

## Zeytin Karasu Keki Uygulamasının Toprağın Bazı Özelliklerine Etkisi

Nazan UZUN<sup>\*1</sup>, Saime SEFEROĞLU<sup>1</sup><sup>1</sup>Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Nazilli, AYDIN.<sup>2</sup>Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, AYDIN.

**Özet:** Zeytinyağı ekstraksiyon işlemi, çevre ve biyolojik yaşam üzerinde olumsuz etkisi olan önemli miktarda tarımsal–endüstriyel atığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Bu çalışmanın amacı zeytinyağı fabrikası atığı olan karasuyun toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinde meydana getireceği etkiyi incelemektir. Kurutulup inceltilerek kek haline getirilmiş karasuyun üç farklı dozu (0, 1.5, 3 t da<sup>-1</sup>) kumlu tınlı toprağa iki yıl süre ile uygulanmıştır. Toprak örnekleri uygulama yapılan alanlardan 0–30 cm derinlikten, karasu uygulamasından 45 gün sonra alınarak incelenmiştir. Sonuçlar, karasu ilavesinin toprağın azot, magnezyum ve fenol içeriğinde önemli bir değişiklik meydana getirmediğini potasyum içeriğinde ise artışa neden olduğunu göstermiştir. Organik madde, EC değeri, pH ve diğer besin maddelerinde (P, Ca ve Na) ise farklı dönemlerde kısmi değişiklikler olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** karasu, doz, toprak özellikleri

### The Effect of Olive Mill Wastewater Cake Application on Some Soil Properties

**Abstract:** Olive oil extraction is a procedure which causes significant amount of agro–industrial waste that adversely affects the environment and biological life. This study aims to investigate the effect of olive mill wastewater(OMW), a waste of the olive oil plant, on the physical and chemical properties of the soil. Three different doses (0, 1.5, 3 t da<sup>-1</sup>) of the dried, thinned and caked OMW were applied to the sandy and loamy soil for two years. The soil samples were taken from 0–30 cm depth from the areas 45 days after the black water application. The results showed that the addition of OMW did not cause a significant difference in the nitrogen, magnesium and phenol contents but caused an increase in the potassium content of the soil. It was determined that there had been partial changes in the organic matter, EC value, pH value and other nutrients (P, Ca and Na) at different periods.

**Keywords:** olive mill wastewater, dose, soil properties

### GİRİŞ

Karasu, zeytinyağının işlenmesi sonucunda ortaya çıkan zeytin meyve suyu ve yıkama sularından oluşan sıvı bir yan üründür. Zeytinyağı üretimi sırasında çok fazla miktarda su kullanılır ve sonuçta ortaya büyük miktarlarda karasu denilen atık ortaya çıkar. Dünya genelinde yıllık ortaya çıkan karasu miktarının 10 ile 30 milyon m<sup>3</sup> arasında olduğu tahmin edilmektedir (Galanakis, 2017). Zeytinyağı üretimi sezonluk olarak değişiklik göstermekte ve kasım ayının başlarından şubat ayının sonlarına kadar üretimi gerçekleşmektedir (Kul ve ark., 2014). Kısa sürede büyük miktarlarda üretilmesi ve kirlilik yükünün yüksek olması nedeniyle karasu ciddi bir çevre sorunu olarak karşımıza çıkmaktadır. Zeytinyağı üretimi sırasında ortaya çıkan karasuyun miktarı zeytinyağı üretim yöntemine göre değişmektedir. Zeytinyağı üretiminde modern sistemler (2 fazlı ve 3 fazlı) günümüzde yaygın olarak kullanılmaktadır. Üretim sırasında 3 fazlı sistemlerde yan ürün olarak pirina ve karasu oluşmaktadır. İki fazlı sistemler de ise zeytinyağı yanında karasu pirina ile birlikte elde edilmektedir (Oruç, 2012).

Koyu renkli, karakteristik hoş olmayan bir kokuya sahip olan karasu yüksek miktarlarda biyolojik parçalanması güç toksik–fitotoksik bileşikler (polifenoller) içerir. (Chaari ve ark., 2014). Karasu, son derece yüksek organik kirlilik (220 g L<sup>-1</sup>'a kadar kimyasal oksijen ihtiyacı [KOİ]; KOİ/biyolojik oksijen ihtiyacı [BOİ<sub>5</sub>] oranı 2.5 ile 5 arasında, kolaylıkla parçalanmayan), düşük pH (3–5.9) ve yüksek katı madde içeriği (toplam katılar yaklaşık 20 g L<sup>-1</sup>) özelliklerine sahiptir (Tsagaraki ve ark., 2007). Karasuyun bertarafı ile ilgili başlıca kaygılar, kimyasal oksijen ihtiyacının (KOİ) yüksek seviyesi ve fenolik bileşikler ve taninler gibi mikrobiyal gelişimi önleyici bileşiklerin yüksek içeriğinden kaynaklanmaktadır. Karasu bitki gelişimi üzerinde fitotoksik ve inhibe edici etkiye sahiptir. Bu gibi nedenlerle doğrudan çevreye veya kanalizasyon sistemlerine atılması gerekmektedir (Rusan ve Malkavi, 2016). Karasal ve sulcul ortamlara kontrolsüz bırakılması tüm ekosisteme özellikle de doğal su kaynakları (yeraltı suyu rezervleri, yüzey su

