17ab	20.59
2	25.51	25.21	29.0ab	1.42	1.86bc	0.61	29.19	28.72ab	23.90
3	24.40	25.67	29.66a	2.46	3.93a	0.56	27.76	33.54a	22.58
MG	24.90	24.42	28.35b	2.13	2.31bc	0.73	27.06	25.27b	21.42
P	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	*	ns
LSD			1.088		1.427			5.871	
H (m ³ da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	25.62	23.99	28.40a	1.24	2.06	0.74	27.06	23.83a	27.25
5	23.84	25.30	27.91b	1.91	2.20	0.69	26.39	20.36b	21.83
10	24.62	25.84	28.83a	2.34	2.14	0.65	25.99	19.66b	21.88
15	25.19	25.62	27.79b	2.30	2.94	0.57	27.72	20.40b	2691
MG	24.43	22.87	29.53a	1.76	2.16	0.72	26.40	25.24a	24.58
P	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	*	ns
LSD			1.132					3.185	
K (m ³ da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	22.14	22.63a	27.17	1.24	2.63	1.30	27.27	24.27	23.53
5	23.00	21.23c	26.44	2.36	3.68	1.59	26.88	19.77	24.01
10	23.23	21.82b	26.18	1.74	3.04	1.32	27.50	19.87	23.96
15	22.61	22.73a	25.68	1.75	3.64	0.95	26.53	26.44	24.99
MG	20.40	20.97c	26.57	3.14	3.52	1.48	27.91	24.98	22.38
P	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
LSD		0.547							

3.2. Karasu keki, ham zeytin karasuyu, arıtılmış zeytin karasuyu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Ham karasu, arıtılmış karasu, karasu keki ve mineral gübre uygulamalarını takiben 3 ay, 5 ay ve 16 ay sonra toprakların bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi Tablo 5’de verilmiştir. Karasu keki uygulanan tüm parsellerde, birinci ve ikinci dönem kontrol toprağına göre pH değerlerinde bir yükselme saptanırken; üçüncü dönemde bir düşme belirlenmiştir. Üçüncü dönem pH değerlerinde belirlenen düşme istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Araştırmada, uygulanan orta asidik karaktere sahip olan karasu keki ve ham karasu uygulamalarından 3 ay ve 5 ay sonra toprak pH’sının beklenen düzeyde düşmemesi, Khalil ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışma sonucunda belirtildiğı gibi; göreceli olarak toprağın güçlü tamponlama kapasitesinden kaynaklanmaktadır. Uzun (2016), artan karasu keki dozlarına paralel olarak toprakların pH değerlerinde yükselme olduğunu, fakat bu artışın istatistiksel olarak önemli olmadığını bildirmişlerdir. Kara ve ark. (2022), kumlu tın bünyeye sahip toprağı pirina uygulamasından 7 ay sonra pH değerlerinin azaldığını bildirmişlerdir.

Çalışmada, ham karasu uygulanan tüm parsellerde birinci dönem kontrol toprağına göre bir yükselme tespit edilirken, ikinci dönem 15 m³ da⁻¹ ham karasu uygulaması sonucu kontrol toprağı ile aynı pH değeri belirlenmiştir. Diğer uygulamalarda ise kontrol toprağına göre daha yüksek pH değeri saptanmıştır. Üçüncü dönem tüm uygulamaların pH değerlerinde kontrole göre düşme görülmüştür. Birinci, ikinci ve üçüncü dönem ham karasu deneme alanı konularında pH değerinde istatistiksel olarak önemli bir değişim saptanmamıştır. Arıtılmış karasu

uygulanan tüm parsellerde toprakların pH değerleri birinci, ikinci ve üçüncü dönemlerde uygulamalardan etkilenmemiş, konular arası fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Karasu ile yapılan çalışmalar sonucunda toprak pH'sında meydana gelen değişiklikler hakkında farklı sonuçlar bildirilmektedir. Bazı araştırmacılar, karasuyun düşük pH içeriğinden dolayı karasu uygulamasından çok kısa süre sonra toprak pH değerinin azaldığını rapor etmişlerdir (Zenjari ve Nejmeddine, 2001; Sierra ve ark., 2007; Di Serio ve ark., 2008; Brunetti ve ark., 2007; Chaari ve ark., 2014). Bazı araştırmacılar ise bizim çalışmamızda olduğu gibi, karasu uygulamalarından sonra pH'da artış olduğunu bildirmişlerdir. Di bene ve ark. (2013), toprakta tespit edilen bu artışın uygulamadan altı ay sonra, Piotrowska ve ark. (2011), yedi hafta sonra, Chartzoulakis ve ark. (2010) ise daha uzun sürede olduğunu tespit etmişlerdir. Yapılan farklı çalışmalarda, zeytin karasuyu ve pirina uygulaması ile toprağın mikrobiyolojik aktivitesinde meydana gelen artışın organik bileşiklerin yapısı, karasuyun uygulama sıklığı ve miktarı, toprağın yapısı, toprağın içerdiği nem miktarı gibi faktörlere bağlı olarak değiştiğini saptamışlardır (Öztürk ve ark., 2010; Magdich ve ark., 2013; Özdemir ve Durmuş, 2016; Sofi ve ark., 2016; Zhongjun ve ark., 2017). Bazı araştırmacılar, karasu uygulamaları sonrası toprak pH'sında tespit ettikleri azalmanın sebebinin mikroorganizmaların organik bileşiklerin yapısına bağlı olarak ayrıştırması sırasında açığa çıkan salgılardan, solunumları sonucu oluşan karbonik asit ve organik maddenin ayrışması sırasında açığa çıkan organik ve inorganik asitlerin içeriği ve miktarından kaynaklandığını ifade etmişlerdir (Chartzoulakis ve ark., 2010; Sierra ve ark., 2007; Sellami ve ark., 2008; Parades ve ark., 2005; Mechri ve ark., 2008).

