



EGE ÜNİVERSİTESİ



YÜKSEK LİSANS TEZİ

**EKONOMİK YÖNTEMLERLE ARITILMIŞ
ZEYTİN KARASU UYGULAMASININ TOPRAĞIN C
VE N-DİNAMİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Onur BAYIZ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nur OKUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 21.10.2016

Bornova-İZMİR

2016

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

(YÜKSEK LİSANS TEZİ)

**EKONOMİK YÖNTEMLERLE ARITILMIŞ
ZEYTİN KARASU UYGULAMASININ TOPRAĞIN C
VE N-DİNAMİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Onur BAYIZ

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nur OKUR

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Sunuş Tarihi: 21.10.2016

**Bornova-İZMİR
2016**

Onur BAYIZ tarafından Yüksek Lisans Tezi olarak sunulan “Ekonomik yöntemlerle arıtılmış zeytin karasu uygulamasının toprağın C ve N-dinamiği üzerine etkisi” başlıklı bu çalışma EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği ile EÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Eğitim ve Öğretim Yönergesi’nin ilgili hükümleri uyarınca tarafımızdan değerlendirilerek savunmaya değer bulunmuş ve 21.10.2016 tarihinde yapılan tez savunma sınavında aday oybirliği/oyçokluğu ile başarılı bulunmuştur.

Jüri Üyeleri:

Jüri Başkanı : Prof. Dr. Nur OKUR

Raportör Üye: Doç. Dr. H. Hüsnü KAYIKÇIOĞLU

Üye : Yrd.Doç.Dr.Selçuk GÖÇMEZ

İmza

.....
.....
.....

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Ekonomik yöntemlerle arıtılmış zeytin karasu uygulamasının toprağın C ve N-dinamiği üzerine etkisi” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

21 / 10 / 2016

İmzası



Adı-Soyadı

Onur BAYIR

ÖZET**EKONOMİK YÖNTEMLERLE ARITILMIŞ ZEYTİN KARASU
UYGULAMASININ TOPRAĞIN C VE N-DİNAMIĞI ÜZERİNE ETKİSİ**

BAYIZ, Onur

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Nur OKUR

Ekim 2016, 61 sayfa

Kirlilik potansiyeli oldukça yüksek olan, zeytinyağı ekstraksiyonu sonucu ortaya çıkan karasuyun arıtımı ve bertarafı, tüm Akdeniz ülkelerinde çözüm bekleyen önemli bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir. Eğer karasu arıtılmadan bertaraf edilmeye çalışılırsa; yüksek organik madde yükü, fitotoksik özellikleri ve nispeten düşük biyoayrışabilirliği sebebiyle ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Ancak yüksek organik madde ve bitki besin elementi içeriği tarım topraklarında kullanılabilirliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu çalışmada, iki farklı yöntem ile arıtılan karasu kumlu tın bünyeli toprağa 0, 50, 100, 150 m³ ha⁻¹ dozlarında uygulanmıştır. Deneme toplam 90 günlük inkübasyon boyunca laboratuvar şartları altında gerçekleştirilmiştir. Inkübasyonun 30, 60 ve 90. gününde alınan toprak örneklerinde C ve N-dinamiği ile ilgili analizler yapılmıştır. Karasu uygulamalarının C_{çöz} ve C_{hum} miktarları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı fakat topraktan CO₂ çıkışını önemli bir şekilde artırdığı saptanmıştır. Karasu uygulamalarının ilk iki ay içinde topraktaki azotun immobilize olmasına neden olduğu fakat daha sonra artan N-mineralizasyonu ile birlikte topraktaki inorganik azot formlarının arttığı saptanmıştır. Karasuyun ham veya arıtılmış olmasının topraktaki C ve N-dinamiği ile toprağın kimyasal özellikleri üzerinde belirgin bir farklılığa neden olmaması nedeniyle gerek ham ve gerekse arıtılmış zeytin karasuyunun topraklara C, N, P ve K kaynağı olarak kullanılabileceği elde edilen bulgular ışığında önerilebilir.

Anahtar Kelimeler: Makro ve mikro elementler, mikrobiyal biyokütle-C, mikrobiyal biyokütle-N, toprakta C ve N döngüsü, zeytin karasuyu

ABSTRACT**THE EFFECT OF OLIVE MILL WASTEWATER TREATED WITH
ECONOMIC METHODS ON C AND N-DYNAMICS IN SOIL**

BAYIZ, Onur

MSc in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Nur OKUR

October 2016, 61 pages

It is generally accepted that the treatment and disposal of olive mill wastewater with high pollution potential as a major environmental problem that must be addressed in all Mediterranean countries. Discharging OMW to the environmental area without any treatment facilities may lead to serious problems due to its high organic matter load, phytotoxic properties and relatively low biodegradability in association with the properties of ecological system and climatic conditions. On the other hand it can be used in agricultural soils when we take into consideration its high organic matter content and concentrations of plant nutrients. In this study, OMWs treated with two different methods were applied to a sandy loam texture soil at the rates of 0, 50, 100, 150 m³ ha⁻¹. The experiment was carried out in total period of 90 days of incubation under laboratory conditions. C and N-dynamics analyses were performed in the soil samples which were taken from the pots at 30th, 60th and 90th days of incubation. Although OMW treatments did not have any significant effect to the amounts of C_{çöz} ve C_{hum}, soil CO₂ production was increased significantly. Applications of OMW immobilized the soil nitrogen in the first two months but later found out an increase of inorganic nitrogen forms in the soil with the increase of N-mineralization. Both raw and treated OMW applications can be recommended as a source of C, N, P and K to the soils because they did not cause any significant effect to soil C and N-dynamics and chemical properties of soil.

Key Words: Macro and micro elements, microbial biomass-C, microbial biomass-N, C and N-cycle in soil, olive mill wastewater

TEŞEKKÜR

Bu çalışma süresince bana bilgi birikimi ve deneyimleri doğrultusunda yol gösteren Sayın Prof. Dr. Nur OKUR'a, özellikle görüşlerinden yararlandığım ve benden ilgisini esirgemeyen Sayın Doç. Dr. H. Hüsnü KAYIKÇIOĞLU'na, değerli katkı ve görüşleri için Sayın Yrd. Doç. Dr. Selçuk GÖÇMEZ'e, tezin biçimlenmesinde değerli katkılarını aldığım arkadaşlarıma, 2 yıl boyunca 113 O 558 No'lu proje ile burs desteği sağlayan TÜBİTAK ARDEB'e ve ayrıca tezimi maddi olarak destekleyen E.Ü. BAP Birimi'ne teşekkürü bir borç bilirim.

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
TEŞEKKÜR	xi
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
ÇİZELGELER DİZİNİ	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETİ.....	4
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	11
3.1 Materyal.....	11
3.1.1 Karasuyun temin edilmesi ve arıtılması	11
3.1.2 Deneme toprağının temini ve hazırlanması	11
3.2 Yöntem.....	12
3.2.1 İnkübasyon denemesi	13
3.2.2 Toprak örneklerinin analizinde kullanılan kimyasal yöntemler	13
3.2.3 Toprak örneklerinin analizinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler.....	15
3.2.4 İstatiksel yöntemler.....	16
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	17
4.1 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın C-Dinamiği Üzerine Etkisi	17
4.1.1 Çözünebilir organik karbon ($C_{\text{çöz}}$) miktarı üzerine etkisi	17
4.1.2 Hümfike karbon (C_{hum}) miktarı üzerine etkisi.....	19
4.1.3 Kümülatif CO_2 oluşum miktarları üzerine etkisi	22
4.1.4 Mikrobiyal biyokütle karbonu (C_{mik}) üzerine etkisi	23
4.2 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın N-Dinamiği Üzerine Etkisi	25
4.2.1 Amonyum azotu (NH_4-N) miktarı üzerine etkisi.....	25
4.2.2 Nitrat azotu (NO_3-N) miktarı üzerine etkisi	27
4.2.3 Azot mineralizasyonu (N_{min}) miktarı üzerine etkisi	29
4.2.4 Potansiyel nitrifikasyon (Nit_{pot}) miktarı üzerine etkisi	31
4.2.5 Mikrobiyal biyokütle azotu (N_{mik}) üzerine etkisi	33

İÇİNDEKİLER (devam)

Sayfa

4.3 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın Kimyasal Özellikleri	
Üzerine Etkisi	35
4.3.1 Toprak pH'sı üzerine etkisi	35
4.3.2 Toprağın elektriksel geçirgenliği (EC) üzerine etkisi	37
4.3.3 Toprak organik maddesi (OM) üzerine etkisi	39
4.3.4 Toplam N miktarı üzerine etkisi	41
4.3.5 Alınabilir P miktarı üzerine etkisi	42
4.3.6 Alınabilir K miktarı üzerine etkisi	44
4.3.7 Alınabilir Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ve Cu miktarları üzerine etkileri	46
4.4. Deneme Topraklarının Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri	
Arasındaki İlişkiler	49
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	52
KAYNAKLAR DİZİNİ	54
ÖZGEÇMİŞ	62
EKLER	

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Şekil</u>	<u>Sayfa</u>
4.1 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların $C_{\text{çöz}}$ miktarı üzerine etkisi	19
4.2 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların C_{hum} miktarı üzerine etkisi	21
4.3 Zeytin karasuyu uygulanan toprakların kümülatif CO_2 oluşum miktarları	22
4.4 Zeytin karasuyu uygulanan toprakların ortalama kümülatif CO_2 oluşum miktarlarının karşılaştırılması.....	23
4.5 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların C_{mik} miktarı üzerine etkisi	25
4.6 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların NH_4-N 'u miktarı üzerine etkisi	27
4.7 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların NO_3-N miktarı üzerine etkisi	29
4.8 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların N_{min} miktarı üzerine etkisi	31
4.9 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların Nit_{pot} miktarı üzerine etkisi	33
4.10 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların N_{mik} miktarı üzerine etkisi	35
4.11 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların pH değişimi üzerine etkisi	37

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)ŞekilSayfa

4.12	Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların EC değışimi üzerine etkisi	39
4.13	Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların toplam N miktarı üzerine etkisi	42
4.14	Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların alınabilir P miktarı üzerine etkisi	44
4.15	Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların alınabilir K miktarı üzerine etkisi	46

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
2.1 Üç farklı karasu örneğinin bazı kimyasal özellikleri.....	4
2.2 Karasuyun farklı araştırmacılar tarafından belirlenen azot, fosfor, potasyum ve magnezyum değerleri	5
3.1 Denemede kullanılan ham, ön ve ileri arıtma yapılmış karasuların bazı kimyasal özellikleri	11
3.2 Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler	12
3.3 İnkübasyon denemesi uygulama konuları ve dozları.....	12
4.1 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki $C_{\text{çöz}}$ miktarı üzerine etkisi.....	18
4.2 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki C_{hum} miktarı üzerine etkisi.....	20
4.3 Topraklara uygulanan zeytin karasularına ait ek kümülatif CO_2 oluşum miktarları	23
4.4 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki C_{mik} miktarı üzerine etkisi.....	24
4.5 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki NH_4-N 'u miktarı üzerine etkileri	26
4.6 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki NO_3-N miktarı üzerine etkisi	28
4.7 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki N_{min} miktarı üzerine etkisi.....	30

ÇİZELGELER DİZİNİ (devam)

<u>Çizelge</u>	<u>Sayfa</u>
4.8 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki Nit_{pot} miktarı üzerine etkisi.....	32
4.9 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki N_{mik} miktarı üzerine etkisi.....	34
4.10 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki pH değişimi üzerine etkisi.....	36
4.11 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki EC değişimi üzerine etkisi.....	38
4.12 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki OM miktarı üzerine etkisi.....	40
4.13 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki toplam N miktarı üzerine etkisi	41
4.14 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir P miktarı üzerine etkisi	43
4.15 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir K miktarı üzerine etkisi	45
4.16 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ve Cu miktarı üzerine etkileri.....	48
4.17 Deneme topraklarının kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları.....	50

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
$dS\ m^{-1}$	Elektriksel geçirgenlik birimi (desi siemens / metre)
HA+FA	Hümik asit fulvik asit toplamı
<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
$C_{\text{çöz}}$	Çözünebilir organik karbon
C_{tot}	Toplam karbon
$CO_{2\text{kümü}}$	Kümülatif karbondioksit
EC	Elektriksel iletkenlik
H	Ham karasu
C_{hum}	Hümifike karbon
İA	İleri arıtılmış karasu
K	Kontrol
C_{mik}	Mikrobiyal biyokütle karbonu
N_{mik}	Mikrobiyal biyokütle azotu
N_{min}	Azot mineralizasyonu
$NH_4\text{-N}$	Amonyum azotu
$NO_3\text{-N}$	Nitrat azotu
OM	Organik madde
ÖA	Ön arıtılmış karasu

Nit_{pot}

Potansiyel nitrifikasyon



1. GİRİŞ

Zeytin tarih öncesi çağlardan bu yana Akdeniz çevresindeki tüm kültürlerin önemli bir parçası olmuştur. Eski Mısır, eski Yunan, Roma ve Anadolu uygarlıklarının tamamında ticaret ve beslenme üzerine izlerine rastlanır. Bugün farklı dillerde, farklı kelimelerle ifade edilen “oil” sözcüğü, eski Yunan dilinde zeytin ağacı anlamına gelen “eleia” sözcüğünden türemiştir. Antik çağda yaşamış olan ozan Homeros, zeytinyağını o kadar değerli görmüştür ki “sıvı altın” olarak tasvir etmiştir.

Zeytinyağı kültüründe, binlerce yıldan bu yana değişmeyen bir gelenek de zeytinden yağ çıkarma yöntemidir. Bunun nedeni zeytinyağının, zeytinlerin soğuk presten geçirilmesiyle elde edilmesi ve hiçbir kimyasal işleme gerek duymadan yenilebilmesidir. İşte bu yüzden, bugün hala Ortadoğu’da rastlanan zeytinyağı üretme yöntemiyle, yaklaşık 6 bin yıl önceki zeytinyağı elde etme yöntemi arasında hiç fark yoktur. Zeytinler ezilerek hamur haline getirilir. Daha sonra bu hamur sıkılır veya presten geçirilir. En sonunda ise yağ, zeytin meyvesinin suyundan (karasu) ayrıştırılır. 19. yüzyılın başında ise teknolojinin gelişmesiyle birlikte hidrolik pres makinelerine geçilmiştir. Bugün hidrolik pres makinelerinin yanı sıra, zeytin hamuruna hiç pres uygulamadan merkezkaç kuvvetiyle zeytinyağı elde etmeyi sağlayan makineler de kullanılmaktadır.