rezervleri, sahil ve deniz) için ciddi sorunlara yol açmıştır. En gözle görülen etki, tanenlerin oksidasyonunun ve ardından polimerizasyonunun bir sonucu olan renk değişikliğidir. Ayrıca indirgenmiş şekerlerin içeriği, yüksek fosfor içeriği ve fenolik yükü çoğu mikroorganizmalar için toksik etki oluşturmuştur (Chaari ve ark., 2015). Karasuyun çevre üzerindeki olumsuz etkilerini gidermek ve yararlı hale getirebilmek için çeşitli yöntemler uygulanmaktadır. Toprağa sızdırma, gübre olarak kullanma, kompost üretiminde kullanma, buharlaşma ve sızma için araziye boşaltma, lagünlerde buharlaştırma, katı yakıt elde etme, fizikokimyasal arıtma, kimyasal arıtma, biyolojik arıtma karasu çamurunun stabilizasyonu, fermentasyona tabi tutularak değerli son ürünlere dönüştürme, tek hücre proteini elde etme, buharlaştırma, membran prosesleri ile arıtma gibi karasuyun arıtımında ve bertaraf edilmesinde uygulanan yöntemlerdir (Kasirga, 1988).

Karasu organik madde, azot, fosfor, potasyum ve magnezyum bakımından zengin olduğundan tarım için elverişli olduğu belirtilmektedir (Mechri ve ark., 2011; Chaari ve ark., 2014). Çeşitli yöntemlerle işlenen karasu uygun miktarlarda uygulandığında bitkiler ve toprak verimliliği için gerekli organik madde ve besin maddeleri kaynağı olarak yararlı olabilmektedir (Di Bene ve ark., 2013). Karasudaki yüksek organik karbon içeriği toprak karbonundaki eksikliği gidermede ve toprağın degradasyonunun önlenmesinde agro ekosistemin sürdürülebilirliği açısından yararlı olmaktadır (Roig ve ark., 2006). Paredes ve ark., (2005) zeytin karasuyunun toprağa uygulanmasının kültür bitkisine zarar vermeyeceğini, inorganik gübrenin verdiği benzer ürün verdiğini bununla birlikte

\*Sorumlu Yazar: nz\_uzun@hotmail.com

Bu çalışma doktora tezi ürünü olup Adnan Menderes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri tarafından desteklenmiştir.

Geliş Tarihi: 4 Mayıs 2017

Kabul Tarihi: 9 Kasım 2017

toprağın kimyasal ve fizikokimyasal özelliklerini iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Araştırmalar karasu uygulamasının toprağın organik madde içeriğini ve yarıyıllık P ve K (Montemurro ve ark., 2011; Mekki ve ark., 2013; Belağziz ve ark., 2016) azot (Magdich ve ark., 2013; Mekki ve ark., 2013; Belağziz ve ark., 2016) içeriğini arttırdığını ortaya koymuştur. Chartzoulakis ve ark. (2010), toprağa uygulanan karasuyun toprak verimliliğini, K'nın yarıyıllılığını arttırdığını, fenollerin hızlı bir şekilde bozunduğunu ve izleyen uygulamalardan sonra birlikte eğilimi oluşmadığını bildirmişlerdir. Toprak özelliklerine ve bitki davranışlarına herhangi bir olumsuz etki tespit etmemişler ve araştırma süresi boyunca karasu uygulamasıyla 2 m toprak derinliğinde drenaj suyunun bileşiminde bir değişikliğe rastlamamışlardır. Riffaldi ve ark. (1993), toprağa karasu keki ilave ederek 42 günlük inkübasyon süresince değişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar bu süre sonunda, toksik olarak düşünülen organik bileşiklerin 19. günden başlayarak 40. güne kadar tamamen parçalandığını; potasyum düzeyinin arttığını; SO<sub>4</sub> ve NO<sub>3</sub> miktarlarında özellikle azotun denitrifikasyonu nedeniyle, azalma olduğunu tespit etmişlerdir. Hachicha ve ark. (2006), zeytin karasuyunun toprağa uygulanmasının toprağın pH, elektrik iletkenlik ve fenoller üzerine olumsuz etkisinin olmadığını ve fenolik bileşiklerin biyolojik olarak toprakta hızlı bir şekilde parçalandığını/bozunduğunu belirtmişlerdir.