Birinci ve ikinci dönem karasu keki uygulama dozlarına paralel toprakların EC değerlerinde istatistiksel olarak önemli artış belirlenmiştir. 1 t da⁻¹ karasu keki uygulanan toprakların EC değerleri kontrol toprağın değerinin altında, diğer uygulamalar kontrol toprağın değerinin üstünde tespit edilmiştir. Torun, (2018), zeytin pirina uygulamalarının toprağın EC değerlerini etkilemediğini rapor etmiştir. Tohumcu ve Aydın (2016), kontrol toprağına göre pirina uygulaması ile toprakların EC değerlerinin arttığını belirtmişlerdir. Üç dönemde ham karasu uygulamalarına paralel toprak EC değerlerinde yükselme tespit edilmiş, birinci dönem uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark önemli bulunmuştur. Her üç dönemde arıtılmış karasu uygulanmış toprakların EC değerleri kontrol toprağın değerinden yüksek tespit edilmiş, birinci ve üçüncü dönem konular arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Dakhli ve ark. (2021), ham karasu uygulamalarının toprak EC değerlerini yükselttiğini ve bu artışın içerdiği Na⁺ ve Cl⁻ iyonlarından kaynaklandığını bildirmiştir. Okur ve ark. (2016), ham karasu uygulamalarının toprak EC değerlerinde artışa neden olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Ca(OH)₂ ile arıtılmış zeytin karasuyu uygulanmış tüm toprakların EC değerlerinin kontrol toprağından yüksek olduğunu saptamışlardır. Bununla birlikte, bu durumun topraklarda herhangi bir tuzluluk tehlikesine yol açmadığını bildirmişlerdir.

Kontrol parseli ile karşılaştırıldığında, birinci ve 2.dönem karasu keki uygulamaları toprakların organik madde içeriğini önemli derecede yükseltmiş, mineral gübre uygulamaları toprakların organik maddesini istenilen düzeyde yükseltmemiştir. Her iki dönemde de uygulamaların toprağın organik madde üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uzun (2016), birinci ve ikinci yılda karasu keki dozları arttıkça toprakların organik madde değerlerinde yükselme olduğunu belirtmiştir. En yüksek değerlerin birinci yılda 3 t da⁻¹ karasu keki uygulaması ile, ikinci yılda ise 1.5 t da⁻¹ ve 3 t da⁻¹ uygulamaları ile elde edildiğini tespit etmiştir. Karasu keki uygulamaları sonrası toprakta belirlenen organik madde içeriğindeki artışın toprak, bitki verimliliği ve bitki beslenmesi için istenen düzeyde olmadığını vurgulamıştır. Tohumcu ve Aydın (2016), %10 pirina ve zeytin posası uygulamaları ile toprakların organik madde içeriğinin %2.9'dan %3.6'ya yükseldiğini beyan etmişlerdir. Araştırmada, birinci ve 2.dönem ham karasu, arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulamalarının toprakların organik madde içeriğine etkisi önemsiz bulunmuştur. Okur ve ark. (2016), düşük organik madde içeriğine sahip ham karasuyunun (%4.67) toprak organik madde miktarını artırmak için yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Bunun nedeninin karasudaki kolay mineralize olabilen organik maddelere bağlanabileceğini öne sürmüşlerdir. Göçmez (2006), çalışmada yaklaşık %55 oranında organik madde içeren arıtma çamurunun uygulandığı toprakların organik madde miktarını arttırdığını fakat bu artışın “orta” düzeye getirecek kadar yeterli olmadığını vurgulamıştır. Bunun nedenini menemen koşullarında hava sıcaklığının yüksek olmasından dolayı topraktaki mikrobiyal aktivitenin hızlanmasına ve uygulanan organik materyallerin hızla mineralize olmasına bağlamıştır.

Tablo 5. Karasu keki (G), ham karasu (H), arıtılmış karasu (K) ve mineral gübre (MG) uygulamalarının dönemlere bağlı olarak toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkisi

Tabla 5. Effect of treated olive mill wastewater, olive mill wastewater and olive mill wastewater cake on the chemical properties of the soil

Konu	pH			EC(dS m ⁻¹)			Organik madde (%)		
G (t da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	7.62	7.70	7.97a	0.547b	0.624c	0.423	1.4b	1.4bc	1.5cd
1	7.78	7.85	7.91a	0.460b	0.517c	0.484	1.6ab	1.5bc	1.6bc
2	7.70	7.95	7.94a	0.586b	0.630c	0.520	1.9a	1.8b	1.7ab
3	7.73	7.76	7.83b	0.580b	0.757b	0.518	1.9a	2.2a	1.9a
MG	7.58	7.78	7.96a	0.761a	0.880a	0.501	1.3b	1.2c	1.4d
P	ns	ns	*	*	*	ns	*	*	*
LSD			0.066	0.153	0.115		0.365	0.363	0.020
H (m ³ da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	7.69	7.62	8.05	0.544 c	0.616	0.463	1.5	1.4	1.5
5	7.78	7.74	7.98	0.773ab	1.219	0.524	1.4	1.3	1.5
10	7.73	7.82	8.01	0.837a	1.408	0.586	1.4	1.3	1.6
15	7.73	7.62	7.99	0.893a	1.469	0.594	1.4	1.5	1.7
MG	7.70	7.79	8.01	0.676b	1.157	0.475	1.4	1.4	1.5
P	ns	ns	ns	*	ns	ns	ns	ns	ns
LSD				0.125					
K (m ³ da ⁻¹)	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D	1.D	2.D	3.D
Kontrol	7.71	7.76	8.05	0.429c	0.465	0.421bc	1.5	1.5	1.5
5	7.77	8.03	8.02	0.527bc	0.544	0.444bc	1.4	1.2	1.5
10	7.70	8.01	8.07	0.693b	0.735	0.524a	1.4	1.3	1.5
15	7.72	8.00	8.05	0.970a	0.804	0.469b	1.4	1.4	1.5
MG	7.71	7.88	8.07	0.385c	0.545	0.410c	1.4	1.3	1.4
P	ns	ns	ns	*	ns	*	ns	ns	ns
LSD				0.172		0.052			