Zeytin yağı çıkarma işlemi, üç fazlı santrifüj, iki fazlı santrifüj ve presli sistem olmak üzere 3 farklı şekilde gerçekleştirilmektedir. Presli sistem ve üç fazlı santrifüj sistemi ile açığa çıkan karasu miktarları 1 ton işlenen zeytinde 600 ve 1000 L aralığındadır (Azbar ve diğ., 2004).

Dünya’da zeytin üretimi bakımından 170 milyon zeytin ağacına sahip olan ülkemiz İspanya, İtalya ve Yunanistan’ın ardından 4. sırada bulunmaktadır (FAOSTAT, 2012). Yılda ortalama 1.300.000 ton yağlık zeytin üretimi ve 400.000 ton sofralık zeytin üretimi gerçekleştirilmektedir (TÜİK, 2015)

Sürdürülebilir tarım uygulamaları, özellikle Akdeniz ülkelerinin tarım ekosistemlerinde toprak organik maddece fakir olduğu ve erozyon, çölleşme gibi sorunlarla karşı karşıya kaldığı için, periyodik olarak toprağın organik girdilerinin iyileştirilmesi ile gerçekleştirilebilir (Brunetti et al., 2005). Akdeniz ülkelerinde zeytinyağı işletmelerinin atık ürünü olarak açığa çıkan karasu, yüksek mineral ve organik içeriği ile toprakta geri dönüşümü sağlanabilecek potansiyel bir kaynaktır

(Rinaldi et al., 2003). Karasuyun içeriğini, yağ çıkarma işlemi sırasında uygulanan su, sulu fraksiyon ve zeytin hamuru parçaları ve kararlı yağ kalıntısı emülsiyonları oluşturmaktadır (Garcia-Gómez et al., 2003).

Kirlilik potansiyeli oldukça yüksek olan karasuyun arıtımı ve uzaklaştırılması, tüm Akdeniz ülkelerinde çözüm bekleyen önemli bir çevresel problem olarak kabul edilmektedir. Bu problem yıl içerisinde yüksek miktarlarda karasuyun Kasım-Aralık ayları içerisinde açığa çıkmasından kaynaklanmaktadır (Moraetis et al., 2011). 1000 kg zeytinden açığa çıkan karasu miktarı, kesikli sistemlerde $0.5-1.5 \text{ m}^3$ (Paraskeva et al., 2006), sürekli sistemlerde $0.5-2.0 \text{ m}^3$ aralığında gerçekleşmektedir (Scioli et al., 1997) ve yağ çıkarma yöntemine göre değişim göstermektedir. Karasu arıtımı için önerilen pek çok yöntem mevcuttur. Lagünde buharlaştırma yada sulama amaçlı kullanma, buharlaşma ve sızma için araziye boşaltma, kompostlaştırma, termal konsantrasyon, fizikokimyasal ve biyolojik arıtmanın yanı sıra organik gübre olarak kontrollü bir şekilde toprağa deşarj etme ve hayvan yemi olarak kullanma son zamanlarda uygulanan yöntemler arasındadır (Parades et al., 1999).

Karasuyun arıtılması ve uygun olarak bertaraf edilmesi, son yıllarda ortaya çıkan yasal sınırlamalar sebebiyle, zeytinyağı üreticisi ülkelerde büyük önem kazanmış durumdadır. Örneğin Yunanistan'da buharlaştırma lagünleri, çöktürme ve faz ayrımı gibi işlemlerle tamamlanıp arazi uygulamasına geçilmesi bazı bölgelerde uygulanmaktadır (Komilis et al., 2005). Karasuyun tarımsal olarak kullanımı için belirli düzenlemeler yapılmıştır. İspanya'nın Katalanya bölgesi için $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ izin verilirken (Sierra et al., 2007), İtalya'da ve Portekiz'de 30 ve $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ uygulama yapmaya izin vardır (Casa et al., 2003). Maksimum uygulama oranları düzenlenmiş olsa bile, $360 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ 'a varan miktarlar bu ülkelerin çiftçileri tarafından kontrolsüz olarak uygulanabilmektedir (Sierra et al., 2007).

Yeterince stabil olmayan organik materyalin toprağa uygulanması, toprak organik karbonunun mineralizasyonunda artış, toprakta anaerobik şartların oluşması, fitotoksik maddelerin salınımı ve bitki besin maddelerinin mikrobiyal immobilizasyonu gibi, toprakta bazı olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına sebep olabilir (Cereti et al., 2004). Dolayısıyla karasu toprağa uygulanmadan önce, organik maddenin hümifikasyon ile stabil hale getirilmesi, organik girdi olarak verimliliğinin artırılması ve çevresel risklerinin azaltılması için uygun işlemlere tabi tutulmalıdır (Brunetti et al., 2007).

Tezin ana amacı zeytinyağı üretimi sırasında ortaya çıkan ve ekonomik yöntemlerle arıtılmış karasuyun tarım topraklarında kullanılabilirliğinin ve karasuyun toprağın C ve N-dinamiği ile ilgili özellikleri üzerinde yaptığı etkilerin araştırılmasıdır. Böylece, toprakta özellikle mikroorganizmalar ve daha sonra bitkiler için önemli elementler olan karbon ve azotun topraktaki döngülerinin karasu uygulamalarından ne şekilde etkilendikleri ve toprağın bazı önemli kimyasal özelliklerini değiştirebilme kapasitesi ortaya koyulabilecektir.



2. LİTERATÜR ÖZETİ

Zeytinyağı üretim işletmelerinde süreç sonucu zeytinyağı, katı atık (pirina) ve sıvı atık (karasu) olmak üzere üç faz oluşmaktadır. Kirlilik yükü oldukça yüksek olan karasuyun miktarı ve fizikokimyasal özellikleri üretim yerine, ürün alınan ağacın yaşına, hasat sezonuna, ürünün o yıl var veya yok olmasına, zeytin çeşidine ve ekstraksiyon metotlarına bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Vlyssides et al., 1996). Çizelge 2.1'den de anlaşılacağı gibi, karasu özellikleri birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Çizelge 2.1 Üç farklı karasu örneğinin bazı kimyasal özellikleri (Eroğlu ve ark. 2009)

Özellik	Birim	Karasu A	Karasu B	Karasu C
İşletme		Balıkesir/Burhaniye	İzmir/Bornova	İzmir/Bornova
İşletim Türü	-	Sürekli (santrifüj)	Sürekli (santrifüj)	Kesikli (pres)
pH	-	4.86	4.04	4.01
K	g L ⁻¹	7.81	2.68	4.20
Ca	g L ⁻¹	0.55	0.13	0.06
Na	g L ⁻¹	0.41	0.57	0.98
Mg	g L ⁻¹	0.28	0.09	0.12
Fe	mg L ⁻¹	59.5	13.5	41.3
Zn	mg L ⁻¹	9.50	2.01	1.90
Mn	mg L ⁻¹	2.50	1.09	1.91
C	%	1.27	0.59	1.22
N	%	0.030	0.008	0.022
C/N		42.3	73.8	55.5

Chaari et al. (2015) karasuyun organik madde ve makro element içeriği (Bkz. Çizelge 2.2) ile toprağa olumlu katkı sağlayabileceğini belirtmiştir. Ancak uzun yıllar uygulanması durumunda ise toprakta tuzluluk tehlikesi yaratabileceğini de vurgulamıştır. Karasuyun toprak kimyası, biyokimyası ve biyolojisi üzerine olan etkilerinin araştırıldığı birçok çalışma yapılmıştır. Birçok çalışmada, etkilerin tarım topraklarına uygulama yapıldıktan kısa bir süre sonra ortaya çıktığı belirtilmiştir (Di Serio et al., 2008).

Çizelge 2.2 Karasuyun farklı araştırmacılar tarafından belirlenen azot, fosfor, potasyum ve magnezyum değerleri

Parametre	Değer	Kaynak
Toplam N, g L ⁻¹	0.54 - 0.87	Ayoub et al., 2014
	1.58 - 1.75	Mekki et al., 2006
	0.34	Chaari et al., 2014
Toplam P, g L ⁻¹	0.19	Chaari et al., 2014
	0.25 - 0.31	Ayoub et al., 2014
Olsen P, g L ⁻¹	0.06 - 0.08	Piotrowska et al., 2011
Toplam K, g L ⁻¹	2.70 - 2.90	Ayoub et al., 2014
	4.40 - 5.20	Mekki et al., 2006
	2.4	Chaari et al., 2014
Toplam Mg, g L ⁻¹	0.227 - 0.144	Ayoub et al., 2014

Karasuyun atık olarak yönetimi zeytinyağı üreten ülkeler için her zaman çevreye endişe verici büyük bir sorun olmuştur. Eğer karasu arıtılmadan bertaraf edilmeye çalışılırsa; yüksek organik madde yükü, fitotoksik özellikleri ve nispeten düşük biyoayırılabilirliği nedeniyle ciddi sorunlara yol açabilmektedir. Arıtılmamış ve ön-arıtılmış karasuyun arazi ve bitki sulaması yoluyla uzaklaştırılması kolay ve diğer yöntemlere göre daha ucuz seçeneklerdir. Karasu arıtımında kullanılan ön-arıtım teknikleri tek bölmeli faz ayırımı, su ile seyreltme, havalandırma ile biyolojik ayrışmaya destek olma ve pH nötrleştirilmesi olarak sıralanabilir. Yapılan çalışma ile yukarıdaki dört farklı ön-arıtım tekniğinin, domates ve hindiba tohumlarının çimlenmesi üzerine ana etkileri ve interaksiyonları incelenmiştir. İstatistiksel olarak karasuyun fitotoksitesine etki eden en önemli tekniğin su ile seyreltme olduğu belirlenmiştir. Diğer bir etkili teknik ise havalandırma yöntemidir (Komilis et al., 2005).

Karasuyun fitotoksik özellikleri ağırlıklı olarak yüksek polifenol konsantrasyonuna bağlanmaktadır. Yüksek polifenol konsantrasyonunun ayrıca antibakteriyel özellik sağladığı da bilinmektedir (Pérez et al., 1992). Karasuyun fitotoksitesi polifenol içeriği ile bağdaştırılsa da; genellikle fenoller, uçucu organik asitler, alkoller, aldehitler ve diğer küçük moleküller karasudaki muhtemel fitotoksik bileşiklerdir (Tomati et al., 1996). Diğer bir yandan, yüksek polifenol konsantrasyonuna sahip olması sebebiyle bitkilere fitotoksik etki yaratmasının dışında, bitkilere belirli dozlarla uygulandığında yararlı etkilerinin de olduğu belirtilmiştir. Karasuyun toprağa uygulanmasından sonra toprak, azot fikse eden bakteriler ve fitopatogenik funguslarca zenginleşmiştir. Ayrıca karasu

uygulamasının toprağın fiziksel özellikleri üzerine de olumlu etkisi bulunmaktadır (Flouri et al., 1988).

Di Giovacchino et al. (2005); yaptıkları bir araştırmada, zeytin ağaçlarına 7 yıl boyunca, şaraplık üzüm bağına da 11 yıl boyunca, metrekaresine 5, 10 ve 30 L karasu dozlarını uygulamışlar ve 10 L m⁻² ve üzeri dozlardaki uygulamaların ürünler üzerinde olumlu sonuç verdiğini tespit etmişlerdir. Bonari et al. (1993); yaptıkları karasu ile sulama çalışmaları sonucu, toprağa tohum ekiminden 60 gün sonra uygulanan karasuyun dozajının 40 ve 80 ton ha⁻¹ aralığında tutulması durumunda herhangi bir olumsuz etkiye yol açmadığı belirtilmiştir. Pérez et al. (1986); yapmış oldukları çalışmada, 3 farklı karasuyun farklı konsantrasyonları ile yapılan sulamanın, bazı sebzelerin gelişimleri üzerine etkisi araştırılmış ve en kötü etkiye arıtılmamış karasu yol açarken, deiyonize karasu ve organik maddesi kaldırılmış karasu bunu takip etmiştir.

Piotrowska et al. (2011); yapmış olduğu çalışmada, yarı-kurak Akdeniz Bölgesi topraklarına uygulanan 0, 40 ve 80 m³ ha⁻¹ oranlarındaki karasuyun toprağın kimyasal ve biyokimyasal özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Toprağın kimyasal ve biyokimyasal özelliklerinde geçici ve kalıcı birçok değişim gözlenmiştir. Sonuç olarak, zıt etkilerin yol açtığı toprak özellikleri değişimleri, toprakta bulunan toksik, organik ve inorganik bileşiklerin miktarlarına bağlı olarak değişim göstermiştir. Barbera et al. (2013); çalışmada karasu uygulamasının ürün verimi üzerine olumlu etkilerinin, karasuyun organik madde ve bitki besin elementi kaynağı olarak, toprak verimliliğini artırma üzerine kullanılabileceği ortaya koyulmuştur; ancak etkilerin olumlu olarak geliştirilmesi için toprak özelliklerine bağlı olarak belirli kullanım kısıtlamalarının olması gerektiği de ayrıca belirtilmiştir. Di Bene et al. (2013); tarımsal girdi olarak kullanılan 0 ve 80 m³ karasu uygulamasının kısa vadede toprak özelliklerinde yol açtığı olumsuz sonuçlar göz ardı edilecek olursa, uzun vadede, belli miktarlarda ve kontrollü bir şekilde kullanılabileceğini ortaya koymuştur.