Bu çalışmanın amacı, lagünlerde buharlaşarak çamur şeklinde dibe çöken zeytinyağı sıvı atığının kek haline getirilerek (karıştırma, kurutma, inceltme, eleme), toprağa uygulanmasının toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkisini incelemektir.

## MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Pamuk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü (Aydın–Nazilli) araştırma ve uygulama alanında, 2014 ve 2015 yıllarında yürütülmüştür. Deneme alanı, Orta Aşağı Büyük Menderes Havzasında (37° 54' N, 28° 20' E) yer almakta olup deniz seviyesinden yüksekliği 60 m'dir. Akdeniz iklim özelliklerine sahip olan bölgenin yıllık ortalama sıcaklık değeri 17.7°C, yıllık ortalama yağış miktarı ise 614 mm'dir.

Karasu, yaz sonunda (Ağustos) lagünlerden getirilmiş ve kuruması sağlanmıştır. Kuruduktan sonra inceltilerek, elenmiştir. Karasu 0 (kontrol), 1.5 ve 3 ton da<sup>-1</sup> dozlarında uygulanmıştır. Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre 5 tekerrürlü olarak kurulmuştur.

Denemede kullanılan karasuya ilişkin analiz sonuçları Çizelge 1'de verilmiştir.

Toprak örnekleri her yıl karasu uygulamasından 45 gün sonra her parselden karma toprak örnekleri şeklinde ve 0–30 cm derinlikten alınmıştır. Toprak örneklerinde tekstür Bouyoucos hidrometre yöntemi ile (Bouyoucos, 1951); toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak su süspansiyonunda pH metre ile (Jackson, 1958); elektriksel iletkenlik saturasyon ekstraktında EC metre ile (Rhoades, 1982); kireç Scheibler kalsimetresi ile (Çağlar, 1949); organik madde Walkley ve Black yöntemine göre (Walkley ve Black, 1934) yapılmıştır. Toprakların toplam azot Kjeldahl (Bremner, 1965); alınabilir fosfor Olsen metoduna göre spektrofotometre ile (Olsen ve Dean, 1965); değişebilir potasyum ve kalsiyum flamefotometrik, magnezyum atomik absorpsiyon spektrofotometrik yöntemle (Kacar, 2009); fenol içeriği ise Folin–Ciocalteu ayracı ile spektrofotometrede (Box, 1983) belirlenmiştir.

**Çizelge 1.** Karasuyun bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Yıl	
	2014	2015
pH	6.50	5.89
EC	dS m <sup>-1</sup> 7.64	5.61
OM	(%) 20.10	37.90
N	(%) 1.86	1.17
C/N	6.27	18.78
P	(%) 0.24	0.19
K	(%) 3.25	1.90
Ca	(%) 0.55	0.30
Mg	(%) 0.432	0.235
Na	(%) 0.20	0.20
Fe	mg kg <sup>-1</sup> 0.106	0.078
Zn	mg kg <sup>-1</sup> 0.05	0.051
Mn	mg kg <sup>-1</sup> 0.0243	0.0225
Cu	mg kg <sup>-1</sup> 0.033	0.033

Çalışmada elde edilen tüm bulguların değerlendirilmesi JMP 10 istatistik programı aracılığı ile yapılmıştır. Varyans analizleri, faktörlerin önem seviyeleri p<0.05 olasılık değerine göre en küçük önemli fark (LSD) belirlenerek oluşturulmuştur. Karasu uygulama öncesi alınan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmiştir.

## BULGULAR ve TARTIŞMA

Farklı karasu uygulamalarına bağlı olarak 2014 ve 2015 yıllarında saptanan toprakların bazı özelliklerine ait istatistiksel değerlendirme Çizelge 3'te verilmiştir.

**pH İçeriği:** Sonuçlar incelendiğinde birinci yıl kontrole göre 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulamasında %0.12 oranında, 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasında ise %0.24 oranında artış gözlenmiştir. Karasuyun toprak pH üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur. İkinci yıl ise kontrole göre 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulamasında %0.12 oranında bir azalma, 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasında ise %0.84 azalma meydana gelmiştir. Bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 3). Karasu uygulamalarını takiben toprak pH'sında büyük bir değişim meydana gelmemiştir. Levi–Minzi ve ark. (1992) karasu uygulamasından kısa bir süre sonra toprak asitliğinin yükseldiğini daha sonra yaklaşık 15 gün sonra, toprağın kendi doğal reaksiyonuna geri döndüğünü bildirmiştir. Mekki ve ark. (2014); Sierra ve ark. (2001), yaptıkları çalışmalarda karasu uygulamasıyla pH değerinin çok az düştüğünü, bu sonucun toprak karbonat alkaliliğinin kompanse etmesi nedeniyle olabileceğini belirtmişlerdir. Cabrera ve ark. (1996), Seferoğlu ve ark. (2001) pH değerinde geçici bir düşmenin olduğunu belirtmiştir. Güneysu (2009) karasuyun toprak asitliğini etkilemediğini vurgulamıştır.