*p<0.05 düzeyinde önemli

3.3. Karasu keki, ham zeytin karasuyu, arıtılmış zeytin karasuyu ve mineral gübre uygulamalarının toprağın toplam fenol içeriği üzerine etkisi

Farklı işlem görmüş karasu ve mineral gübre uygulamalarını takiben 3 ay, 5 ay ve 16 ay sonra toprakların toplam fenol içeriğine etkisi *Tablo 6*'da verilmiştir. Birinci dönem karasu keki ve mineral gübre uygulamaları sonrası toprakta en yüksek fenol içeriği 2 t da⁻¹ uygulamasından, en düşük toplam fenol içeriği mineral gübre uygulamasından elde edilmiştir. Karasu keki uygulamalarından elde edilen toplam fenol değerleri kontrol toprağından yüksek, mineral gübre uygulamasından elde edilen toplam fenol değeri kontrol toprağından düşük tespit edilmiştir. İkinci dönem en yüksek toprak toplam fenol içeriği 3 t da⁻¹ uygulamasından, en düşük fenol içeriği ise kontrol toprağından ve mineral gübre uygulamasından elde edilmiştir. Artan karasu keki dozlarına paralel toprakların toplam fenol değerlerinde yükselme tespit edilmiştir. Üçüncü dönem konular arası ortalama fenol içeriği 1.8-2.77 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek fenol miktarı 2 t da⁻¹ konusundan, en düşük kontrol konusundan elde edilmiştir. Çalışmada, karasu keki uygulamalarını takiben 3, 5 ve 16 ay sonra toprakların toplam fenol içeriğinde azalma olduğu belirlenmiş, her üç dönemde de uygulamaların toprak fenol içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Benzer şekilde Bonari ve ark. (1993); Aliotta ve ark. (2000), karasu çamurunun toprağına uygulanması ile yapısında bulunan polifenolik bileşiklerin fitotoksik etki gösterdiğini fakat bekletilip kek halinde toprağına uygulanması durumunda fenolik bileşiklerin etkisinin azaldığını belirtmişlerdir. Galliou ve ark. (2018), Şubat-Ağustos ayları arasında zeytin atığı çamurunu sera koşulları altında beklettikten sonra toplam fenol içeriğinin yaklaşık 3.7 g kg⁻¹'a düştüğünü rapor etmişlerdir. Benzer şekilde Abu-Lafi ve ark.

(2017); Sa ve ark. (2019); Sklavos ve ark. (2015) tarafından yapılan çalışma sonuçlarında 50 °C'ye kadar olan koşullarda Hidroksitirozol gibi bazı spesifik fenolik bileşik içeriğinin oksidasyon yoluyla önemli ölçüde azalabileceği belirlenmiştir. El Hajjouji ve ark. (2014); Ntougias ve ark. (2013); Rubio ve ark. (2019), güneşte kurutma yöntemiyle karasu çamur bileşiminin yaklaşık yüzde otuzunu temsil eden lipid ve fenol oranında azalma belirlendiğini ifade etmişlerdir. Bouhia ve ark. (2021), karasu çamurunun güneşe bırakılmasından 5 gün sonra fenoller, biyolojik olarak kolayca parçalanabilen lipidler ve biyo-dirençli lipidlerin sırasıyla %13, %3.82 ve %3.31 oranında, 1 ay sonra %23, %21 ve %17.37 oranında, 2 ay sonra %38, %40.82 ve %34.4 oranında azaldığını bildirmişlerdir. 3 ayın sonunda ise toplam fenoller ve kolayca biyolojik olarak parçalanabilen ve biyo-dirençli lipidler için içeriklerinin sırasıyla %48, %60 ve %52 oranında azaldığını, fenollerin ve lipid toprak içeriğinin azalması, toprak mikrobiyal aktivitesinin artmasından kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir.

Birinci dönem toprağın 0-20 cm derinliğinde ham karasu ve mineral gübre uygulamaları sonrası toprakların toplam fenol içeriği 1.20-8.80 mg kg⁻¹ arasında, ikinci dönem toplam fenol içeriği 1.23-5.93 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Her iki dönemde de en yüksek fenol içeriği 15 m³ da⁻¹ uygulamasından, en düşük fenol içeriği ise mineral gübre uygulamasından elde edilmiştir. Üçüncü dönem konular arası ortalama toplam fenol içeriği 1.90-3.60 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek değer 10 m³ da⁻¹ konusunda, en düşük değer ise kontrol konusunda tespit edilmiştir. Çalışmada, ham karasu uygulamalarını takiben 3 ay, 5 ay ve 16 ay sonra toprakların toplam fenol içeriğinde düşme belirlenmiştir. Üç dönemde de uygulamaların toprağın toplam fenol üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Mohawesh ve ark. (2019), çalışmalarında, karasu uygulamalarından 1 ay sonra toprağın 0-20 cm derinliğinde fenol miktarını 11.89 mg kg⁻¹ belirlediklerini, karasu uygulamalarından 8 ay sonra toplam fenol içeriğinin 2.22 mg kg⁻¹'a düştüğünü tespit etmişlerdir. Zaman içerisinde toprakların toplam fenol içeriğinde belirlenen azalmanın sebebinin ayrışmaya, yıkanmaya, toprak bitki döngüsündeki kimyasal immobilizasyona bağlamışlardır. Mechri ve ark. (2008); Saadi ve ark. (2013), karasu uygulamasından 2 ay sonra toprağın toplam fenol içeriğinde azalma belirlediklerini bildirmişlerdir. Khalil ve ark. (2021); Piotrowska ve ark. (2006), karasu uygulamalarından sonra toprakta organik bileşik miktarının artması ile bakteri sayısında artış gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Toprakta artan organik maddenin miktarı bakterilerin enerji ihtiyaçlarında ve beslenmesinde önemli rol oynadığını, bu durumun fenolik bileşiklerin içeriğinde azalmaya sebep olduğunu ifade etmişlerdir. Khalil ve ark. (2021); Naeb (2011), yüksek oranda karasu uygulamalarının yapısında yüksek fenolik madde içeriğinden dolayı topraktaki mikrobiyal aktiviteyi ve organik bileşiklerin ayrışma süreçlerini olumsuz etkileyebileceğini, toprağa düşük oranda karasu uygulamalarının ise topraktaki mikroorganizmaların aktivitesini olumlu etkilediğini tespit etmişlerdir. Zenjari ve ark. (2001), karasu uygulamalarından 2 ay sonra toprakta toksiteye neden olan maddelerin bozunmasından dolayı mikroorganizma sayılarında artışın olduğunu belirtmişlerdir. Magdich ve ark. (2013), karasu uygulama dozlarına paralel toprağın tüm derinliklerinde toplam fenol içeriklerinin arttığını belirlemişlerdir.