Moraetis et al. (2011); yaptıkları 5 yıllık havalandırılmış karasu uygulaması ile toprağa 11.8 t⁻¹ ha⁻¹ y⁻¹ karbon, 1033 kg⁻¹ ha⁻¹ y⁻¹ toplam azot, 23.8 kg⁻¹ ha⁻¹ y⁻¹ fosfor ve 4161 kg⁻¹ ha⁻¹ y⁻¹ potasyum konsantrasyonlarını vermişlerdir. Bu uygulama ile mısır tarlası önerilen gübreleme miktarlarına oranla 6 kat fazla azot, 50 kat fazla potasyum ve 2 kat daha az fosfor kazanmıştır. Karbonun varlığı, mikrobiyal aktiviteyi ve organik azotun ayrışma oranını artırmıştır. Toprakta ağır metal birikimine dair önemli bir artış gözlenmemiştir. Toprakta elektriksel

iletkenlik değeri tuzluluk eşiğinin altında kalmıştır. Sonuç olarak düşük organik madde ve yüksek sulama gerektiren alanlarda kullanılması bu atığın bertarafı için çözümün bir parçası olarak önerilmiştir. Ayoub et al. (2014); yaptıkları 3 yıllık çalışma ile 5 L m^{-2} , 10 L m^{-2} , 20 L m^{-2} ve 40 L m^{-2} zeytin karasuyu 4 farklı dozda, 1 aylık aralarla 15 yıllık zeytin ağaçlarının bulunduğu bir bahçeye uygulanmıştır. Sonuçlarda toprak özellikleri üzerine herhangi bir negatif etkisi görülmemiştir. Potasyum konsantrasyonu, organik madde, fenolik bileşikler, toplam mikrobiyal sayı açısından karasu uygulanan topraklar, kontrol topraklarına göre önemli düzeyde daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Sonuç olarak 10 L m^{-2} dozu, toprak verimliliğini artırma ve bitki performansı açısından önerilen uygulama olmuştur. Magdich et al. (2013)'de yine 3 yıllık bir çalışmada, 3 farklı karasu dozunu (50 , 100 , ve $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$), zeytin bahçesine uygulayarak, dönemsel olarak değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre toprak pH'sı azalmış; ancak toprak elektriksel iletkenliği ve organik maddesi, toplam azot, sodyum ve potasyum içerikleri zamana ve dozun artışına bağlı olarak artış göstermiştir. Toprağın fosfor içeriği bakımından istatistiksel anlamda herhangi bir değişim gözlenmemiştir. Kalsiyum ve magnezyumda içeriklerinde düşük artışlar gözlenmiştir. Kontrole göre karşılaştırıldığında, uygulama dozları arttıkça toprakta aerobik bakteri ve fungus sayısında artış meydana gelmiştir. Toprak mineralleri ile mikroorganizmalar arasında, yapılan analizler sonucu güçlü bir ilişki olduğu saptanmıştır; ancak bu saptama pH ve fosfor parametreleri ile ilişkilendirilememiştir. Mekki et al. (2006); ham karasu ve biyolojik olarak arıtılmış karasuyun toprağa uygulanması ile toprak özelliklerinde ve mikrobiyal komünitede meydana gelen etkileri araştırmıştır. Su tutma kapasitesi, tuzluluk ve toplam organik karbon içeriği, humus, total azot, fosfor ve potasyum miktarları, uygulanan karasuların dozları yükseldikçe artış göstermiştir. Karasu uygulanan topraklar (100 , 200 , ve $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$), kontrol topraklarına göre daha fazla toprak solunumu göstermiştir; ancak $\text{CO}_2\text{-C/C}_{\text{tot}}$ oranı kontrol toprağında 1.7 'ye düşerken, $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ham karasu uygulanan topraklarda bu oran 0.5 'e kadar düşmüştür.

Yüksek organik yük ve toksik doğası ile karasuyun evsel atık su arıtma sistemine boşaltılması mümkün değildir. Arıtılmamış karasuyun kontrollü olarak tarım arazilerinde kullanılması alternatif bir ortadan kaldırma yöntemi olarak tavsiye edilmektedir. Bu sebeple 2004 ve 2005 yılları arasında, karasuyun toprak mikrobiyal aktivitesi ve potansiyel fitotoksitesinin olası etkilerini anlamak için, bir arazi denemesi gerçekleştirilmiş ve 36 ve $72 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ karasu dozları, vertisol topraklardan oluşan bir bahçeye uygulanmıştır. Yüksek dozda uygulamalarda

toprak solunumu ve mikrobiyal sayımlarda artış görülmüştür. Karasuyun kısa dönemde, toprakta fitotoksik etki yarattığı gözlenmiştir. 3 aylık bir sürenin sonunda ise fitotoksisite etkisi kontrol toprakları seviyesine düşmüştür (Saadi et al., 2007).

Mikrobiyolojik yöntemlerle arıtılmış karasu uygulaması ile toprağın N, P, C içeriği üzerine yapılan bir çalışmada, karasu uygulamasının toprağın organik maddesini artırdığı, toplam azot ve alınabilir fosfor içeriğini ise sadece üst toprak tabakasında artırdığı görülmüştür. Ayrıca toprağın elektriksel iletkenliği ve sodyum adsorpsiyon oranını, toprak tekstürünü olumsuz etkilemeyecek şekilde artırmıştır. Sonuç olarak, arazi uygulaması ile karasuyun toprağa organik madde kazandırması açısından büyük bir potansiyele sahip olduğu ortaya çıkarılmıştır (Kapellakis et al., 2015). Bir diğer çalışmada, zeytin yetiştirilen tarım topraklarına 30, 60, 100, 150 m³ ha⁻¹ karasu dozları uygulanmış ve uygulamadan 30 gün sonra 0-20 cm derinlikten toprak örnekleri alınmıştır. Toprak özelliklerinden pH, EC, %C, P, K, parametreleri incelenmiştir. Kontrol topraklarına göre pH'da en yüksek dozda düşüş yaşanmıştır ve diğer dozların herhangi önemli bir etkisi olmamıştır. Toprağa uygulanan karasu dozlarını takiben tuzluluk değerleri de artmıştır. Toplam organik karbon ve Olsen fosforu da uygulamadan hemen sonra artış göstermiştir. Son olarak ise uygulama yapılan toprakların K konsantrasyonunda, kontrol toprağına göre önemli artışlar görülmüştür. Sonuç olarak toprağa uygulanan karasuyun toprak özellikleri üzerine etkilerine bakıldığında, daha derin ve karmaşık bağlantıların olduğu açık şekilde gözlemlenmiştir (Mechri et al., 2007). Tekrarlamalı yapılan bir başka uygulamada ise, yonca yetiştirilen tarım topraklarına 0, 80, 160 m³ ha⁻¹ karasu uygulaması gerçekleştirilmiş ve belirli aralıklarla alınan toprak örneklerinde mikrobiyal özellikler ve azotun alınabilirliği üzerine analizler yapılmıştır. Araştırmada toprağın biyokütlesi, solunum aktivitesi, mineralizasyon indeksi ve potansiyel nitrifikasyon aktivitesi, organik karbonu ve total azot miktarları belirlenmiştir. Toprak mikrobiyal biyomasında ilk ay içerisinde küçük olumlu değişimler gözükse de, bunlar daha sonraki aylarda ortadan kalkmıştır. Potansiyel nitrifikasyon aktivitesine bakıldığında ise uygulama yapılan topraklarda, polifenollerle negatif ilişkisi olduğundan, daha düşük seviyelerde kalmıştır; ancak sonuç olarak bu durum yonca verimi üzerinde etkili olmamıştır (Gamba et al., 2005). Sierra et al. (2007); karasu uygulamasının toprağa etkilerini belirlemeye çalıştıkları bu çalışmada, 30, 180, 360 m³ ha⁻¹ karasu dozlarını arazi uygulaması olarak gerçekleştirmişlerdir. Artan dozlara paralel olarak; P, organik madde ve N ile toprak verimliliği de gelişmiştir. Ancak geçici azot immobilizasyonu, tuzluluk değerlerinde artış ve fenolik bileşiklerin

konsantrasyonunda hem emilen hem de çözünebilir formlar bir arada gözlemlenmiştir. Daha sonra fenolik bileşiklerin toprakta hızla bozunumu gerçekleşmiştir.

Belaqziz et al. (2016); yarı-kurak ve toprak verimliliği düşük bir bölge olan Marakeş’de doğrudan karasu uygulamasının toprak verimliliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Geleneksel ekstraksiyon yöntemiyle elde edilmiş ham karasudan $10 \text{ L m}^{-2} \text{ y}^{-1}$ miktarında 2 yıl boyunca uygulama yapmışlardır. Bu uygulama sonucunda karasu uygulanan toprakların elektriksel iletkenlikleri, Na, K, P, N, organik madde ve çözünebilir fenolik bileşikleri önemli artışlar göstermiştir. Uygulama yapılan toprakların EC değeri kontrol topraklarına göre 0.34’ten 2.91 dS/m değerine yükselmiştir. Yine uygulama sonrası, bitki besin elementi miktarlarında; %81 N, %66 P, %88 K şeklinde artışlar gerçekleşmiştir. Ancak bu yükselen mineral ve bitki besin elementi değerleri 3 ay sonrasında düşmeye başlamıştır. Sonuç olarak karasu uygulaması, mısır gibi dayanıklı uygun bitki seçimi ve kalkerli topraklarda, verimsiz toprağın verimliliğini yenileyebilmek açısından, ekonomik ve alternatif bir yerel gübreleme biçimi olarak tavsiye edilmektedir. Montemurro et al. (2011); 3 yıllık bir tarla denemesi ile karasu uygulamasının toprak özellikleri üzerine etkisini belirlemeye çalışmışlardır. Uygulama dozları kontrol, $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ ve $120 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ karasu olarak belirlenmiştir. Uygulanan karasu dozları, kontrole göre toprağın toplam organik C içeriğini artırmıştır. 3 yılın sonunda total ekstrakte edilebilir C ve humifike C değerleri başlangıç değerlerine göre yükselmiştir. Alınabilir P ve K değerleri 3 yılın sonunda kontrolde sabit düzeyde kalırken, karasu uygulanan topraklarda bu değerler yükselmiştir. Toprağın bozunumunu önlemek ve bir atık olan karasuyun geri dönüşebilirliğini sağlamak için tekrarlamalı karasu uygulamaları, elde edilen bulgular sonucunda tavsiye edilmektedir. Chaari et al. (2014) yaptıkları çalışma ile karasu uygulamasının, toprağın fizikokimyasal özelliklerine etkisini araştırmışlardır. 50, 100 ve $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ karasu dozları 8 yıl boyunca toprağa uygulanmıştır. Elektriksel iletkenlik, pH, alınabilir P, toplam N miktarları, farklı derinliklerden toprak örneği alınarak analiz edilmiştir. Toprak kompozisyonu üzerine en önemli etkiler, karasu uygulanan topraklardaki P ve N değerleri artışı olarak bulunmuştur. Vella et al. (2016) arıtılmamış karasuyun İtalya’da 2 farklı arazide toprağa uygulanması ile toprağın kimyasal ve biyolojik özelliklerinde meydana gelen değişimleri araştırmışlardır. Araziler, İtalyan düzenlemelerinin uygun gördüğü gibi $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ ’dan az olarak, $30 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ y}^{-1}$ karasu ile 11 yıl boyunca sulanmıştır. Uygulama yıllarca sürmesine rağmen toprağın pH’sı, elektriksel iletkenliği, organik maddesi, ana katyonların konsantrasyonu ve

polifenolik içeriği bakımından çok az etkide bulunmuştur. Toprak solunumu açısından kiş aylarında düşük seyreden değerler, yaz aylarında daha yüksek değerlere ulaşmıştır. Bu alışma göstermiştir ki; karasu ön arıtma olmadan, yıllık olarak ürün sulamasında kullanılabilir. Sonuç olarak, karasu ucuz ve hazır bir materyal olarak, Akdeniz ülkelerinde kimyasal gübrelerin yerini alabilecek potansiyele sahiptir.

Pierantozzi et al. (2013) yaptıkları çalışma ile zeytin bahçesine karasu uygulamasının, toprağın biyokimyasal özelliklerine ve zeytin üretimine etkisini araştırmışlardır. Çalışma 80, 160 ve 500 m³ ha⁻¹ karasu dozları ve kontrol üzerinden yürütölmüştür. Uygulamadan 10,30 ve 90 gün sonra 3 defa toprak örnekleme yapılmıştır. Toprağın organik madde, organik karbon, total azot ve alınabilir P içerikleri dozlarla birlikte oransal bir şekilde artış göstermiştir. Bu parametrelerin değerleri zamanla, kademeli olarak azalmıştır. Total mikrobiyal aktivitede de değişiklik olmuş ve en yüksek doz uygulanan topraklardaki aktivite en aktif duruma gelmiştir. Toprak mikrobiyal topluluğunda özellikle gram pozitif ve gram negatif bakteriler etkilenirken; fungus biyokütlesi tutarlı bir değişim göstermemiştir. Tuzluluk parametresi de özellikle en yüksek doz uygulamasında yükseliş göstermiş ancak bu durum meyve ve ağaca bir etkide bulunmamıştır. Elde edilen sonuçlar ışığında, düşük dozlarda karasu uygulamalarının, yarı-kurak bölgelerde, alternatif tarım uygulaması olarak uygulanabileceği önerilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Karasuyun temin edilmesi ve arıtılması

Proje materyali karasu, Ege Bölgesi'nde Aydın'ın Çine ilçesinde 3 fazlı sistem ile zeytinyağı ekstraksiyonu yapan bir işletmeden alınmıştır. Karasu, zeytin toplama ve zeytinyağı elde etme dönemindeki Kasım ayında alınmış ve arıtma işlemleri için Dokuz Eylül Üniversitesi Çevre Mühendisliği Bölümü'ne gönderilmiştir. Karasu arıtma işlemi 2 farklı yöntem kullanılarak yapılmıştır. Bu yöntemler ön arıtma ve ileri arıtma şeklinde gerçekleştirilmiştir. Ön arıtma; 40 g L⁻¹ Ca(OH)₂ kullanılarak 2 dakika hızlı, 15 dakika yavaş karıştırma yapıldıktan sonra karasuyun 24 saatlik çökelmeye bırakılmasıyla sağlanmıştır. İleri arıtma ise nano-Fe₃O₄/SiO₂ kullanılarak UV altında fotokatalitik oksidasyonla sağlanmıştır (Balaban ve diğ., 2014). Sonuç olarak elde edilen karasuların özellikleri Çizelge 3.1'deki gibidir.

Çizelge 3.1 Denemede kullanılan ham, ön ve ileri arıtma yapılmış karasuların bazı kimyasal özellikleri

Karasu	pH	EC (dS/m)	Na (mg/l)	K (mg/l)	Ca (mg/l)	Mg (mg/l)	Fe (mg/l)	Zn (mg/l)	Cu (mg/l)	P (mg/l)
Ham	4.9	7.2	190	3520	541	234	9.76	2.83	0.85	279
Ön Arıtma	10.5	10	258	5680	2860	72	0.33	0.29	-	11.38
İleri Arıtma	4.4	13	324	5114	223	321	72	2.22	0.17	326
	OM(%)	Toplam Organik C (%)	Toplam N (mg/l)							
Ham	4.67	2.70	330							
Ön Arıtma	2.76	1.60	37							
İleri Arıtma	3.16	1.83	50							

3.1.2 Deneme toprağının temini ve hazırlanması

İnkübasyon denemesi şeklinde yürütülen denemede kullanılan toprak örneği Menemen ovasında yer alan E.Ü. Ziraat Fakültesi Araştırma, Uygulama ve Üretim Çiftliği'nden 5 Mayıs 2014 tarihinde alınmıştır. 1cm'lik inşaat eleğinden geçirilen toprak, bir süre Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü serasında bekletilmiş ve deneme kurulmadan önce 2mm'lik elekten elenerek uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Deneme toprağının bazı fiziko-kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2 Deneme toprağına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler

pH	7.51	Alınabilir (mg kg⁻¹)	Fosfor (Olsen)	12.24
EC (dS m⁻¹)	0.60		Potasyum	546,82
CaCO₃ (%)	4.36		Kalsiyum	3080.00
Kum (%)	55.75		Magnezyum	567.70
Kil (%)	18.83		Sodyum	53.33
Mil (%)	25,42		Mangan	14.64
Bünye	Kumlu Tın		Demir	3.44
Organik Madde (%)	2.41		Bakır	0.77
Toplam N (%)	0.129		Çinko	1.42

Deneme toprağı, hafif alkalın reaksiyonda ve tuzluluk tehlikesi içermeyen, kireçli, humuslu, N bakımından iyi, P bakımından orta, K bakımından çok yüksek, Ca bakımından fazla, Mg bakımından çok yüksek, Na bakımından düşük, Fe bakımından noksanlık gösterebilecek, Mn, Cu ve Zn bakımından ise yeterli düzeydedir.