**EC İçeriği:** Denemenin birinci yılında karasu uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Çalışmanın ikinci yılında kontrol (0 t da<sup>-1</sup>, 0.41 dS m<sup>-1</sup>) dozu ile 1.5 t da<sup>-1</sup> (0.43 dS m<sup>-1</sup>) dozu arasında istatistiksel olarak bir fark olmadığı görülmüştür. Ancak 3 t da<sup>-1</sup> (0.51 dS m<sup>-1</sup>) dozunda kontrole

**Çizelge 2.** Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

	Yıl	
	2014	2015
Kum	% 60.95	
Kil	% 29.46	
Silt	% 9.59	
pH	8.45	8.26
EC	dS m <sup>-1</sup> 0.545	0.413
Kireç (CaCO <sub>3</sub> )	% 17.28	14.21
Organik madde	% 0.37	0.46
N	% 0.072	0.057
P	mg kg <sup>-1</sup> 8.98	12.50
K	mg kg <sup>-1</sup> 193	172
Na	mg kg <sup>-1</sup> 133	135

**Çizelge 3.** Farklı karasu uygulamalarına göre 2014 ve 2015 yıllarına ait toprak özellikleri

Karasu t da <sup>-1</sup>	pH			EC (dS m <sup>-1</sup> )			Organik Madde (%)			Fenol (mg kg <sup>-1</sup> )		
	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort
<b>Kontrol</b>	8.18	8.34a	8.27	0.59	0.41b	0.50	0.36c	0.47	0.42	14.05	3.50	8.78
<b>1.5</b>	8.19	8.33a	8.26	0.57	0.43b	0.50	0.40b	0.49	0.45	12.22	4.74	8.48
<b>3.0</b>	8.20	8.27b	8.24	0.60	0.51a	0.56	0.43a	0.49	0.46	15.16	5.30	10.23
<b>P</b>	ns	*		ns	*		*	ns		ns	ns	
<b>LSD</b>	—	0.038		—	0.025		0.053	—		—	—	

\*p&lt;0.05 düzeyinde önemli

karşılaştırıldığında EC değerinde bir artış meydana gelmiştir (Çizelge 3). Araştırma bulguları, Lopez ve ark. (1996); Chartzoulakis ve ark. (2010); Kavvadias ve ark. (2010); Moraetis ve ark. (2011); Di Bene ve ark. (2013) elde ettikleri sonuçlarla paralellik taşımaktadır. Fakat bu çalışmada kullanılan karasuyun toplam tuz içeriği yüksek olmadığı için toprağın tuz içeriğini çok yükseltmemiştir, toprağın verimliliğinde olumsuz bir etki ortaya çıkmamıştır. Le Verge ve Bories (2004), topraklara ortalama seviyede tuz içeriğine sahip olan karasu uygulanmasıyla, toprakların tuzluluğunu çok fazla etkilemediğini bildirmişlerdir.

**Organik Madde içeriği:** Denemenin birinci yılında en yüksek organik madde içeriği %0.43 ile 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasından elde edilirken bunu %0.40 ile 1.5 t da<sup>-1</sup> değeri izlemiştir. En düşük organikmadde içeriği %0.36 ile kontrol (0 t da<sup>-1</sup>) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 3). Sonuçta artan karasu dozlarıyla organik madde içeriği artmış ve oluşan farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında toprağın en yüksek organik madde içeriği %0.49 ile 1.5 ve 3 t da<sup>-1</sup> uygulamalarından elde edilirken en düşük organik madde içeriği %0.47 ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. İkinci yılda karasuyun etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 3). Elde edilen veriler değerlendirildiğinde, karasu uygulamaları toprak organik maddesinde artışa neden olmuştur. Başlangıçta toprakların organik maddesi çok düşüktür. Karasu uygulaması organik madde içeriğini artırsa da yine de organik madde miktarını; toprak, bitki verimliliği ve bitki beslenmesi için istenen düzeye getirememiştir. Ben Rouina ve ark. (2006) karasu uygulaması ile organik madde içeriğinin %0.3'ten %1.3'e yükseldiğini bildirmiştir. Aynı zamanda Di Serio ve ark. (2008); Montemurro ve ark. (2011); Kapellakis ve ark. (2015) yaptıkları çalışmalarda karasuyun toprakların organik madde içeriğini artırdığını bildirmişlerdir. Elde edilen bulgular bu çalışmaların sonuçlarıyla örtüşmektedir.

**Fenol içeriği:** Çalışmanın birinci yılında en yüksek fenol içeriği 15.16 mg kg<sup>-1</sup> ile 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasından elde edilmiş, bunu 14.05 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol (0 t da<sup>-1</sup>) uygulaması izlerken, en düşük fenol içeriği 12.22 mg kg<sup>-1</sup> ile 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulamasında saptanmıştır. Denemenin ikinci yılında en yüksek fenol içeriği 5.30 mg kg<sup>-1</sup> ile 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasında belirlenmiş bunu 4.74 ile 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulaması izlemiştir. En düşük fenol içeriği ise 3.5 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasında saptanmıştır. Karasuyun artan dozlarına karşın toprağın fenol içeriğindeki artış istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 3).