Birinci dönem arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulamaları sonrası toprakların toplam fenol içeriği 2.60-5.24 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek toplam fenol değeri 15 m³ da⁻¹ uygulamasından, en düşük toplam fenol değeri ise mineral gübre uygulamasından elde edilmiştir. Arıtılmış karasu uygulamaları sonrası toprakların toplam fenol değeri kontrol toprağın değerinden yüksek, mineral gübre uygulamaları sonrası toprakların toplam fenol değeri kontrol toprağın değerinden düşük tespit edilmiştir. İkinci dönem uygulamalar arası ortalama toplam fenol içeriği 2.03-4.47 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir. En yüksek fenol içeriği 15 m³ da⁻¹ uygulamasından, en düşük fenol içeriği ise kontrol toprağından elde edilmiştir. Uygulamaların toprağın toplam fenol içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Üçüncü dönem konular arası oluşan fark istatistiksel olarak önemsiz çıkmıştır. Kaykıoğlu ve ark. (2021), ham karasu numunelerine kireç ile ön çöktürme yöntemi uygulandığında fenolik maddelerin giderim verimini %13 oranında belirlendiğini, Zagklis ve ark. (2013), kirecin zeytin karasuyunda bazı organik kirleticilerin ön arıtma olarak giderilmesinde en ucuz koagülant madde olduğunu belirtmişlerdir. Al-Malah ve ark. (2000), ham karasuyun toplam fenol içeriğini 3395 mg l⁻¹ olarak belirlerken, ham karasuya kireç uygulamaları sonrası toplam fenol içeriğinin %71 oranında azaldığını ifade etmişlerdir.

Tablo 6. Karasu keki (G), ham karasu (H), arıtılmış karasu (K) ve mineral gübre (MG) uygulamalarının dönemlere bağlı olarak toprağın toplam fenol içeriğine etkisi

Table 6. Effect of treated olive mill wastewater, olive mill wastewater and olive mill wastewater cake on the total phenol of the soil

Karasu keki (t da ⁻¹)				Ham karasu (m ³ da ⁻¹)				Arıtılmış Karasu (m ³ da ⁻¹)			
Dozlar	1.D	2.D	3.D	Dozlar	1.D	2.D	3.D	Dozlar	1.D	2.D	3.D
Kontrol	1,83c	1,47c	1,80b	Kontrol	1,80c	1,50c	1,87c	Kontrol	2,97bc	2,03d	1,83
1	4,17b	3,60b	2,67a	5	4,50b	3,23b	2,90b	5	4,53ab	2,33cd	1,60
2	6,13a	4,57ab	2,77a	10	4,43b	3,60b	3,57a	10	3,90abc	2,80bc	2,40
3	6,00a	5,07a	2,30ab	15	8,80a	5,93a	2,63b	15	5,24a	4,47a	2,70
MG	1,33c	1,47c	2,27ab	MG	1,20c	1,23c	2,73b	MG	2.60c	3.37b	2,30
P	*	*	*	P	**	**	**	P	*	*	ns
LSD	1.568	1.306	0.536	LSD	1.090	0.814	0.500	LSD	1.735	0,718	