3.2 Yöntem

Tez projesi E.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Toprak Mikrobiyolojisi laboratuvarında inkübasyon denemesi şeklinde yürütülmüştür. Toprağına yapılacak karasu uygulamaları; ileri arıtılmış karasu (İA), ön arıtılmış karasu (ÖA) ve ham karasu (H) şeklinde 50, 100 ve 150 m³ ha⁻¹ dozlarında gerçekleştirilmiştir. Deneme konuları aşağıdaki şekilde oluşturulmuştur (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 İnkübasyon denemesi uygulama konuları ve dozları

1	İleri arıtılmış karasu (İA)	: 50 – 100 – 150 m ³ ha ⁻¹	(İ ₁ – İ ₂ – İ ₃)
2	Ön arıtılmış karasu (ÖA)	: 50 – 100 – 150 m ³ ha ⁻¹	(E ₁ – E ₂ – E ₃)
3	Ham karasu (H)	: 50 – 100 – 150 m ³ ha ⁻¹	(H ₁ – H ₂ – H ₃)
4	Kontrol (K)		

3.2.1 İnkübasyon denemesi

İnkübasyon denemesine 29 Mayıs 2014 tarihinde başlanmıştır. 24x25x20 boyutlarındaki plastik saksılara 1250 g toprak tartılmış ve 125 ml saf su ile nemlendirilmiştir. Deneme dozlarının kullanılan toprak miktarına göre hesaplanması sonucu, her saksıya uygulanacak doz miktarları elde edilmiştir. Eşit düzeyde nemlendirme sağlayabilmek amacıyla düşük dozların, en yüksek doza göre farkları alınıp saf su ilavesi ile tamamlanması sağlanmıştır. Kontrol saksılarına ise en yüksek doz miktarında saf su uygulanmıştır.

Toprakların bulunduğu kaplarda hesaplanan dozlar uygulanarak homojen bir şekilde karıştırılmış ve topraklar saksılara yerleştirilmiştir. Saksıların üzeri streç film ile kaplanarak, streç filmlere küçük delikler açılmış ve su kaybı minimumda tutulmaya çalışılmıştır. Hazırlanan saksılar inkübatöre yerleştirilmeden önce tartım işlemi gerçekleştirilmiştir ve ağırlıklar kaydedilmiştir. Tartım işlemi her hafta pazartesi, çarşamba ve cuma günleri yapılarak, eksilen su miktarları tamamlanmıştır.

Topraklar 25°C'de 3 ay süreyle inkübatörde bırakılarak, su tutma kapasitesinin %55 -60 arasındaki toprak nemi deneme boyunca sabit tutulmuştur. Birer ay arayla 3 kez yüzeyden şaşula ile alınan toprak örneklerinde mikrobiyolojik analizler 3 kez (30, 60 ve 90. günlerde), kimyasal analizler ise iki kez (30 ve 90. günlerde) yapılmıştır. Mikrobiyolojik analizler için 2 mm'den elenen nemli örnekler 4°C' de buzdolabında saklanmış ve öngörülen analizler 30 gün içinde bitirilmiştir. Kimyasal analizler ise hava kurusu hale getirilen ve 2 mm'den elenmiş örneklerde yürütülmüştür.

3.2.2 Toprak örneklerinin analizinde kullanılan kimyasal yöntemler

Toprak Reaksiyonu (pH): Saf su ile sature (doygun) hale getirilmiş toprak macununda, cam elektrotlu pH-metre ile belirlenmiştir (Jackson, 1967).

Toprakta Nem Tayini: Belirli bir miktardaki toprak örneği 105 °C'de etüvde sabit ağırlığa gelene kadar uçurulan nemin hesabına göre yapılmıştır (U.S. Salinity Lab. Staff, 1954).

Elektriksel Geçirgenlik: Saf su ile sature hale getirilmiş toprak macununda EC-metre ile okuma yapılmıştır (Rayment ve Higgonson, 1992).

Toplam Organik C: Potasyum dikromat ($K_2Cr_2O_7$) ile yaş yakılarak organik karbon değeri bulunmuş (Rauterberg und Kremkus, 1951) ve bu değeri Van Benmelen Faktörü olan 1,724 ile çarpılarak organik madde miktarı hesaplanmıştır (Black, 1965).

Çözünabilir Organik C: 1:5 (w/v) oranında 2M KCl toprak çözeltisi ile ekstrakte edilen (Jones et al., 2006) topraklar kuvvetli asit (H_2SO_4 ve H_3PO_4 karışımı) ve 0,4N $K_2Cr_2O_7$ varlığında yaş yakmaya bırakıldıktan sonra dikromat fazlası 25mM 1.10-fenantrolin demir sülfat kompleks indikatör çözeltisi ile titre edilerek saptanmıştır (Kalembasa ve Jenkinson, 1973; Vance et al., 1987).

Humifike olmuş (HA+FA) C: 2g toprak örneğine 100 ml 0.1 M $Na_4P_2O_7$ ve 0.1 M NaOH solüsyonu eklenerek çalkalanması ve filtrelmesi ile belirlenmiştir (Ciavatta et al., 1988).

Toplam N Analizi: Toprakta ve bitkide Modifiye makrokjeldahl yöntemine göre Salisilik-Sülfirik asit karışımıyla yaş yakılan ve destilasyon işlemiyle Borik asit indikatör karışımına alınan örnekler H_2SO_4 ile titre edilmiştir (Bremner, 1965).

Alınabilir Fosfor Tayini: Toprakların $NaHCO_3$ uygulanarak ekstraktları elde edilmiş ve bunlarda fosfor, mavi renk yöntemi ile kolorimetrik olarak saptanmıştır (Olsen et al., 1954).

Alınabilir Ca, Mg, Na ve K: Toprakların alınabilir Ca, Mg Na ve K değerleri 1 N NH_4OAc (pH 7) ile çalkalanarak elde edilen süzüklerde alev fotometrede tayin edilmiştir (Pratt, 1965).

Alınabilir Fe, Cu, Zn, Mn: DTPA+ $CaCl_2$ +TEA ile ekstrakte edilen topraklarda atomik absorpsiyon spektrofotometre kullanılarak saptanmıştır (Lindsay ve Norvell, 1978).

NH_4 -N Analizi: 1:5 (w/v) oranında 2M KCl toprak çözeltisi ile ekstrakte edilmesi (Jones et al., 2006) ile ortaya çıkan NH_4 -N' u 660 nm' de kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Kandeler ve Gerber, 1988).

NO₃-N Analizi: 1:5 (w/v) oranında 2M KCl toprak çözeltisi ile ekstrakte edilmesi (Jones et al., 2006) ile ortaya çıkan NO₃-N' u UV-absorbsiyon ile 210 nm' de kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Scharpf ve Wehrmann, 1976).

3.2.3 Toprak örneklerinin analizinde kullanılan mikrobiyolojik yöntemler

Kümülatif CO₂-Oluşumu: 100 g doğal nemli topraklar 3 tekerrürlü olarak % 10 (w/w) düzeyinde filtrelenmiş karasu (H, Ö, İ) ile muamele edilmiştir. Kontrol grubu için ise saf su kullanılmıştır. 8 gün karanlıkta 25°C' de gerçekleştirilen inkübasyon süreci boyunca örneklerde oluşacak CO₂ kümülatif olarak belirlenmiştir. Uygulanan bu miktar karasu; inkübasyon denemesinde uygulanan en yüksek uygulama dozuna (150 m³ ha⁻¹) eşdeğer miktar olmuştur (Saadi et al., 2007).

Mikrobiyal Biyokütle – C'u: Nem miktarları belirlenen toprak örnekleri Jenkinson (1976)'a göre fümige edildikten sonra 0,5M K₂SO₄ ile çalkalanmıştır. Elde edilen süzükteki C, kuvvetli asit (H₂SO₄ ve H₃PO₄ karışımı) ve 0,4N K₂Cr₂O₇ varlığında yaş yakmaya bırakıldıktan sonra dikromat fazlası 25mM 1.10-fenantrolin demir sülfat kompleks indikatör çözeltisi ile titre edilerek saptanmıştır (Kalembasa ve Jenkinson, 1973; Vance et al., 1987). Hesaplamalarda k_{EC} faktörü 0,45 olarak kullanılmıştır (Jenkinson ve Ladd, 1981).

Mikrobiyal Biyokütle - N'u: Nem miktarları belirlenen toprak örnekleri Jenkinson (1976)'a göre fümige edildikten sonra 0,5M K₂SO₄ ile çalkalanmış (Vance et al., 1987) ve elde edilen süzükteki toplam N miktarı Kjeldahl yöntemine göre belirlenmiştir (Pruden et al., 1985). Hesaplamalarda k_{EN} faktörü 0,45 olarak kullanılmıştır (Jenkinson, 1988).

N - Mineralizasyonu: Su ile doygün hale getirilen topraklar 40°C'de 7 gün inkübasyonda bırakıldıktan sonra açığa çıkan NH₄-N'u modifiye edilmiş Bertholet reaksiyonu ile saptanmıştır (Keeney, 1982).

Potansiyel Nitrifikasyon: Toprak örnekleri 5 saat 25°C'de inkübe edildikten sonra ortaya çıkan nitrit 2M KCl ile ekstrakte edilmiş ve 520 nm'de kolorimetrik olarak saptanmıştır (Berg ve Rosswall., 1985).

3.2.4 İstatiksel yöntemler

Toprak örneklerinin istatistiki analizi Tarist programının tesadüf blokları deneme desenine göre belirlenmiştir. Ortalama değerlerin karşılaştırılmasında Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Açıkgöz ve diğ., 2004).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın C-Dinamiği Üzerine Etkisi

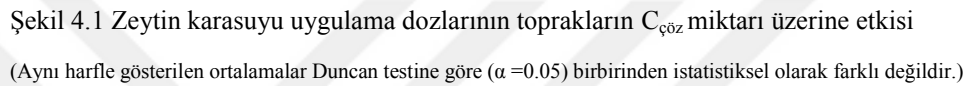
4.1.1 Çözünebilir organik karbon ($C_{\text{çöz}}$) miktarı üzerine etkisi

Topraklarda saptanan $C_{\text{çöz}}$ miktarları üzerine uygulamaların, dozların ve uygulama x zaman, uygulama x doz ve doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.1). İlk dönem topraklarında, İA-150 uygulaması hariç diğer tüm karasu uygulamaları kontrolle aynı istatistiki grupta yer almıştır. Fakat deneme ilerledikçe uygulamalar arasında farklılıklar ortaya çıkmış ve son dönemde en yüksek $C_{\text{çöz}}$ miktarı H-50 uygulamasında saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, $C_{\text{çöz}}$ miktarlarının zaman içerisinde değişmediği görülmektedir. Son dönemde uygulamalar arasında en yüksek değeri ham karasu uygulanan topraklar vermiştir. İlk dönem ve son dönem topraklarında uygulama dozu arttıkça $C_{\text{çöz}}$ miktarlarında bir miktar düşüş görülmektedir (Şekil 4.1). Araştırma topraklarının $C_{\text{çöz}}$ değerleri $9.3 \mu\text{g C g}^{-1}$ ile $21.8 \mu\text{g C g}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.1 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki $C_{\text{çöz}}$ miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar ($m^3 ha^{-1}$)	Çözünebilir Organik Karbon ($\mu g C g^{-1}$)					
		30. Gün		60. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	18.2	<i>a</i> *	14.0	<i>b</i> **	18.3	<i>ab</i> **
Ham (H)	50	16.8	<i>a</i>	17.7	<i>ab</i>	21.8	<i>a</i>
	100	14.3	<i>a</i>	17.7	<i>ab</i>	20.4	<i>ab</i>
	150	15.7	<i>a</i>	15.4	<i>b</i>	16.1	<i>ab</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	16.8	<i>a</i>	12.6	<i>b</i>	14.3	<i>ab</i>
	100	15.7	<i>a</i>	16.4	<i>b</i>	10.5	<i>b</i>
	150	13.5	<i>a</i>	17.5	<i>ab</i>	12.5	<i>b</i>
İleri Arıtma (İA)	50	15.2	<i>a</i>	14.3	<i>b</i>	9.3	<i>b</i>
	100	14.0	<i>a</i>	19.1	<i>a</i>	10.2	<i>b</i>
	150	13.2	<i>b</i>	17.5	<i>ab</i>	10.6	<i>b</i>
Ortalama		15.3	öd	16.2		14.4	
Uygulamalar	Ham	16.2	öd	16.2	öd	19.1	<i>a</i> **
	Ön Arıtma	16.0		15.1		13.9	<i>b</i>
	İleri Arıtma	15.1		16.2		12.1	<i>b</i>
Uygulama Dozları ($m^3 ha^{-1}$)	0	18.2	<i>a</i> **	14.0	<i>b</i> **	18.3	<i>a</i> **
	50	16.3	<i>ab</i>	14.9	<i>ab</i>	15.1	<i>ab</i>
	100	14.7	<i>b</i>	17.7	<i>a</i>	13.7	<i>b</i>
	150	14.1	<i>b</i>	16.8	<i>ab</i>	13.1	<i>b</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