### Besin Elementi İçeriğine Karasuyun Etkisi

Farklı karasu uygulamalarına bağlı olarak 2014 ve 2015 yıllarında saptanan, toprakların besin elementi içeriğine ait istatistiksel değerlendirme Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir.

**Toplam N içeriği:** Artan karasu dozlarına bağlı olarak azot içeriğinde bir yükseliş görülmesine karşın denemenin her iki yılında da istatistiki olarak anlamlı çıkmamıştır (Çizelge 4). Karasu uygulaması topraklarda azot miktarını az miktarda da olsa artırmıştır. Piotrowska ve ark. (2006); Brunetti ve ark. (2007); Sierra ve ark. (2007); Mechri ve ark. (2008), karasu uygulamasının toprak azot içeriğini artırdığını belirtmişlerdir. Çalışmanın yer aldığı toprakların azot içeriği düşüktür/ azot yönünden fakirdir. Karasu uygulaması toprağa önemli miktarda azot içeriği kazandırır. Zenjari ve Nejmeddine (2001) karasudan gelen organik azotun yavaş mineralize olduğunu, karasudaki askıdaki maddelerin bolluğu nedeniyle azot immobilizasyonunu artırdığını ve açığa çıkan bu organik azotun hızlı bir şekilde inorganik azota dönüştüğünü belirtmişlerdir. Çalışmada karasu uygulaması sonrasında toprak azot içeriğinde artışın çok yüksek olmamasının bu nedenden kaynaklandığı düşünülmektedir.

**Fosfor içeriği:** Denemenin birinci yılında karasu dozunun artmasıyla alınabilir fosfor içeriğinde artış belirlenmiş, fakat bu artış istatistiksel açıdan önemli bulunmamıştır (Çizelge 4). Çalışmanın ikinci yılında en yüksek fosfor içeriği 15.75 mg kg<sup>-1</sup> ile 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasından elde edilirken bu değeri 13.45 mg kg<sup>-1</sup> ile 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulaması takip etmiştir. En düşük değer ise 12.48 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Sonuçta karasu dozu arttıkça ikinci yıl toprakların alınabilir fosfor içeriğinin de arttığı ve oluşan farkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 4). İkinci yıldaki artış birinci yıla göre daha fazla olmuştur ve ikinci yılda meydana gelen değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Kokkora ve ark. (2015) karasuyu tek başına uyguladıklarında toprakta alınabilir fosfor içeriğinin %7 oranında arttığını, sadece fosforlu gübreler kullanıldığında topraktaki alınabilir fosforun büyüme mevsimi sonunda %41 oranında arttığını belirlemişlerdir. Chaari ve ark. (2015) yaptıkları çalışmada karasu uygulaması ile üst toprak tabakasında toprak fosforunun 52.5 mg kg<sup>-1</sup>'den 50 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> karasu dozunda 64.5 mg kg<sup>-1</sup>'a, 100 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dozunda 69 mg kg<sup>-1</sup>'a 200 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup> dozunda 77 mg kg<sup>-1</sup>'a yükseldiğini saptamışlar ve elde edilen bulgular bu çalışmaların sonuçları ile uyumluluk göstermiştir.

**Çizelge 4.** Farklı karasu uygulamalarına göre 2014 ve 2015 yıllarına ait toprakların besin elementi içerikleri

Karasu t da <sup>-1</sup>	N			P			K		
	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort
<b>Kontrol</b>	0.072	0.057	0.065	11.57	12.48b	12.03	192b	175c	184
<b>1.5</b>	0.076	0.062	0.069	12.14	13.45ab	12.80	232a	235b	234
<b>3.0</b>	0.076	0.061	0.069	13.22	15.75a	14.49	239a	289a	264
<b>P</b>	ns	ns		ns	*		*	*	
<b>LSD</b>	—	—		—	2.553		28.580	18.174	

\*p&lt;0.05 düzeyinde önemli

**Çizelge 5.** Farklı karasu uygulamalarına göre 2014 ve 2015 yıllarına ait toprakların besin elementi içerikleri

Karasu t da <sup>-1</sup>	Na			Ca			Mg		
	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort	2014	2015	Ort
<b>Kontrol</b>	127b	136	132	2340	2474	2407	473	575	524
<b>1.5</b>	123b	134	129	2125	2275	2200	509	573	541
<b>3.0</b>	136a	134	135	2180	2627	2404	529	585	557
<b>p</b>	*	ns		ns	ns		ns	ns	
<b>LSD</b>	8.547	—		—	—		—	—	