**p<0.01 düzeyinde önemli

*p<0.05 düzeyinde önemli

4. Sonuç

Bu araştırmada, ham karasu, karasu keki, arıtılmış karasu ve mineral gübre uygulamalarını takiben 3 ay (1.dönem), 5 ay (2.dönem) ve 16 ay (3.dönem) sonra toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde bazı fiziksel ve kimyasal toprak analizleri ile toplam fenol analizleri yapılmıştır. Karasu keki, ham karasu ve arıtılmış karasu uygulamaları sonrası üç dönemde de toprakların pH'sındaki değişimler pH derecelendirmesini etkilememiş, topraklar orta alkali topraklar sınıfına girmişlerdir (7,83-8,07). Karasu keki, ham karasu ve arıtılmış karasu uygulamaları sonrası toprakların elektriksel iletkenlik (EC) değerlerinde (0,423 -1,117 dS m⁻¹) istatistiksel olarak önemli artış saptanmıştır. Ancak tüm topraklar tuzluluk sorunu içermeyen topraklar sınıfında yer almışlardır. Toprakların organik madde içeriği karasu keki uygulamaları ile %1,2 den 1,9'a kadar yükselmiş ve bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. karasu keki uygulama dozlarının toprakların tarla kapasitesi ve hidrolik iletkenlik değerlerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Toprağa yapılan karasu keki ve ham karasu uygulamaları ile toprağın (SSİ) değeri istatistiksel olarak önemli artış göstermiştir. Karasu keki, ham karasu, arıtılmış karasu uygulamaları ile toprağın toplam fenol içeriği kontrol toprağın içeriğinden daha yüksek belirlenmiştir. Uygulamaların toprağın toplam fenol içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar ışığında; karasu keki, ham karasu ve arıtılmış karasuyun yavaş da olsa toprağın; EC içeriğini yükseltmesi nedeniyle, sürekli kullanımında, zamanla tuzluluk sorunlarına yol açacağı unutulmamalıdır. Karasu toprağa uygulanmadan önce, uygulama sıklığı ve miktarının belirlenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca toprakların sürekli olarak izlenmesi gerekmektedir. Topraktaki toplam fenol içeriğinin zaman içerisinde azalması sebebiyle uygulamaların ekimden birkaç ay öncesinde yapılması yararlı olabilir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar; kullanılan karasuların, deneme toprağının ve yöre iklim koşullarının etkisi altında ortaya çıkmıştır. Farklı faktörler altında sonuçlar değişebileceği için, bulguların genelleştirilmeden kullanılması gerekmektedir. Zeytinyağı üretimi sonucu ortaya çıkan ham karasuyun tarımsal alanlarda bilinçsiz bir şekilde kullanılması muhtemel geri dönüşü olmayan çevre ve sağlık sorunlarını beraberinde getirecektir. Bu nedenle 3-fazlı sistem ile zeytinyağı üretimi yapan işletmelerin bilgilendirilmesi, denetlenmesi, toprak ekosisteminin korunması açısından önerilmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından TAGEM/TSKAD/A/20/A9/P1/2536 No.lu Araştırma Projesi olarak desteklenmiştir.

Etik Kurul Onayı

Bu çalışma için etik kuruldan izin alınmasına gerek yoktur.

Çıkar Çatışması Beyanı

Makale yazarları olarak aramızda herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederiz.

Yazarlık Katkı Beyanı

Planlama: Doyuran, N., Delibacak, S.; Materyal ve Metot: Doyuran, N.; Veri toplama ve İşleme: Doyuran, N.; Delibacak, S.; İstatistiki Analiz: Doyuran, N.; Literatür Tarama: Doyuran, N.; Makale Yazımı, İnceleme ve Düzenleme: Doyuran, N.; Delibacak, S.

Kaynakça

- Abu-lafi, S., Al-natsheh, M.S., Yaghmoor, R. and Al-rimawi, F. (2017). Enrichment of phenolic compounds from olive mill wastewater and in vitro evaluation of their antimicrobial activities, *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-9. <https://doi.org/10.1155/2017/3706915> 259
- Adekalu, K. O., Olorunfemi, I. A. and Osunbitan, J. A. (2007). Grass mulching effect on infiltration, surface runoff and soil loss of three agricultural soils in Nigeria. *Bioresource Technology*, 98(4): 912-917.
- Albalasmeh, A. A., Alajlouni, A. M., Ghariabeh, A. M. and Rusan, J. M. (2019). Short-term effects of olive mill wastewater land spreading on soil physical and hydraulic properties. *Water Air Soil Pollution, An International Journal of Environmental Pollution*, 230(8): 1-14. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4243-5>
- Aliotta, G., Cafiero, G., De Feo, V., Di Blasio, B., Iacovino, R. and Oliva, A. (2000). Allelochemicals from rue (*Ruta graveolens* L.) and olive (*Olea europea* L.) oil mill waste as potential natural pesticides. *Current Topics in Phytochemistry*, 3: 167-17.
- Al-Malah, K., Azzam, K. O. J. and Abu-Lail, N. I. (2000). Olive mills effluent (OME) wastewater post-treatment using activated clay. *Separation and Purification Technology*, 20(2): 225– 234.
- Aydemir, O. (1992). Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Atatürk Üniversitesi Yayınları No: 734. Ziraat Fakültesi No: 315. Ders Kitapları serisi, Erzurum, Türkiye.
- Biswas, J. C., Maniruzzaman, M., Naher, U. A., Haque, M. M., Hossain, M. B., Rahman, M. M., Miah, M. M. U., Choudhury, A. K., Akhter, S., Ahmed, F., Hamid, M. A., Kalra, N. and Furuya, J. (2017). Future climate change scenarios and anticipated performance of major cereals in Bangladesh. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 3: 4123–4148.
- Blake, G. R., and Hartge, K. H. (1986). Bulk Density. In: Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods, 2nd ed. Ed(s): Klute, A. ASA-SSA, Madison, WI, U.S.A.
- Blanco-Canqui, H., Mikha, M. M., Presley, D. R. and Claassen, M. M. (2011). Addition of cover crops enhances no-till potential for improving soil physical properties. *Soil Science Society of America Journal*, 75: 1471-1482.
- Bonari, E., Macchia, M., Angelini, L. G. and Ceccarini, L. (1993). The waste waters from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. *Agricoltura Mediterranea*, 123: 273-280.
- Bouhia, Y., Hafidi, M., Ouhdouch, Y., El Mehdi, EBM., Youssef, Z. and Ly-Amlouli, K. (2021). Effect of the co-application of olive waste-based compost and biochar on soil fertility and *Zea mays* agrophysiological traits. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 10: 111-127. <https://doi.org/10.30486/IJROWA.2021.1906342.1115>
- Brunetti, G., Senesi, N. and Plaza, C. (2007). Effects of amendment with treated and untreated olive oil mill wastewaters on soil properties, soil humic substances and wheat yield. *Geoderma*, 138(1-2): 144–152. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2006.11.003>.
- Burt, R. (2014). Soil Survey Field and Laboratory Methods Manual. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service, National Soil Survey Center, Natural Resources Conservation Service, Kellogg Soil Survey Laboratory, U.S.A.
- Candemir, F. and Gülser, C. (2007). Changes in some chemical and physical properties of a sandy clay loam soil during the decomposition of hazelnut husk. *Asian Journal of Chemistry*, 3: 2452-2460.
- Cereti, CF., Rossini, F., Federici, F., Quarantino, D., Vassilev, N., Fenice, M. (2004.) Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertiliser for wheat (*Triticum durum* desf.). *Bioresource Technology*, 91: 135–140.
- Chaari, L., Elloumi, N., Gargouri, K., Rouruina, B.B., Michichi, T. and Kallel, M. (2014). Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Desalination and Water Treatment*, 52: 2180-2186.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M. and Stefanoudaki, E. (2010). Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: Effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 138 (3-4): 293-298.
- Chaturvedi, S., Upreti, D.K., Tandon, D.K., Sharma, A. and Dixit, A. (2008). Biowaste from tobacco industry as tailored organic fertilizer for improving yields and nutritional values of tomato crop. *Journal of Environmental Biology*, 29(5): 759-763.
- Chatzistathis, T. and Koutsos, T. (2017). Olive mill wastewater as a source of organic matter, water and nutrients for restoration of degraded soils and for crops managed with sustainable systems. *Agricultural Water Management*, 190:55–64. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.05.008>
- Çerçioğlu, M. (2019). Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(1): 167-178.
- Dakhli, R., Gosh, A., Wali, A., Chandra, M. M. and Houcine Khatteli, H. (2021). Agricultural valorization of olive mill wastewater in arid regions of tunisia: short-term impact on soil biochemical properties and faba bean growth. *Polish Journal of Environmental Studies*, 30(2): 1117-1128.
- Di Bene, C., Pellegrino, E., Debolini, M., Silvestri, N. and Bonari, E. (2013). Short-and longterm effects of olive mill wastewater land spreading on soil chemical and biological properties. *Soil Biology Biochemistry*, 56:21-30. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.02.019>