4.1.2 Hümifike karbon (C_{hum}) miktarı üzerine etkisi

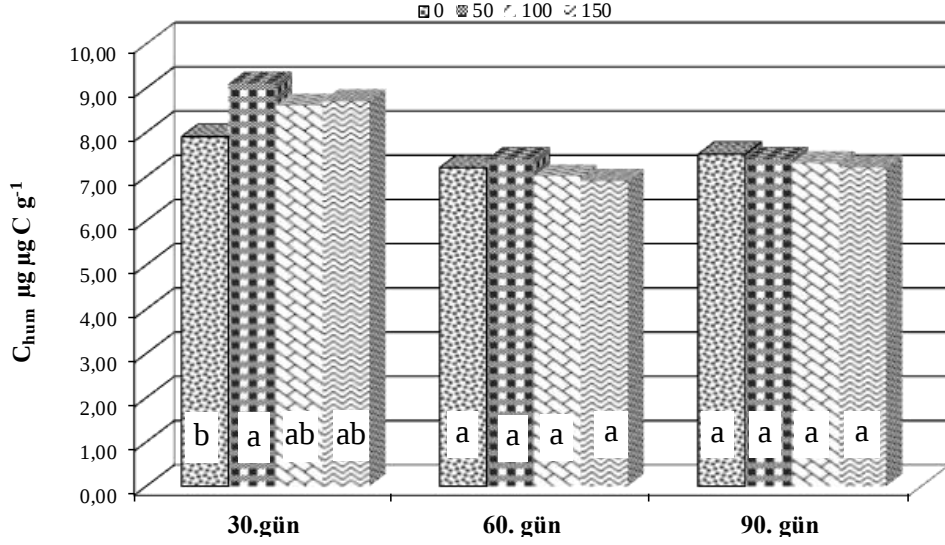
Topraklarda saptanan C_{hum} miktarları üzerine dozların $p < 0.05$, zamanın ve uygulama x zaman interaksiyonunun $p < 0.01$ ve doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.2). İlk dönem topraklarında, ÖA-100 uygulaması hariç karasu uygulanan diğer tüm topraklarda kontrole oranla C_{hum} miktarları istatistiki önemde artmıştır. Fakat deneme sonunda karasu uygulanan tüm toprakların C_{hum} miktarları kontrol toprağı ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan C_{hum} miktarlarının zaman içerisinde düştüğü görülmektedir ($8.7 \mu g C g^{-1}$ 'dan $7.3 \mu g C g^{-1}$ 'a). İlk dönem topraklarında uygulama dozları ile birlikte C_{hum} miktarlarında bir artış görülse de denemenin ikinci döneminde ve sonunda

böyle bir ilişki ortaya çıkmamıştır (Şekil 4.10). Araştırma topraklarının C_{hum} miktarları $6.3 \mu\text{g C g}^{-1}$ ile $9.9 \mu\text{g C g}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.2 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki C_{hum} miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Hümifike Karbon (µg C g ⁻¹)						
		30. Gün		60. Gün		90. Gün		
Kontrol	0	7.9	<i>b</i> *	7.2	öd	7.5	öd	
Ham (H)	50	8.8	<i>a</i>	7.9		6.9		
	100	9.0	<i>a</i>	7.1		7.5		
	150	8.4	<i>ab</i>	7.0		7.8		
Ön Arıtma (ÖA)	50	8.5	<i>ab</i>	7.7		7.2		
	100	7.9	<i>b</i>	7.5		7.2		
	150	8.9	<i>a</i>	7.3		6.4		
İleri Arıtma (İA)	50	9.9	<i>a</i>	6.7		7.9		
	100	8.9	<i>a</i>	6.5		7.3		
	150	8.9	<i>a</i>	6.3		7.3		
Ortalama		8.7	<i>A</i> **	7.1	<i>B</i>	7.3	<i>B</i>	
Uygulamalar	Ham	8.5	öd	7.3	öd	7.4	öd	
	Ön Arıtma	8.3		7.4		7.1		
	İleri Arıtma	8.9		6.6		7.5		
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	7.9	<i>b</i>	*	7.2	öd	7.5	öd
	50	9.1	<i>a</i>		7.4		7.4	
	100	8.6	<i>ab</i>		7.0		7.3	
	150	8.7	<i>ab</i>		6.9		7.2	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



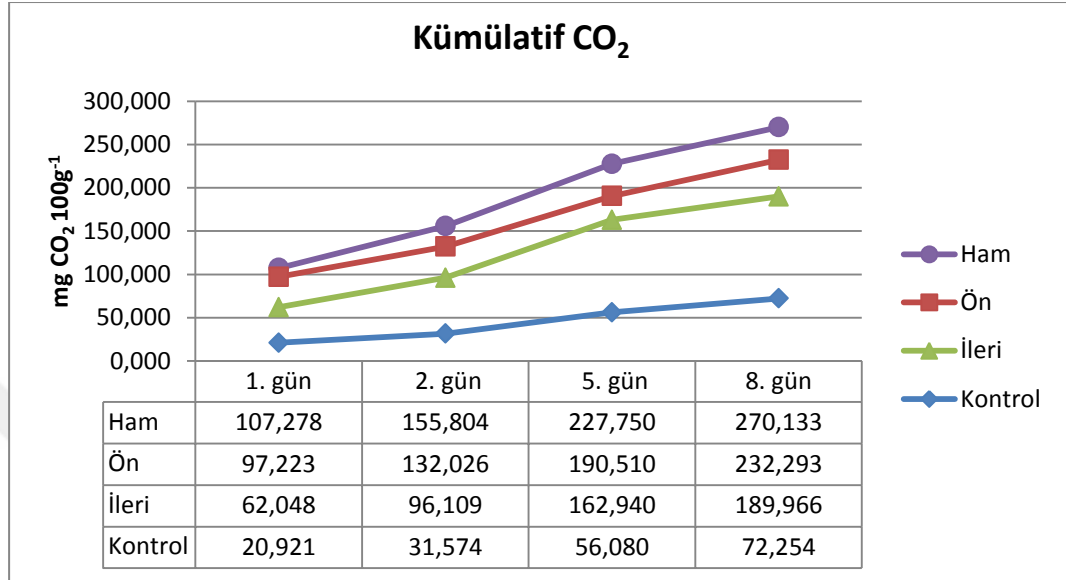
Şekil 4.2 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların C_{hum} miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Humifike karbon, organik maddenin mikrobiyal ayrışmaya dirençli fraksiyonu olup, toprağın kimyasal özellikleri açısından son derece önemlidir. Çalışmada tüm karasu uygulamaları ilk 30 gün içerisinde kontrole oranla toprağın C_{hum} değerlerini artırmıştır. Brunetti et al., (2007) da, arıtılmış ve arıtılmamış zeytin karasu uygulamalarının (300 ve $600 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) toprağın hem çözünebilir ve hem de humifike C miktarlarını artırdığını saptamışlardır.

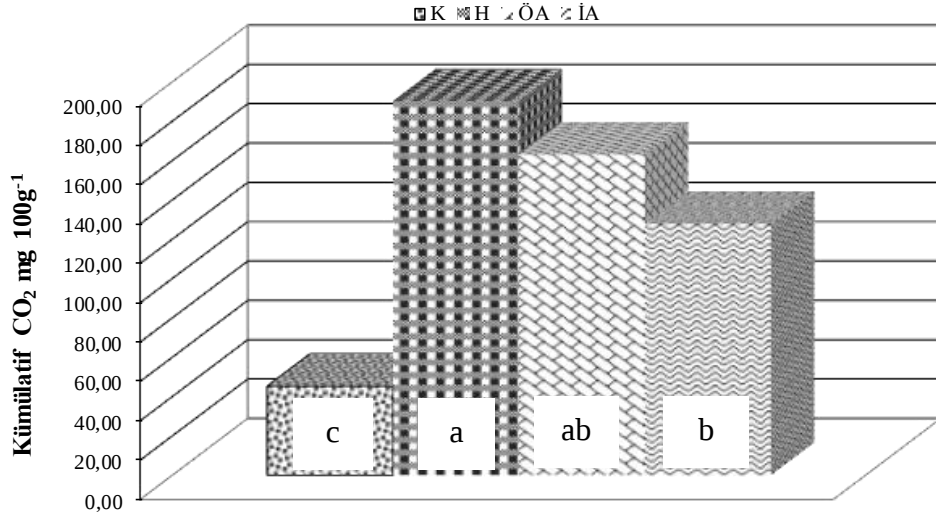
4.1.3 Kümülatif CO₂ oluşum miktarları üzerine etkisi

Araştırma topraklarının kümülatif CO₂ oluşum miktarlarını belirleyebilmek için saksı denemesinden bağımsız olarak 1., 2., 5. ve 8. günlerde CO₂ ölçümleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 4.3).



Şekil 4.3 Zeytin karasuyu uygulanan toprakların kümülatif CO₂ oluşum miktarları

Topraklarda saptanan kümülatif CO₂ oluşum miktarları üzerine uygulamaların, zamanın ve uygulama x zaman ikili interaksyonunun etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur. Kontrole oranla en yüksek miktarları sırasıyla ham, ön arıtılmış ve ileri arıtılmış karasu uygulanan topraklar vermiştir. Uygulamalar arasında en yüksek ortalama değeri ham karasu uygulanan topraklar verirken, tüm uygulamalar kontrole oranla daha yüksek kümülatif CO₂ değerlerine ulaşmıştır (Şekil 4.4). Kontrole oranla H uygulaması %375, ÖA uygulaması %321 ve İA uygulaması %263 'lük bir artış gerçekleştirmiştir. Tsiknia et al. (2014); karasu dozlarıyla birlikte kontrole oranla artan bir CO₂ çıkışı yakalamıştır (42, 84, 168 m³ ha⁻¹). Mekki et al. (2006); yine artan karasu uygulaması ile orantılı artan CO₂ çıkışı gerçekleştiğini belirtmiştir.



Şekil 4.4 Zeytin karasuyu uygulanan toprakların ortalama kümülatif CO₂ oluşum miktarlarının karşılaştırılması

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Uygulanan karasuların C-mineralizasyon durumlarını incelemek amacıyla ek kümülatif CO₂ oluşum miktarları, 8. günün sonunda uygulamalarda açığa çıkan toplam CO₂ miktarından kontrolde oluşan toplam CO₂ miktarı çıkarılarak hesaplanmıştır. Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi H uygulaması ile toprağa verilen C miktarının % 91.6’sının, ÖA uygulaması ile %88.9’unun ve İA uygulaması ile de %78.5’inin 8 gün içerisinde mineralize olduğu saptanmıştır.

Çizelge 4.3 Topraklara uygulanan zeytin karasularına ait ek kümülatif CO₂ oluşum miktarları

Uygulamalar	Ek kümülatif CO ₂ -C (mg 100g ⁻¹)	Mineralize olan C’un %’si
Ham (H)	197.88	91.6
Ön Arıtma (ÖA)	160.04	88.9
İleri Arıtma (İA)	117.71	78.5

4.1.4 Mikrobiyal biyokütle karbonu (C_{mik}) üzerine etkisi

Topraklarda saptanan C_{mik} miktarları üzerine dozların $p < 0.05$, zamanın $p < 0.01$ ve uygulama x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.4). İlk dönem topraklarında uygulamaların C_{mik} miktarları üzerine etkisi çok belirgin bir şekilde ortaya çıkmazken, ikinci dönem

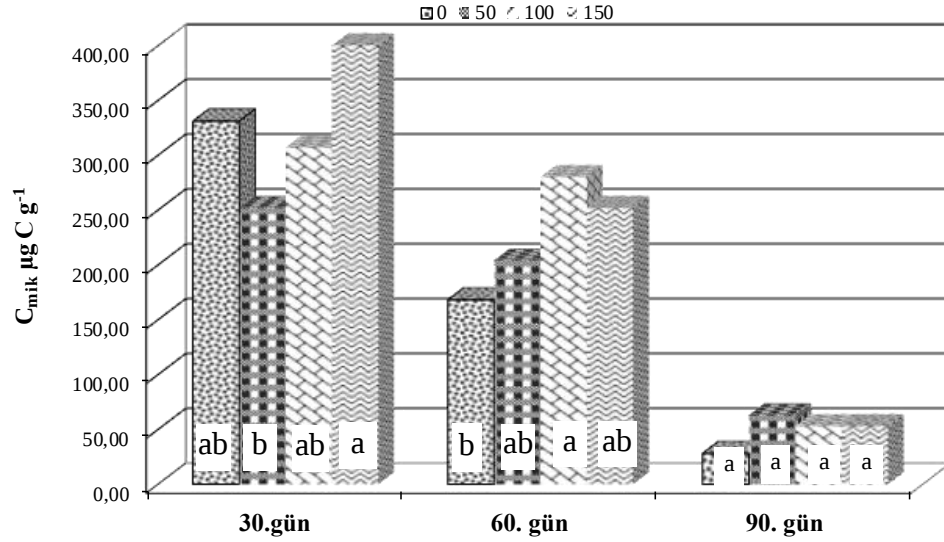
topraklarında karasu uygulamalarının 100 ve 150 m³ ha⁻¹ uygulamaları diğer uygulamalar ve kontrole oranla C_{mik} miktarlarını artırmıştır. Son dönemde ise karasuların uygulandığı toprakların C_{mik} miktarları kontrol toprağı ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan C_{mik} miktarlarının zaman içerisinde düştüğü görülmektedir. İlk dönem topraklarında 150 m³ ha⁻¹ karasu uygulama dozu en yüksek C_{mik} miktarını ortaya çıkarsa da deneme sonunda dozlar arasındaki fark ortadan kalkmıştır (Şekil 4.5). Araştırma topraklarının C_{mik} miktarları 28 µg C g⁻¹ ile 452 µg C g⁻¹ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.4 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki C_{mik} miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Mikrobiyal Biyokütle Karbonu (µg C g ⁻¹)							
		30. Gün		60. Gün		90. Gün			
Kontrol	0	331	<i>b*</i>		168	<i>b*</i>		28	<i>öd</i>
Ham (H)	50	301	<i>b</i>		172	<i>b</i>		35	
	100	388	<i>ab</i>		251	<i>a</i>		53	
	150	331	<i>b</i>		204	<i>a</i>		86	
Ön Arıtma (ÖA)	50	225	<i>b</i>		187	<i>ab</i>		72	
	100	373	<i>ab</i>		264	<i>a</i>		65	
	150	452	<i>a</i>		277	<i>a</i>		42	
İleri Arıtma (İA)	50	267	<i>b</i>		215	<i>a</i>		82	
	100	267	<i>b</i>		214	<i>a</i>		39	
	150	415	<i>ab</i>		273	<i>a</i>		29	
Ortalama		335	<i>A**</i>		225	<i>B</i>		53	<i>C</i>
Uygulamalar	Ham	338	<i>öd</i>		199	<i>öd</i>		51	<i>öd</i>
	Ön Arıtma	308			261			52	
	İleri Arıtma	320			218			45	
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	331	<i>ab</i>	*	168	<i>b</i>	*	28	<i>öd</i>
	50	252	<i>b</i>		204	<i>ab</i>		63	
	100	307	<i>ab</i>		280	<i>a</i>		53	
	150	400	<i>a</i>		252	<i>ab</i>		53	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil

Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.5 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların C_{mik} miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Mikrobiyal biyomas, topraktaki C, N, S ve P gibi besin maddelerinin yarıyışlı bir deposu ve toprak organik maddesindeki dönüşümlerin bir göstergesidir (Jenkinson ve Ladd. 1981). Toplam N, C ve P' un çok küçük bir miktarını temsil etmesine rağmen yapısındaki N ve diğer bitki besin maddelerinin hızlı bir şekilde mineralizasyonu nedeniyle bitkilerin beslenmesinde önemli katkısı olmaktadır. C_{mik} miktarları inkübasyonun 60. gününde özellikle uygulamaların ikinci ve üçüncü dozlarında yüksek seviyelere çıkarken, son dönemde düşük C_{mik} değerleri saptanmıştır. Piotrowska et al. (2011); iki haftalık inkübasyon süreci sonrası toprakta C_{mik} miktarlarının kontrole oranla arttığını, inkübasyon devam ettikçe ise bu değerlerin azalma eğiliminde olduğunu belirlemiştir.