\*p&lt;0.05 düzeyinde önemli

**Potasyum içeriği:** Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde (Çizelge 4) birinci yıl artan karasu dozlarına bağlı olarak toprağın alınabilir potasyum içeriğinde artış saptanmıştır ve bu artışların istatistiksel açıdan p<0.05 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek potasyum içeriği 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasından 239 mg kg<sup>-1</sup> olarak elde edilmiş bunu 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulaması 232 mg kg<sup>-1</sup> ortalama değeri ile takip etmiştir ve en düşük potasyum içeriği kontrol uygulamasında 192 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılında da artan karasu dozlarına bağlı olarak toprakların potasyum içeriğinde artış saptanmıştır ve bu artışların istatistiksel açıdan p<0.05 düzeyinde önemli olduğu bulunmuştur. En yüksek potasyum içeriği 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasından 289 mg kg<sup>-1</sup> olarak elde edilmiş bunu 1.5 t da<sup>-1</sup> uygulaması 235 mg kg<sup>-1</sup> ortalama değeri ile takip etmiştir ve en düşük potasyum içeriği 0 t da<sup>-1</sup> (kontrol) uygulamasında 175 mg kg<sup>-1</sup> olarak bulunmuştur (Çizelge 4). Sonuçlar incelendiğinde, karasu uygulaması öncesinde toprakların potasyum içeriğinin düşük olduğu ve karasu uygulaması ile toprakların potasyum içeriğinin yükseldiği görülmektedir. Kokkora ve ark. (2015) toprakların arayışlı azot, fosfor ve potasyum miktarını artırdığını bildirmiştir. Farklı araştırmacıları Levi-Minzi ve ark. (1992); Montemurro ve ark. (2004); Di Serio ve ark. (2008); Magdich ve ark. (2013); Haddad ve ark. (2015)'in çalışma sonuçları, denemede elde edilen bulguları desteklemektedir.

**Sodyum, Kalsiyum, Magnezyum içerikleri:** Çalışmanın birinci yılında, en yüksek sodyum içeriği 3 t da<sup>-1</sup> uygulamasında (137 mg kg<sup>-1</sup>) elde edilirken, bunu 127 mg kg<sup>-1</sup> ile kontrol (0 t da<sup>-1</sup>) uygulaması izlemiştir, en düşük 123 mg kg<sup>-1</sup> sodyum içeriği ise, (1.5 t da<sup>-1</sup>) uygulamasında belirlenmiştir. İkinci yılda, artan karasu dozları toprakların sodyum içeriğinde bir değişiklik meydana getirmemiştir (Çizelge 5). Karasu uygulaması sonucunda toprakların sodyum içeriği Loue (1968) kritik sınırlarına göre orta seviyede bulunmuştur. Karasuyun toprağın kalsiyum ve magnezyum içeriğine etkisi incelendiğinde (Çizelge 5) karasu uygulamasının kalsiyum ve magnezyum içeriğindeki değişimi belirgin olmayıp istatistiksel olarak da önemli bulunmamıştır.

## SONUÇ

Karasu, üretim sezonunun kısa sürmesine karşı büyük miktarlarda ortaya çıkan kirlilik yükü yüksek organik bir atıktır. Bu atığın doğal ortamlara (karasal ve sulcul) zarar vermeden bertarafı konusunda çalışmalar sürdürülmektedir. Bu çalışmada ise karasu kek haline getirilerek (lagünlerde dibe çöken çamurun kurutulup ezilerek inceltimesi) iki yıl üst üste, pamuk ekiminden yaklaşık 45 gün önce topraklara uygulanmıştır. Karasu uygulamasından 45 gün sonra alınan toprak örnekleri incelendiğinde toprak verimliliğinde ve bitki gelişiminde olumlu etkisi görülmüş, toksik bir etkiye sebep olmadığı belirlenmiştir. Lagünlerde buharlaşma ile içerisinde bulunan uçucu pek çok toksik madde havaya karışarak zararsız hale gelmiştir. İncelenen

parametrelere göre toprak özelliklerini geliştirmede 3 t da<sup>-1</sup> dozu daha uygun görünmektedir. Yüksek miktarda organik madde ve makro besin, özellikle potasyum, içeriği yararlı bir gübre olarak kullanımını güçlendirmiştir.