- Di Serio, M.G., Lanza, B., Mucciarella, M.R., Russi, F., Iannucci, E., Marfisi, P. and Madeo, A. (2008). Effects of olive mill wastewater spreading on the physicochemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration Biodegradation*, 62(4): 403–407. <https://doi.org/10.1016/j.ibiod.2008.03.006>
- Diamantis, V., Pagorogon, L., Gazani, E., Doerr, S.H., Pliakas, F. and Ritsema, C.J. (2013). Use of olive mill wastewater (OMW) to decrease hydrophobicity in sandy soil. *Ecological Engineering*, 58: 393-398. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2013.07.001>
- Ekici, P. (2010). *Farklı fiziksel, kimyasal ve biyolojik yöntemlerle zeytinyağı karasuyunun arıtılabilirliği*. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.
- El Hajjouji, H., El Fels, L., Pinelli, E., Barje, F., Abdelghani, E.A., Georges, M. and Hafidi, M. (2014). Evaluation of an aerobic treatment for olive mill wastewater detoxification. *Environmental Technology*, 35(24): 3052-3059. <https://doi.org/10.1080/09593330.2014.930514>
- Eriksen, J. (2005). Gross sulphur mineralisation-immobilisation turnover in soil amended with plant residues. *Soil Biology and Biochemistry*, 37(12): 2216-2224.
- Erşahin, Y.Ş. (2007). Vermikompost ürünlerinin eldesi ve tarımsal üretimde kullanım alternatifleri. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(2): 99-107.
- Galliou, F., Markakis, N., Fountoulakis, M.S., Nikolaidis, N. and Manios, T. (2018). Production of organic fertilizer from olive mill wastewater by combining solar greenhouse drying and composting. *Waste Management*, 75: 305-311.
- Garcia, B. L., Alcántara, L.P. and Albornoz, M.D.T.C.D. (2011). Effects oil mill wasters on surface soil properties, runoff and soil losses in traditional olive groves in Southern Spain. *Catena*, 85: 187-193.
- Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I. and Al-Abdullah, B. (2007). Impact of field application of treated wastewater on hydraulic properties of vertisols. *Water, Air and Soil Pollution*, 184: 347-353.
- Göçmez, S. (2006). Menemen ovası topraklarında izsu kentsel arıtma çamuru konularının mikrobiyal aktivite ve biyomas ile bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkisi. (Doktora Tezi) Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Gülser, C., Minkina, T., Sushkova, S. and Kizilkaya, R. (2017). Changes of soil hydraulic properties during the decomposition of organic waste in a coarse textured soil. *Journal of Geochemical Exploration*, 174:66-69.
- Hocaoğlu, M., S., Gürsoy Haksevenler, B. H., Baştürk, İ. ve Ergenekon, Ş. (2019). Zeytinyağı tesislerinde oluşan karasuyun bertaraf alternatiflerinin maliyet açısından karşılaştırılması. *BAUN Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 623-637.
- IOC (2022). Ulusal Zeytin ve Zeytinyağı Konseyi (UZZK), <http://uzzk.org/> (Erişim tarihi:01. 07. 2022).
- Jackson, M. L. (1967). *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, of India Private Limited, New Delhi, India.
- Kara, Z., Aydemir, S. ve Saltalı, K. (2022). Pirina konusu ile hafif tekstürlü toprakların rehabilitasyonu. *MAS Journal of Applied Sciences*, 7(2): 316-325. DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.v7i2id169>
- Kaykıoğlu, G. ve Balci, C.N. (2021). Zeytin karasuyunun ön arıtımında asitle parçalama ve kireçle çöktürme konularının karşılaştırılması. *European Journal of Engineering and Applied Sciences*, 4(2): 45-49.
- Khalil, J., Habib, H., Alabboud, M. and Mohammed, S. (2021). Olive mill wastewater effects on durum wheat crop attributes and soil microbial activities: A pilot study in Syria. *Energy Ecology Environment*, 6(5): 469-477. <https://doi.org/10.1007/s40974-021-00209-2>
- Köroğlu, Ç. ve Yıldız, A. (2024). Bazı organik maddelerin çilek bitkisinin gelişimine ve macrophomina phaseolina (tassi) goid.' nın neden olduğu taç ve kök çürüklüğü hastalığı ile toprakta mikrosklerot sayısı üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(3): 732-747.
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (2022). Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Hidrometeorolojik Rasat Verileri Kayıtları, Menemen, İzmir, Türkiye.
- Magdich, S., Ben Rouina, B. and Ammar, E. (2020). Olive Mill wastewater agronomic valorization by its spreading in olive grove. *Waste and Biomass Valorization*, 11: 1359-1372.
- Magdich, S., Ben. Ahmed, C., Jarboui, R., Ben Rouina, B., Boukhris, M. and Ammar, E. (2013). Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. *Chemosphere*, 93: 1896-1903.
- Mahmoud, M., Janssen, M., Haboub, N., Nassour, A. and Lennartz, B. (2010). The impact of olive mill wastewater application on flow and transport properties in soils. *Soil & Tillage Research*, 107: 36-41.
- Mahmoud, M., Janssen, M., Peth, S., Horn, R. and Lennartz, B. (2012). Long-term impact of irrigation with olive mill wastewater on aggregate properties in the top soil. *Soil and Tillage Research*, 124: 24-31.
- Mechri, B., Ben.Mariem, F., Baham, M., Ben.Elhaj, S. and Hammami, M. (2008). Change in soil properties and soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology Biochemistry*, 40(1): 152–161. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2007.07.020>.
- Mekki, A., Dhoub, A., Aloui, F. and Sayadi, S. (2006). Olive wastewater as an ecological fertiliser. *Agronomy for Sustainable Development*, 26(1): 61-67.