4.2 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın N-Dinamiği Üzerine Etkisi

4.2.1 Amonyum azotu (NH_4-N) miktarı üzerine etkisi

Topraklarda saptanan NH_4-N 'u miktarları üzerine dozların, zamanın ve uygulama x doz, doz x zaman, uygulama x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.5). İlk dönem topraklarında, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla NH_4-N 'u miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Fakat ikinci ve üçüncü dönemlerde NH_4-N 'u miktarları düşerek karasu uygulaması yapılan tüm toprakların NH_4-N 'u miktarları kontrol toprağı ile aynı

istatistiki grupta yer almıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarlarının zaman içerisinde düştüğü görülmektedir ($502 \mu\text{g NH}_4\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ 'dan $200 \mu\text{g NH}_4\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ 'a). İlk dönem topraklarında İA uygulanmış topraklar daha yüksek $\text{NH}_4\text{-N}$ 'una sahip olmuş ve yine bu dönemde uygulama dozları ile $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarlarında bir artış görülmüştür. Fakat zaman içerisinde bu etkiler ortadan kalkmıştır (Şekil 4.6). Araştırma topraklarının $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarları $138 \mu\text{g NH}_4\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ ile $653 \mu\text{g NH}_4\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

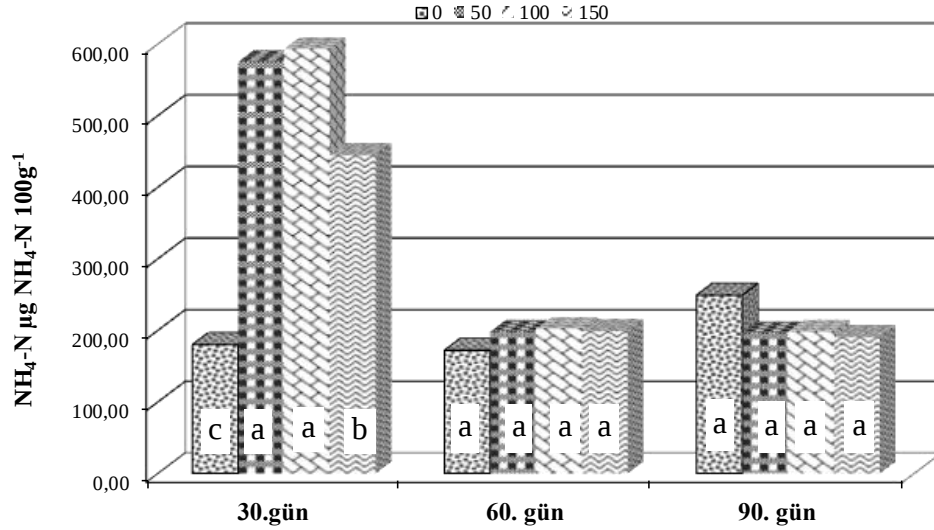
Çizelge 4.5 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	Amonyum Azotu ($\mu\text{g NH}_4\text{-N } 100\text{g}^{-1}$)					
		30. Gün		60. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	180	<i>b**</i>	172	<i>öd</i>	249	<i>a**</i>
Ham (H)	50	628	<i>a</i>	178		214	<i>a</i>
	100	653	<i>a</i>	181		221	<i>a</i>
	150	218	<i>b</i>	145		206	<i>a</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	534	<i>a</i>	229		217	<i>a</i>
	100	523	<i>a</i>	228		235	<i>a</i>
	150	529	<i>a</i>	229		224	<i>a</i>
İleri Arıtma (İA)	50	563	<i>a</i>	186		157	<i>ab</i>
	100	604	<i>a</i>	199		138	<i>b</i>
	150	588	<i>a</i>	225		142	<i>ab</i>
Ortalama		502	<i>A**</i>	197	<i>B</i>	200	<i>B</i>

Uygulamalar	Ham	420	<i>b</i>	<i>**</i>	168	<i>öd</i>	223	<i>ab</i>	<i>**</i>
	Ön Arıtma	442	<i>ab</i>		214		231	<i>a</i>	
	İleri Arıtma	483	<i>a</i>		196		172	<i>b</i>	

Uygulama Dozları ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	0	180	<i>c</i>	<i>**</i>	172	<i>öd</i>	249	<i>öd</i>
	50	575	<i>a</i>		198		196	
	100	593	<i>a</i>		202		198	
	150	445	<i>b</i>		199		191	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.6 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre; inkübasyonun ilk ayı içerisinde tüm karasu uygulamalarının amonifikasyonu önemli oranda artırdığı anlaşılmaktadır. Fakat inkübasyonun ikinci ve üçüncü ayında uygulamalar ile kontrol arasındaki farkın kapanması, karaasularda mineralize olacak organik azot kaynağının azaldığını göstermektedir. Tsiknia et al. (2014); karasu uygulamasının doza bağlı olarak $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarını artırdığını belirtmiştir. $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarının belli bir zamana kadar artış gösterdiği daha sonra hızla düşüşe geçtiğini ve kontrole yakın değerlere ulaştığını belirlemiştir. $\text{NH}_4\text{-N}$ 'u miktarının artış sebebi temel olarak organik bileşiklerin mineralizasyonu olarak gösterilmiştir.

4.2.2 Nitrat azotu ($\text{NO}_3\text{-N}$) miktarı üzerine etkisi

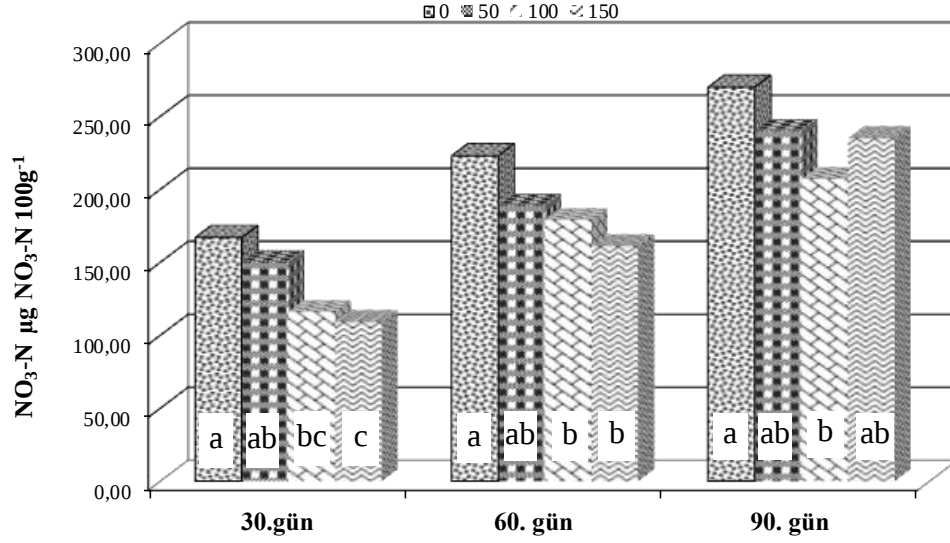
Topraklarda saptanan $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarları üzerine uygulamaların, dozların ve zamanın etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.6). İlk dönem karasu uygulanan topraklarda $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarları kontrole oranla düşmüştür. Fakat deneme süreci boyunca $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarları artmış ve son dönem topraklarında kontrole yakın veya benzer miktarlarda $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarlarının zaman içerisinde arttığı görülmektedir ($129 \mu\text{g NO}_3\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ 'dan $232 \mu\text{g NO}_3\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ 'a). Uygulama dozu arttıkça $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarlarında genelde bir azalma meydana gelmiştir (Şekil 4.7). Araştırma topraklarının $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarları $90 \mu\text{g NO}_3\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ ile $279 \mu\text{g NO}_3\text{-N } 100\text{g}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.6 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki NO₃-N miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Nitrat Azotu (µg NO ₃ -N 100g ⁻¹)					
		30. Gün		60. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	167	<i>a**</i>	223	<i>a**</i>	270	<i>a**</i>
Ham (H)	50	147	<i>ab</i>	173	<i>ab</i>	269	<i>a</i>
	100	102	<i>ab</i>	193	<i>ab</i>	197	<i>b</i>
	150	97	<i>b</i>	146	<i>b</i>	231	<i>ab</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	156	<i>a</i>	198	<i>ab</i>	205	<i>ab</i>
	100	105	<i>ab</i>	172	<i>ab</i>	177	<i>b</i>
	150	90	<i>b</i>	153	<i>b</i>	196	<i>b</i>
İleri Arıtma (İA)	50	148	<i>ab</i>	197	<i>ab</i>	247	<i>a</i>
	100	141	<i>ab</i>	173	<i>ab</i>	245	<i>a</i>
	150	141	<i>ab</i>	183	<i>ab</i>	279	<i>a</i>
Ortalama		129	<i>C**</i>	181	<i>B</i>	232	<i>A</i>
Uygulamalar	Ham	128	öd	184	öd	242	<i>ab</i> **
	Ön Arıtma	129		186		212	<i>b</i>
	İleri Arıtma	149		194		260	<i>a</i>
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	167	<i>a</i> **	223	<i>a</i> **	270	<i>a</i> **
	50	150	<i>ab</i>	189	<i>ab</i>	240	<i>ab</i>
	100	116	<i>bc</i>	179	<i>b</i>	207	<i>b</i>
	150	109	<i>c</i>	161	<i>b</i>	235	<i>ab</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil

Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.7 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların $\text{NO}_3\text{-N}$ miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Araştırma sonuçlarına göre; denemenin ilk iki ayında toprakta mineral azotun immobilize olduğu görülmektedir. Mikroorganizmaların organik C miktarı yüksek karasuyu ayrıştırabilmek için önce popülasyonunu artırarak mineral azot formlarını kullandığı anlaşılmaktadır. Denemenin son ayında ise immobilizasyonun azaldığı ve buna bağlı olarak toprakta kontrole yakın nitrat miktarlarının ortaya çıktığı görülmektedir. Tsiknia et al. (2014); aynı şekilde, karasu uygulaması sonucunda topraktaki $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarının kontrole oranla düştüğünü ve bunun 13. güne kadar devam ettiğini bildirmiştir. Daha sonra tüm seviyeler birbirine yakın değerlere ulaşmıştır. Bir başka çalışmada benzer şekilde $\text{NO}_3\text{-N}$ 'u miktarı artan karasu dozlarına oranla hızla düşüş yaşamıştır ve bu azot immobilizasyonunun etkisine bağlanmıştır (Sierra et al. 2007).

4.2.3 Azot mineralizasyonu ($N_{\min}$) miktarı üzerine etkisi

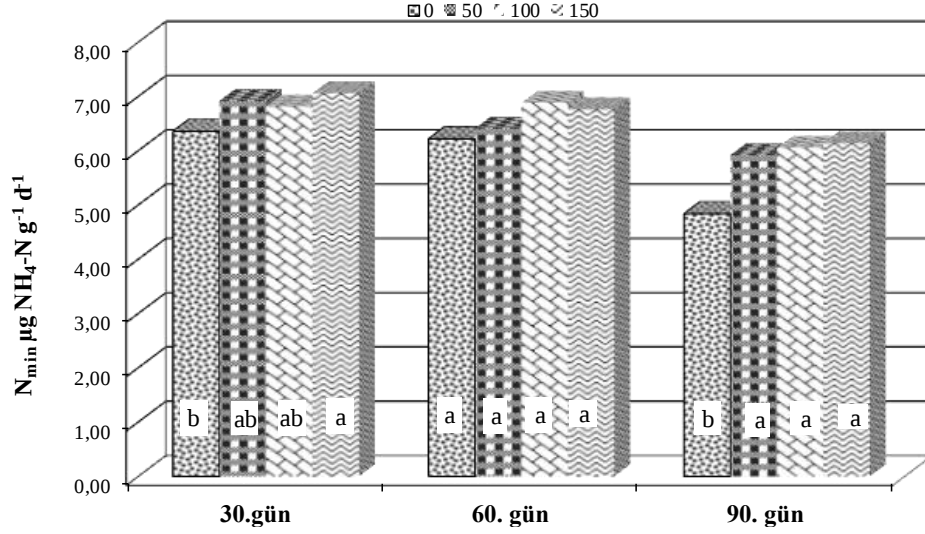
Topraklarda saptanan $N_{\min}$ miktarları üzerine uygulamaların, dozların, zamanın ve uygulama x doz ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.7). Birinci ve ikinci dönem topraklarında, ön arıtılmış karasu uygulamaları kontrole ve diğer uygulamalara oranla $N_{\min}$ miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Deneme sonunda ise karasu uygulanan tüm topraklarda kontrole oranla daha yüksek $N_{\min}$ miktarları saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan $N_{\min}$ değerlerinin zaman içerisinde düştüğü görülmektedir. İlk dönem topraklarında en yüksek $N_{\min}$ değerleri en yüksek doz uygulamasında ortaya çıkarken, son dönem topraklarında uygulamalar

arasındaki fark ortadan kalkmış ve hepsi aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır (Şekil 4.8). Araştırma topraklarının $N_{\min}$ miktarları $4.84 \mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ile $7.77 \mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1} \text{ d}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.7 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki $N_{\min}$ miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Azot Mineralizasyonu (µg NH ₄ -N g ⁻¹ d ⁻¹)							
		30. Gün		60. Gün		90. Gün			
Kontrol	0	6.36	b**	6.22	b**	4.84	b**		
Ham (H)	50	6.66	b	5.97	b	5.95	a		
	100	6.69	b	6.70	b	6.47	a		
	150	6.80	b	6.76	b	6.40	a		
Ön Arıtma (ÖA)	50	7.10	ab	7.00	a	6.10	a		
	100	7.31	ab	6.91	a	6.34	a		
	150	7.77	a	7.69	a	7.04	a		
İleri Arıtma (İA)	50	7.01	b	6.25	b	5.72	a		
	100	6.43	b	7.02	a	5.33	ab		
	150	6.61	b	5.85	b	4.99	b		
Ortalama		6.87	A**	6.64	A	5.92	B		
Uygulamalar	Ham	6.63	öd	6.41	öd	5.91	öd		
	Ön Arıtma	7.13		6.96		6.08			
	İleri Arıtma	6.01		6.34		5.22			
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	6.36	b	**	6.22	öd	4.84	b	**
	50	6.92	ab		6.41		5.92	a	
	100	6.81	ab		6.88		6.05	a	
	150	7.06	a		6.76		6.14	a	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.8 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların N_{min} miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Sonuçlar; denemenin başında ön arıtma yapılmış topraklarda mineralize olan azot miktarının daha fazla olduğunu fakat zaman ilerledikçe diğer uygulamalarda da önemli miktarda azotun mineralize olduğunu göstermektedir. Son dönem topraklarında kontrole oranla uygulama yapılan topraklarda daha yüksek N_{min} değerlerinin ortaya çıkması, toprağa karasu ile gelen azotun 3 aylık bir süre sonunda da devam ettiğini göstermektedir. Mekki et al. (2009); karasu uygulaması yapılan topraklarda, karasu ile gelen azotun yavaş bir şekilde mineralizasyona uğradığını saptamışlardır. Araştırmacılar bu yavaş mineralizasyonu karasuyun içeriğindeki zararlı bileşiklere ve bunların topraktaki adsorbsiyonuna bağlamışlardır.