## KAYNAKLAR

- Belaqz M, El-Abbassi A, Lakhal EK, Agrafioti E, Galanakis CM (2016) Agronomic Application of Olive Mill Wastewater: Effects on Maize Production and Soil Properties. *Journal of Environmental Management* 171: 158-165.
- Ben Rouina B, Gargouri K, Abichou M, Taamallah H (2006) Mill Wastewater as an Ecological Fertilizer for Olive Tree Orchards. Second International Seminar: "Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin", Olivebioteq, Proceedings Vol II, (November 5th-10th), pp. 139-141, Mazara del Vallo, Marsala, Italy.
- Bouyoucos GJ (1951) A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agron. J.*, 43: 435-438.
- Box JD (1983) Investigation of the Folin-Ciocalteu Phenol Reagent for the Determination of Polyphenolic Substances in Natural Waters. *Water Resources* 17(5): 511-525.
- Bremner JM (1965) *Methods of Soil Analysis Part 2., Chemical and Microchemical Properties.* Ed. C.A.Black., AM.Soc. of Agr. Inc., Publisher Agronomy Series. Nat. Cotton Council of Am., Memphis, TN No: 9, Madison, 4-8 Jan. 2000, Wisconsin, U.S.AX.
- Brunetti G, Senesi N, 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: 144-152.
- Cabrera F, Lopez R, Martinez-Bordiu A, Dupuy de Lome E, Murillo JM (1996) Land Treatment of Olive Oil Mill Wastewater. *International Biodeterioration and Biodegradation* 38: 215-225.
- Chaari L, Elloumi N, Mseddi S, Gargouri K, Rouina BB, Mechichi T, Kallel M (2014) Effects of Olive Mill Wastewater on Soil Nutrients Availability. *International Journal of Interdisciplinary and Multidisciplinary Studies (IJIMS)* 2 (1): 175-183
- Chaari L, Elloumi N, Mseddi S, Gargouri K, Rouina BB, Mechichi T, Kallel M (2015) Changes in Soil Macronutrients After a Long-Term Application of Olive Mill Wastewater. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment* 4: 1-13.
- Chartzoulakis K, Psarras G, Moutsopoulou M, 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: 293-298.
- Çağlar KÖ (1949) *Toprak Bilgisi.* Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Ankara.
- Di Bene C, Pellegrino E, Debolini M, Silvestri N, Bonari E (2013) Short-and Long-Term Effects of Olive Mill Wastewater Land Spreading on Soil Chemical and Biological Properties. *Soil Biology and Biochemistry* 56: 21-30.