- Mohawesh, O., Al-Hamaideh, H., Albalasmeh, A., Qaraleh, S. and Haddadin, M. (2019). Effect of olive mill wastewater (OMW) application on soil properties and wheat growth performance under rain-fed conditions. *Water Air Soil Pollution*, 230(7): 160. <https://doi.org/10.1007/s11270-019-4208-8>.
- Mohawesh, O., Mahmoud, M., Janssen, M. and Lennartz, B. (2014). Effect of irrigation with olive mill wastewater on soil hydraulic and solute transport properties. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 11: 927-934.
- Naeb, H. (2011). *The effect of adding different level of OMWW on some chemical, physical, biological and productive properties of soil*. (PhD Thesis), Faculty of Agriculture, Tishreen University, Syria. (In Arabic)
- Niaounakis, M. and Halvadakis, C.P. (2006). *Olive Processing Waste Management: Literature Review and Patent Survey*, 2nd ed. Elsevier, Amsterdam, Holland.
- Ntougias, S., Gaitis, F., Katsaris, P., Skoulika, S., Iliopoulos, N. and Zervakis, G. I. (2013). The effects of olives harvest period and production year on olive mill wastewater properties evaluation of pleurotus strains as bioindicators of the effluent's toxicity. *Chemosphere*, 92: 399-405.
- Oktav, E., Çatalkaya, Ç. E. ve Şengül, F. (2003). Zeytinyağı endüstrisi atık sularının kimyasal yöntemlerle arıtımı. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 5(3):11-21.
- Okur, N., Kayıkcıoğlu, H. H., Okur, B., Yağmur, B., Teresa, D. S. ve Kara, R. S. (2016). *Ekonomik yöntemlerle artırılmış zeytin karasuyunun tarım topraklarında kullanım olanakları*, Tübitak-113O558. Proje Sonuç Raporu
- Özdemir, N. ve Durmuş, K. Ö.T. (2016). Organik düzenleyicilerin asit, nötr ve alkalın toprakların agregat stabilitesi üzerine etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 4(1): 22-26.
- Öztürk, İ., Demir, İ., Altınbaş, M., Arıkan, O.A., Çiftçi, T., Çakmak, İ., Öztürk, L., Yıldız, Ş. ve Kiriş, A. (2010). *Kompost El Kitabı*, İTÜ-İSTAÇ, ISBN: 978-975-561-368-0, İstanbul, Türkiye.
- Pagliai, M., Pellegrini, S., Vignozzi, N., Papini, R., Mirabella, A., Piovaneli, C., Gamba, C., Miclaus, N., Castaldini, M., De Simone, C., Pini, R., Pezzarossa, B. and Sparvoli, E. (2001). Influence of olive mill wastewater on soil quality. *L'informatore Agrario*, 57: 13-18. (In Italian).
- Parades, C., Cegarra, J., Bernal, M. P. and Roig, A. (2005). Influence of olive mill wastewater in composting and impact of the compost on a Swiss chard crop and soil properties. *Environment International*, 31: 305-12.
- Peikert, B., Schaumann, G.E., Keren, Y., Bukhanovsky, N., Borisover, M., Garfha, M.A., Shoqeric, J. H. and Dag, A. (2015). Characterization of topsoils subjected to poorly controlled olive oil mill wastewater pollution in West Bank and Israel. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 199: 176-189.
- Piotrowska, A., Antonietta Rao, M., Scotti, R. and Gianfreda, L. (2011). Changes in soil chemical and biochemical properties following amendment with crude and dephenolized olive mill waste water (OMW). *Geoderma*, 161: 8-17.
- Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M. A. and Gianfreda, L. (2006). Short- term effects of olive mill waste water (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 38(3): 600-610. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2005.06.012>
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvement of Saline Alkali Soils*, Agriculture, 160, Handbook 60. US Department of Agriculture, Washington DC, U.S.A.
- Rubio, J. A., Romero, L. I., Wilkie, A. C. and García-morales, J. L. (2019). Mesophilic anaerobic codigestion of olive mill waste with cattle manure: Effects of mixture ratio. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 3: 9. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2019.00009>
- Sa, S., Jafari, S. M. and Bahrami, A. (2019). Evaluation of changes in the quality of extracted oil from olive fruits stored under different temperatures and time intervals. *Scientific Reports*, 9(1): 19688. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-54088-z>
- Saadi, I., Raviv, M., Berkovich, S., Hanan, A., Aviani, I., Laor, Y. (2013). Fate of soil-applied olive mill wastewater and potential phytotoxicity assessed by two bioassay methods. *Journal of Environmental Quality*, 42(6): 1791-1801.
- Sahraoui, H., Kanzari, S., Hachicha, M. and Mellouli, H. J. (2015). Olive mill wastewater spreading effects on hydraulic soil properties. *The Experiment*, 30(4): 2002-2011.
- Sellami F., Jarboui, R., Hachicha, S., Medhioub, K. and Ammar, E. (2008). Co composting of oil exhausted olive-cake, poultry manure and industrial residues of agro-food activity for soil amendment. *Bioresource Technology*, 99(5): 1177-1188. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2007.02.018>
- Sierra, J., Martí, E., Garau, M. A. and Crua~nas, R. (2007). Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater field experiment. *Science of the Total Environment*, 378: 90-94.
- Sklavos, S., Gatidou, G., Stasinakis, A.S. and Haralambopoulos, D. (2015). Use of solar distillation for olive mill wastewater drying and recovery of polyphenolic compounds. *Journal Environmental Management*, 162: 46-52. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2015.07.034>
- Sofi, J. A., Lone, A. H., Ganie, M. A., Dar, N. A., Bhat, S. A., Mukhtar, M., Dar, M. A. and Ramzan, S. (2016). Soil microbiological activity and carbon dynamics in the current climate change scenarios: A review. *Pedosphere*, 26: 577-591.
- Soil Survey Staff (1951). *Soil Survey Manual*. US Department Agriculture Handbook. No: 18. Washington: US Government Printing Office, U.S.A.