4.2.4 Potansiyel nitrifikasyon (Nit_{pot}) miktarı üzerine etkisi

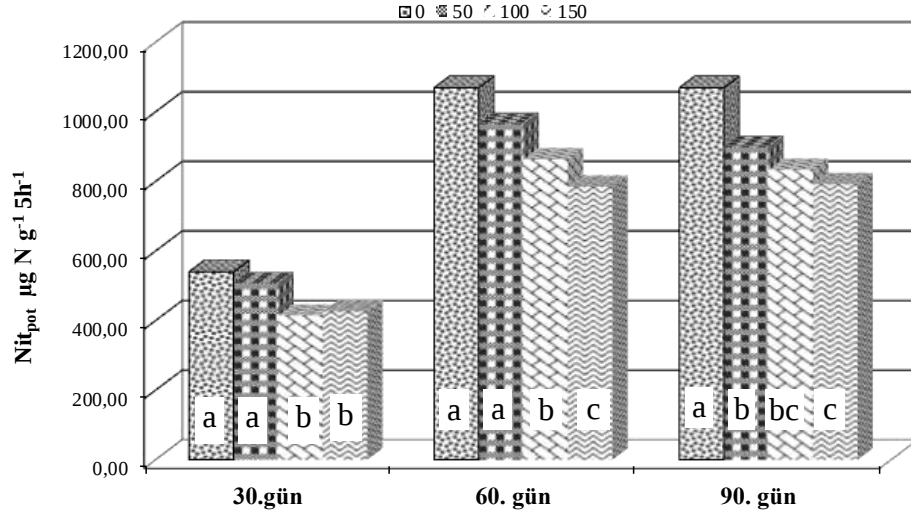
Topraklarda saptanan Nit_{pot} miktarları üzerine dozların, zamanın ve doz x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.8). İlk dönem topraklarında H-100 ve H-150 uygulamaları hariç tüm topraklar kontrol ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Tüm Nit_{pot} miktarlarında ikinci ve üçüncü dönemde ilk döneme göre büyük artış gerçekleşmiştir. Son dönemde karasu uygulanan tüm toprakların Nit_{pot} miktarları aynı istatistiki grup içerisinde yer alırken, kontrole oranla daha düşük Nit_{pot} miktarları ortaya çıkmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan Nit_{pot} miktarlarının zaman içerisinde arttığı görülmektedir. İlk iki dönemde sadece H-100 ve 150 dozları Nit_{pot} miktarlarında kontrole oranla düşüş gerçekleştirse de, son dönem topraklarında uygulama dozu arttıkça Nit_{pot} miktarlarında kontrole oranla düşüş gerçekleştiği

görülmektedir. (Şekil 4.9). Araştırma topraklarının Nit_{pot} miktarları $371 \mu\text{g N g}^{-1} 5\text{h}^{-1}$ ile $1069 \mu\text{g N g}^{-1} 5\text{h}^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.8 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki Nit_{pot} miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	Potansiyel Nitrifikasyon ($\mu\text{g N g}^{-1} 5\text{h}^{-1}$)					
		30. Gün		60. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	540	<i>a**</i>	1069	<i>a**</i>	1069	<i>a**</i>
Ham (H)	50	519	<i>a</i>	951	<i>b</i>	897	<i>b</i>
	100	375	<i>b</i>	853	<i>c</i>	813	<i>b</i>
	150	371	<i>b</i>	768	<i>c</i>	783	<i>b</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	478	<i>a</i>	1000	<i>a</i>	927	<i>b</i>
	100	435	<i>a</i>	856	<i>b</i>	898	<i>b</i>
	150	433	<i>a</i>	851	<i>b</i>	779	<i>b</i>
İleri Arıtma (İA)	50	522	<i>a</i>	945	<i>b</i>	872	<i>b</i>
	100	432	<i>a</i>	886	<i>b</i>	813	<i>b</i>
	150	472	<i>a</i>	728	<i>c</i>	787	<i>b</i>
Ortalama		458	<i>B**</i>	891	<i>A</i>	864	<i>A</i>
Uygulamalar	Ham	452	öd	910	öd	891	öd
	Ön Arıtma	471		944		918	
	İleri Arıtma	492		907		885	
Uygulama Dozları ($\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$)	0	540	<i>a</i> **	1069	<i>a</i> **	1069	<i>a</i> **
	50	507	<i>a</i>	965	<i>a</i>	899	<i>b</i>
	100	414	<i>b</i>	863	<i>b</i>	833	<i>bc</i>
	150	426	<i>b</i>	784	<i>c</i>	792	<i>c</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.9 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların Nit_{pot} miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Potansiyel nitrifikasyon miktarları ilk dönem istatistiksel olarak sadece H uygulamasının 100 ve 150 $m^3 h^{-1}$ dozlarında fark göstermiş olsa bile, uygulanan dozlarla birlikte miktarların düştüğünü görmek mümkündür. İkinci dönem bu değerler kontrol dahil olmak üzere tüm uygulamalarda yaklaşık 2 katına çıkmıştır. Üçüncü dönemde ise yine tüm değerlerin kontrole oranla daha düşük kaldığı görülmüştür. Artan doz seviyeleri ile potansiyel nitrifikasyon oranları düşmüştür. Tsiknia et al. (2014); 42 ve 84 $m^3 h^{-1}$ karasu uygulaması yaptıkları saksılarda potansiyel nitrifikasyon miktarlarının 3, 6, 18, 48. günlerde kontrole oranla daha yüksek değerler verdiğini ancak bunun tersine en yüksek doz uygulamasında 3. günde potansiyel nitrifikasyon miktarının yarıya düştüğünü belirtmiştir. Daha sonraki zamanlarda tüm seviyelerin birbirine yakın konuma geldiğini açıklamıştır.

4.2.5 Mikrobiyal biyokütle azotu (N_{mik}) üzerine etkisi

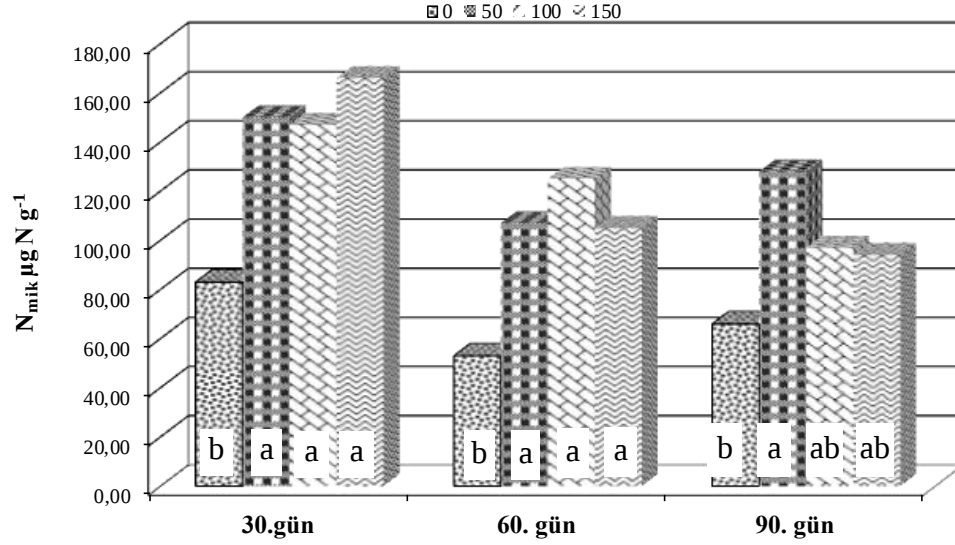
Topraklarda saptanan N_{mik} miktarları üzerine uygulamaların $p < 0.05$, dozların, zamanın $p < 0.01$, uygulama x zaman $p < 0.05$ ve doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.9). Üç dönem topraklarında da, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla N_{mik} miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan N_{mik} miktarlarının zaman içerisinde düştüğü görülmektedir. İlk dönemde uygulamalar arasında en yüksek N_{mik} değerleri ham karasu uygulanan topraklarda saptanırken sonraki dönemlerde uygulamalar arasındaki fark ortadan kalkmıştır. Her üç dönemde de uygulama dozları

arasındaki fark çok önemli olmamıştır (Şekil 4.10). Araştırma topraklarının N_{mik} miktarları $53 \mu g N g^{-1}$ ile $250 \mu g N g^{-1}$ arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.9 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki N_{mik} miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Mikrobiyal Biyokütle Azotu (µg N g ⁻¹)								
		30. Gün		60. Gün		90. Gün				
Kontrol	0	83	c**	53	b**	66	b**			
Ham (H)	50	143	ab	115	a	141	a			
	100	165	a	113	a	132	a			
	150	250	a	88	ab	75	ab			
Ön Arıtma (ÖA)	50	149	ab	100	ab	128	a			
	100	110	b	161	a	84	ab			
	150	152	a	115	a	123	a			
İleri Arıtma (İA)	50	158	b	106	a	115	a			
	100	166	a	102	a	75	ab			
	150	94	bc	112	a	83	ab			
Ortalama		147	A**	107	B	102	B			
Uygulamalar	Ham	160	a	*	93	öd	104	öd		
	Ön Arıtma	123	b		107		101			
	İleri Arıtma	125	ab		93		85			
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	83	b	**	53	b	**	66	b	**
	50	150	a		107	a		128	a	
	100	147	a		125	a		97	ab	
	150	166	a		105	a		94	ab	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.10 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların N_{mik} miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Toprağın mikrobiyal N havuzu çok küçük bir miktarı oluşturmaya karşın, hızlı döngüsü ile N-mineralizasyonuna önemli bir katkı yapmaktadır (Anderson and Domsch, 1980). N_{mik} miktarları ilk dönem en yüksek değerlere sahipken daha sonra belli seviyelerde düşüş yaşamıştır. Piotrowska et al. (2011); iki haftalık inkübasyon süreci sonrası toprakta N_{mik} miktarlarının kontrole oranla arttığını, inkübasyon devam ettikçe ise bu değerlerin azalma eğiliminde olduğunu belirlemiştir. Son durumda ortalama $47 \mu\text{g g}^{-1}$ N değeri belirtilmiştir.

4.3 Zeytin Karasuyu Uygulamalarının Toprağın Kimyasal Özellikleri Üzerine Etkisi

4.3.1 Toprak pH'sı üzerine etkisi

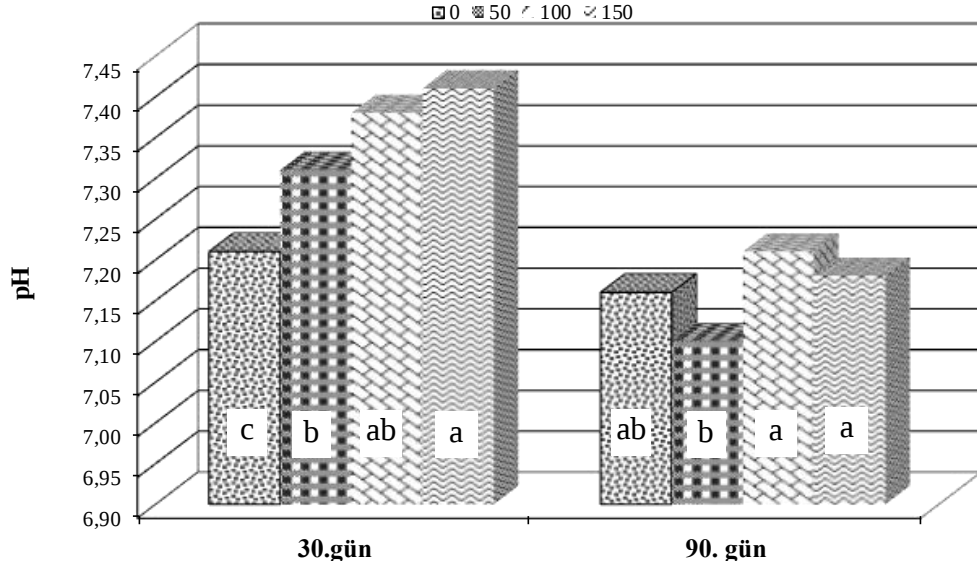
Topraklarda saptanan pH değerleri üzerine uygulamaların, dozların, zamanın ve uygulama x doz, doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.10) İlk dönem topraklarında, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla pH değerlerini istatistiki önemde artırmıştır. Fakat deneme sonunda sadece ham karasu uygulanan topraklarda kontrole oranla daha yüksek pH değerleri saptanmış, ön ve ileri arıtma yapılan karasuların uygulandığı toprakların pH değerleri ise kontrol toprağına ile aynı istatistiki grupta yer almıştır. Her iki dönemde de ham karasu uygulanan topraklarda daha yüksek pH değerleri saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan pH değerlerinin zaman içerisinde düştüğü görülmektedir (7.35 'den 7.16 'ya). İlk

dönem topraklarında uygulama dozu arttıkça pH değerlerinde de bir artış görülse de deneme sonunda böyle bir ilişki ortaya çıkmamıştır (Şekil 4.11). Araştırma topraklarının pH değerleri 7.06 ile 7.48 arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar ile toprakların pH sınıflandırmasında bir değişiklik olmamış, tüm topraklar nötr reaksiyon sınıfına girmiştir.