- Di Serioa MG, Lanzaa B, Mucciarella MR, Russia F, Iannuccia E, Marfisia P, Madeob A (2008) Effects of Olive Mill Wastewater Spreading on the Physico-Chemical and Microbiological Characteristics of Soil. *International Biodeterioration & Biodegradation* 62 (4): 403-407.
- Hachicha, S, Chtourou M, Medhioub K, Ammar E (2006) Compost of Poultry Manure and Olive Mill Wastes as an Alternative Fertilizer. *Agronomy for Sustainable Development* 26(2): 135-142
- Haddad G, El-Takach T, El-Ali F, Mouneimne AH (2015) Impact of Olive Mill Wastewater (OMWW) on Young Olive Trees Growth and Soil. *International Journal of Environment* 4(1): 121-139
- Jackson ML (1958) *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, USA.
- Galanakis CM (2017) Sustainable Management of Olive Mill Wastewater: Treatment or Valorisation? <http://scitechconnect.elsevier.com/sustainable-management-olive-mill-wastewater/>. Erişim Tarihi: 10/09/2017
- Güneysu S (2009) Zeytinyağı Endüstri Atık Sularının Farklı Yöntemlerle Arıtılmasının Araştırılması. Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, İstanbul
- Kacar B (2009) *Toprak Analizleri*. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kapellakis I, Tzanakakis, VA, Angelakis AN (2015) Land Application-Based Olive Mill Wastewater Management. *Water* 7: 362-376.
- Kasırga E (1998) Zeytinyağı Endüstri Atıksularının Anaerobik Biyolojik Stabilizasyon Yöntemi ile Arıtılması ve Kinetik Model Geliştirilmesi, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi, İzmir
- Kavvadias V, Doula MK, Liakopoulou N (2010) Disposal of Olive Oil Mill Wastes in Evaporation Ponds: Effects on Soil Properties. *The Journal of Hazardous Materials* 182: 144-155.
- Kokkora MI, Vyras P, Papaioannou C, Petrotos K, Gkoutosid P, Leontopoulos S (2015) Agricultural Use of Microfiltered Olive Mill Wastewater: Effects on Maize Production and Soil Properties. *Agriculture and Agricultural Science Procedia* 4: 416-424.
- Kul S, Nuhoğlu A, Değermenci N (2014) Zeytin Karasuyuna Respirometrik Analizi. *İğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 4(3): 35-40
- Leverge S, Bories A (2004) Les Basins D'evaporation Naturelle Des Margines. *Le Nouvel Olivier (OCL)* ( Sept./Oct. 2004). 41: 5-10.
- Levi-Minzi R, Saviozzi A, Riffaldi R, Falzo L (1992) Land Application of Vegetable Water: Effects on Soil Properties. *Olivae* 40: 20-25.
- Lopez R, Martinez-Bordiu A, Dupuy de Lome E, Cabrera F, Sanchez, MC (1996) Soil Properties After Application of Olive Oil Mill Wastewater. *Fresenius Environmental Bulletin*, 5(1): 49-54
- Loue A (1968) Diagnostic Petiolare De Prospection Etudes Sur La Nutrition Et Al. Fertilisation Potassiques De La Vigne. *Societe Commerciale Des Potasses d'Alsace Services Agronomiques* 31-41.
- Magdich S, Ahmeda CB, Jarboui R, Rouina BB, Boukhris, M, 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.
- Mechri B, Mariem FB, Baham M, Elhadj SB, Hammami M (2008) Change in Soil Properties and the Soil Microbial Community Following Land Spreading of Olive Mill Wastewater Affects Olive Trees Key Physiological Parameters and The Abundance of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Soil Biology and Biochemistry* 40: 152-161.
- Mechri B, Cheheb H, Boussadia O, Attia F, Mariem FB, Braham M, Hammami M (2011) Effects of Agronomic Application of Olive mill Wastewater in a Field of Olive Trees on Carbohydrate Profiles, Chlorophyll a Fluorescence and Mineral Nutrient Content. *Environmental and Experimental Botany* 71(2): 184-191
- Mekki A, Dhouib A, Sayadi S (2013) Effects of Olive Mill Wastewater Application on Soil Properties and Plants Growth. *International Journal of Recycling of Organicwaste in Agriculture* 2(1): 1-7.
- Mekki A, Dhouib A, Sayadi S (2014) Changes in Microbial and Soil Organic Matter Following Amendment With Olive Mill Wastewaters. *African Journal of Environmental Science and Technology* 8(12): 684-690
- Montemurro F, Convertini G, Ferri D (2004) Mill Wastewater and Olive Pomace Compost as Amendments for Ryegrass. *Agronomie* 24: 481-486.
- Montemurro F, Diacono M, Vitti C, Ferri D (2011) Potential Use of Olive Mill Wastewater as Amendment: Crops Yield and Soil Properties Assessment. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 42: 2594-2603.
- Moraetis D, Stamati FE, Nikolaidis NP, Kalogerakis N (2011) Olive Mill Wastewater Irrigation of Maize: Impacts on Soil and Groundwater. *Agricultural Water Management* 98: 1125-1132.
- Olsen SR, Dean LA (1965) Phosphorus. In *Methods of Soil Science*. Black, C.A. ed. American Society of Agronomy. Madison, WI.
- Oruç N (2012) Zeytinyağı Fabrikası Atığı Karasu Ekolojik Kirlilik Yerine Toprak Düzenleyici Olabilir. *SAÜ Fen Edebiyat Dergisi* 1: 35-45.
- Parades C, Cegarra J, Bernal MP, 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.
- Piotrowska A, Iamarino G, Rao MA, Gianfreda L (2006) Short-term Effects of Olive Mill Waste Water (OMW) on Chemical and Bio-Chemical Properties of a Semiarid Mediterranean Soil. *Soil Biology and Biochemistry* 38: 600-610.
- Rhoades JD (1982) Soluble Salts. In: A.L. Page (ed.) *Methods of Soil Analysis, Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 2nd edition. *Agronomy* 9: 149-157.
- Riffaldi R, Levi-Minzi R, Saviozzi A, Vanni G, Scagnozzi, A (1993) Effect of the Disposal of Sludge from Olive Processing on Some Soil Characteristics: Laboratory Experiments. *Water, Air, & Soil Pollution*, 69 (3): 257-264.
- Roig, A, Cayuela, ML, Sánchez-Monedero, MA (2006) An Overview on Olive Mill Wastes and Their Valorisation Methods. *Waste Management*, 26(9): 960-969.
- Rusan MJM, Malkavi HI (2016) Dilution of Olive Mill Wastewater (OMW) Eliminates its Phytotoxicity and Enhances Plant Growth and Soil Fertility. *Desalination and Water Treatment* 1-9.
- Seferoğlu S, Aydın G, Aydın M (2001) Zeytin Yağı Fabrikalarının Atığı Olan Karasuyun Toprakların Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi. ADÜ: Araştırma Fon Saymanlığı Projesi No: ZFR-99008 Sonuç raporu.

- Sierra J, Marti E, Montserrat G, Guanias R, Garau M (2001) Characterization and Evolution of a Soil Affected by Olive Oil Mill Waste-Water Disposal. *Science of The Total Environment* 279: 107-214.
- Sierra J, Marti E, Garau MA, Cruanas R (2007) Effects of the Agronomic Use of Olive Oil Mill Wastewater: Field Experiment, *Science of the Total Environment* 378: 90-94.
- Tsagaraki, E, Lazarides, H, Petrotos, K (2007) Olive mill wastewater treatment. Utilization of By-products and Treatment of Waste in the Food Industry, 133-157.
- Walkey A, Black LA (1934) An examination of the Degitjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. *Soil. Sci.* 37: 29-38.
- Zenjari A, Nejmeddine A (2001) Impact of Spreading Olive Mill Wastewater on Soil Characteristics: Laboratory Experiments. *Agronomie* 21: 749-755.