- Sönmez, B., Özbahçe, A., Akgül, S. ve Keçeci, M. (2018). *Türkiye topraklarının bazı verimlilik ve organik karbon (tok) içeriğinin coğrafi veri tabanının oluşturulması*. TAGEM-TAGEM/TSKAD/11/A13/P03. Proje Sonuç Raporu
- Şenay, B. ve Tepecik, M. (2024). Biyokömür uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri ile buğdayın (*Triticum aestivum* L.) çimlenme ve biyomas üzerine etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 21(2): 297-308.
- TEPGE (2022). Ürün Raporu. Sofralık Zeytin ve Zeytinyağı. Tepge Yayın No: 371 ISBN: 978-625-8451-84-9 <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler/PDF%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/2022%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporlar%C4%B1/Zeytinya%C4%9F%C4%B1%20%20Sofral%C4%B1k%20Zeytin%20%C3%9Cr%C3%BCn%20Raporu%202022-371%20TEPGE.pdf>
- Tohumcu, F. ve Aydın, A. (2016). Zeytinyağı fabrikası atık konularının toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine olan etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 47(1): 35-44.
- Torun, S. (2018). *Farklı karakteristiğe sahip zeytin pirinasi konularının bazı toprak verimlilik parametreleri üzerine etkileri*. (Yüksek Lisans Tezi) Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya, Türkiye.
- Travis, M. J., Weisbrod, N. and Gross, A. (2008). Accumulation of oil and grease in soils irrigated with greywater and their potential role in soil water repellency. *Science of the Total Environment*, 394: 68-74.
- Tunahoğlu, R. ve Bektaş, T. (2012). The problem of olive mill wastewater in Turkey and some solution *Alternatives*. *Agriculture Conspectus Scientificus*, 77(1):57-60.
- Tunç, S. M. ve Ünlü, A. (2015). Zeytinyağı üretim atık sularının özellikleri çevresel etkileri ve arıtım teknolojileri. *Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 4: 44-74.
- Tüzüner, A. (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, Türkiye.
- Uzun, N. (2016). *Farklı karasu ve azot dozlarının pamuk bitkisinde (Gossypium hirsutum L.) verim ve kalite özelliklerine etkisi*. (Doktora Tezi) Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Aydın, Türkiye.
- Uzun, N. ve Seferoğlu, S. (2017). Zeytin karasu keki uygulamasının toprağın bazı özelliklerine etkisi. *ADÜ Ziraat Dergisi*, 14:33-38.
- Wallach, R., Ben-Arie, O. and Graber, E. R. (2005). Soil water repellency induced by long term irrigation with treated sewage effluent. *Journal of Environmental Quality*, 34: 1910-1920.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, Z. (2008) Organik madde toprak suyu ilişkisi. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 1(2): 15-21.
- Zagklis, D. P., Arvaniti, E. C., Papadakis, V. P. and Paraskeva, C. A. (2013). Sustainability analysis and benchmarking of olive mill wastewater treatment methods. *Journal of Chemical Technology Biotechnology*, 88(5): 742-750. <https://doi.org/10.1002/jctb.4036>
- Zenjari, B. and Nejmeddine, A. (2001). Impact of spreading olive mill wastewater on soil characteristics: laboratory experiments. *Agronomie, EDP Sciences*, 21(8): 749-755.
- Zhongjun, J. I. A., Kuzyakov, Y., Myrold, D. and Tiedje, J. (2017). Soil organic carbon in a changing world. *Pedosphere*, 27(5): 789- 791.