Çizelge 4.10 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki pH değişimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	pH			
		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	7.21	<i>b</i> **	7.16	<i>b</i> **
Ham (H)	50	7.37	<i>a</i>	7.17	<i>b</i>
	100	7.48	<i>a</i>	7.35	<i>a</i>
	150	7.48	<i>a</i>	7.25	<i>ab</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	7.26	<i>b</i>	7.06	<i>b</i>
	100	7.33	<i>ab</i>	7.14	<i>b</i>
	150	7.40	<i>a</i>	7.12	<i>b</i>
İleri Arıtma (İA)	50	7.29	<i>ab</i>	7.08	<i>b</i>
	100	7.33	<i>ab</i>	7.15	<i>b</i>
	150	7.36	<i>a</i>	7.16	<i>b</i>
Ortalama		7.35	<i>A</i> **	7.16	<i>B</i>
Uygulamalar	Ham	7.38	<i>a</i> **	7.23	<i>a</i> **
	Ön Arıtma	7.30	<i>ab</i>	7.12	<i>b</i>
	İleri Arıtma	7.29	<i>b</i>	7.14	<i>ab</i>
Uygulama Dozları (m³ ha⁻¹)	0	7.21	<i>c</i> **	7.16	<i>ab</i> **
	50	7.31	<i>b</i>	7.10	<i>b</i>
	100	7.38	<i>ab</i>	7.21	<i>a</i>
	150	7.41	<i>a</i>	7.18	<i>a</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.11 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların pH değişimi üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Magdich et al. (2013), karasu uygulanan topraklardaki pH değişimlerinin kontrole oranla düştüğünü kaydederken, bu durumun karasuyun asidik özelliklerinden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Mkhabela ve Warman (2005)'e göre ise pH'daki artışın karbon mineralizasyonu sonucu açığa çıkan OH^- iyonlarının ligand değişiminden kaynaklanabileceğini belirtmiştir. Örneğin karasu tarafından getirilen K^+ , Ca^{++} ve Mg^{++} ile topraktaki OH^- iyonlarının değişimi veya Na^+ ile oluşabilecek ve CaCO_3 'tan daha alkali bir hidroliz yaratan NaCO_3 bileşiği sebebiyle bu değişim gerçekleşebilir.

4.3.2 Toprağın elektriksel geçirgenliği (EC) üzerine etkisi

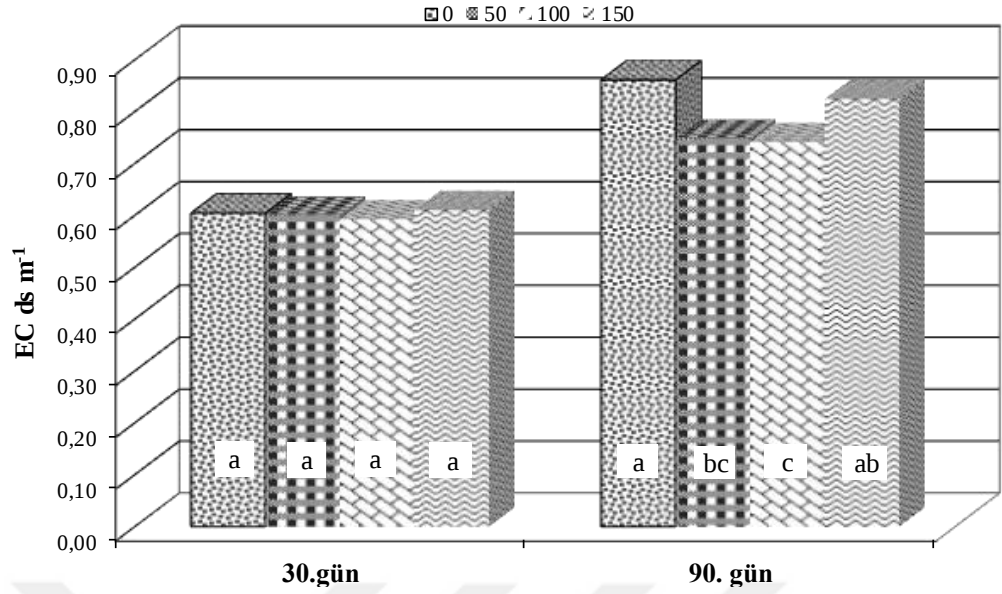
Topraklarda saptanan EC değerleri üzerine dozların, zamanın $p < 0.01$ ve doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.11). İlk dönem topraklarında, karasu uygulamaları kontrole oranla EC değerlerini istatistiki önemde değiştirmemiştir. Fakat deneme sonunda karasu uygulanan topraklarda kontrole oranla daha düşük EC değerleri saptanmıştır. En yüksek EC değerleri kontrol uygulamasında son dönem topraklarında, en düşük EC değerleri ise ilk dönem topraklarında saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan EC değerlerinde bir miktar artış yaşanmıştır (0.601 ds m^{-1} 'den 0.780 ds m^{-1} 'ye). Uygulamaların EC üzerinde istatistiki anlamda bir etkisi ortaya çıkmamıştır. Uygulama dozlarının ise toprakların elektriksel geçirgenliği üzerindeki etkisi sadece ikinci dönemde önemli olmuştur

(Şekil 4.12). Araştırma topraklarının EC değerleri 0.574 ds m^{-1} ile 0.861 ds m^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar ile toprakların EC sınıflandırmasında bir değişiklik olmamış, tüm topraklar tuzluluk tehlikesi olmayan sınıfa girmiştir.

Çizelge 4.11 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki EC değişimi üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	EC (dS m^{-1})			
		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	0.604	öd	0.861	<i>a**</i>
Ham (H)	50	0.578		0.717	<i>ab</i>
	100	0.588		0.713	<i>b</i>
	150	0.619		0.822	<i>ab</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	0.602		0.759	<i>ab</i>
	100	0.612		0.805	<i>ab</i>
	150	0.593		0.822	<i>ab</i>
İleri Arıtma (İA)	50	0.618		0.767	<i>ab</i>
	100	0.574		0.704	<i>b</i>
	150	0.617		0.830	<i>ab</i>
Ortalama		0.601	<i>B**</i>	0.780	<i>A</i>
Uygulamalar	Ham	0.597	öd	0.778	öd
	Ön Arıtma	0.603		0.812	
	İleri Arıtma	0.603		0.790	
Uygulama Dozları ($\text{m}^3 \text{ ha}^{-1}$)	0	0.604	öd	0.861	<i>a</i> **
	50	0.600		0.748	<i>bc</i>
	100	0.592		0.741	<i>c</i>
	150	0.610		0.824	<i>ab</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.12 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların EC değişimi üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

4.3.3 Toprak organik maddesi (OM) üzerine etkisi

Topraklarda saptanan organik madde miktarları üzerine dozların, zamanın ($p < 0.01$) ve uygulama x zaman ($p < 0.05$) ile doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi ($p < 0.01$) önemli olmuştur (Çizelge 4.12). İlk dönem topraklarında, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla OM miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Fakat deneme sonunda bu etki ortadan kalkmıştır. Zaman içerisinde toprakların organik madde miktarı ortalama % 2.77'den % 2.05'e düşmüştür. İlk dönem topraklarında uygulama dozlarının etkisiyle OM miktarlarında bir artış görülse de deneme sonunda böyle bir ilişki ortaya çıkmamıştır. Araştırma topraklarının OM miktarları % 1.77 ile % 3.07 arasında değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.12 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki OM miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Organik Madde (%)			
		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	2.41	<i>b**</i>	2.14	öd
Ham (H)	50	2.61	<i>ab</i>	2.01	
	100	2.64	<i>ab</i>	2.07	
	150	2.76	<i>ab</i>	2.06	
Ön Arıtma (ÖA)	50	2.97	<i>a</i>	2.11	
	100	3.07	<i>a</i>	2.03	
	150	2.88	<i>a</i>	2.00	
İleri Arıtma (İA)	50	2.76	<i>ab</i>	2.34	
	100	2.81	<i>ab</i>	2.01	
	150	2.83	<i>ab</i>	1.77	
Ortalama		2.77	<i>A**</i>	2.05	<i>B</i>
Uygulamalar	Ham	2.61	öd	2.07	öd
	Ön Arıtma	2.83		2.07	
	İleri Arıtma	2.70		2.07	
Uygulama Dozları (m³ ha⁻¹)	0	2.41	<i>b</i> **	2.14	öd
	50	2.78	<i>a</i>	2.15	
	100	2.84	<i>a</i>	2.04	
	150	2.82	<i>a</i>	1.94	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.

Pierantozzi et al. (2013); artan karasu uygulama dozları ile birlikte toprak organik maddesinin de orantılı bir şekilde arttığını belirtmiştir. Priming etkisi, toprağa taze organik madde girişinden sonra toprak organik maddesinin ayrışma oranının artması, yani taze organik maddenin ayrışması ile ortaya çıkan yüksek enerji kullanılabilirliği ile mikrobiyal aktivitenin artması olarak tanımlanabilir. Topraklara taze organik madde girişinden sonra birçok özelleşmiş mikroorganizma hızla büyür ve sadece taze organik maddeyi ayrıştırır (Fontaine et al. 2003).

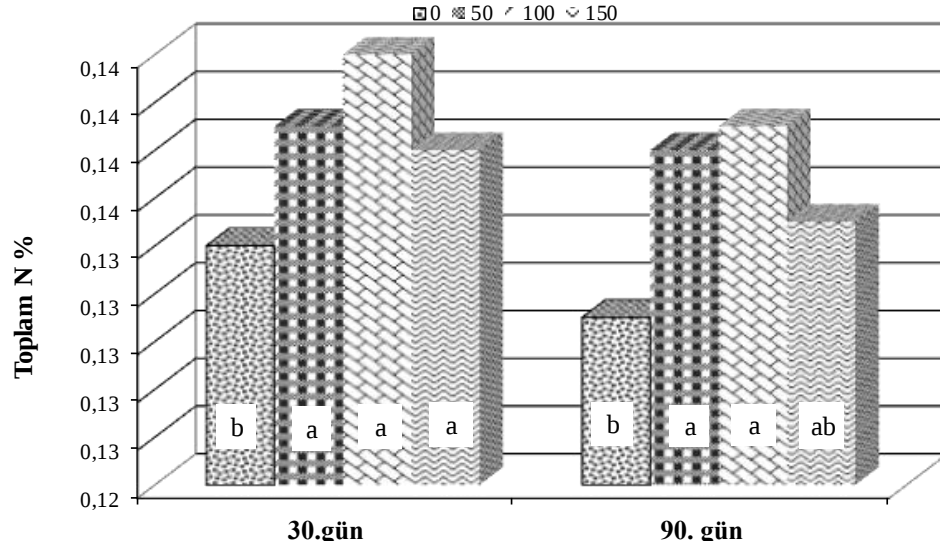
4.3.4 Toplam N miktarı üzerine etkisi

Topraklarda saptanan toplam N miktarları üzerine sadece dozların etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.13). Her iki dönemde de, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla toplam N miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Dönem bazında bakıldığında, toplam N miktarının zaman içerisinde değişmediği görülmektedir. Tüm dönem topraklarında uygulama dozlarının etkisiyle toplam N miktarlarında artış gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 4.13). Araştırma topraklarının toplam N miktarları % 0.131 ile % 0.145 arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar ile toprakların toplam N sınıflandırmasında bir değişiklik olmamış, tüm topraklar azotça iyi toprak sınıfına girmiştir.

Çizelge 4.13 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki toplam N miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Toplam N (%)			
		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	0.134	<i>b**</i>	0.131	<i>b**</i>
Ham (H)	50	0.137	<i>a</i>	0.138	<i>a</i>
	100	0.139	<i>a</i>	0.142	<i>a</i>
	150	0.138	<i>a</i>	0.134	<i>ab</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	0.139	<i>a</i>	0.138	<i>a</i>
	100	0.141	<i>a</i>	0.139	<i>a</i>
	150	0.139	<i>a</i>	0.135	<i>ab</i>
İleri Arıtma (İA)	50	0.139	<i>a</i>	0.138	<i>a</i>
	100	0.145	<i>a</i>	0.137	<i>a</i>
	150	0.138	<i>a</i>	0.137	<i>a</i>
Ortalama		0.139	öd	0.137	
Uygulamalar	Ham	0.137	öd	0.136	öd
	Ön Arıtma	0.138		0.136	
	İleri Arıtma	0.139		0.136	
Uygulama Dozları (m³ ha⁻¹)	0	0.134	<i>b</i> **	0.131	<i>b</i> **
	50	0.139	<i>a</i>	0.138	<i>a</i>
	100	0.142	<i>a</i>	0.139	<i>a</i>
	150	0.138	<i>a</i>	0.135	<i>ab</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.13 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların toplam N miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Farklı çalışmalar karasu uygulaması sonucunda organik madde, total azot ve C/N oranında artış belirlemiştir ve bunun toprak verimliliğini artırma üzerine etkisi olabileceğini vurgulamışlardır (Mekki et al., 2006; Brunetti et al., 2007; Sierra et al., 2007; Pierantozzi et al., 2013). Piotrowska et al. (2011); toplam N içeriğinde, 28 günlük inkübasyon süreci sonrası yapılan ölçümlerde, tutarlı artış olduğunu belirtmiştir.

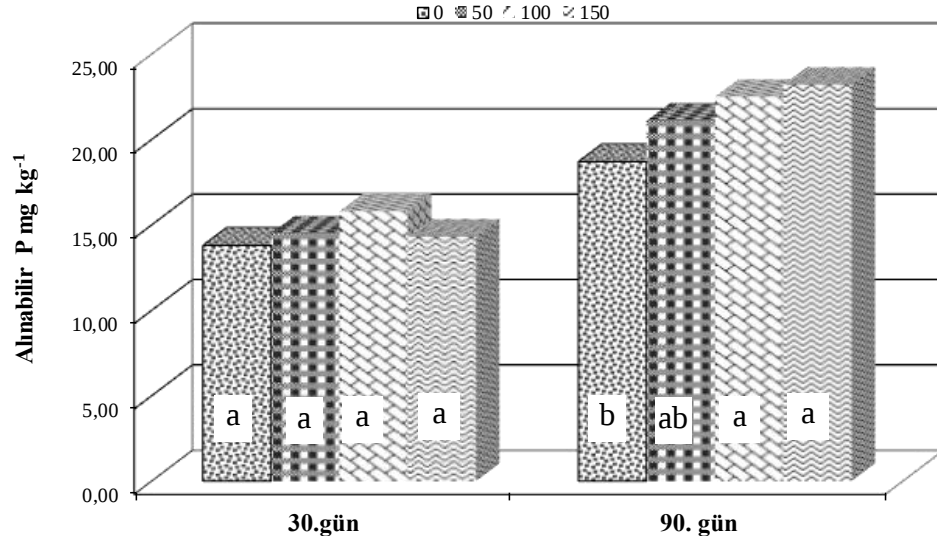
4.3.5 Alınabilir P miktarı üzerine etkisi

Topraklarda saptanan alınabilir P miktarları üzerine dozların ve zamanın etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.14). İlk dönem topraklarında uygulamalar ile kontrol arasında istatistiki olarak bir fark ortaya çıkmamıştır. Fakat deneme sonunda H-150 uygulaması hariç karasu uygulanan diğer tüm topraklarda kontrole oranla daha yüksek alınabilir P miktarları saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan alınabilir P miktarlarının zaman içerisinde arttığı görülmektedir (14.8 mg kg^{-1} 'den 21.9 mg kg^{-1} 'a). İlk dönem topraklarında uygulama dozları ile toprakların alınabilir P miktarlarında bir değişim görülme de deneme sonunda uygulama dozu arttıkça alınabilir P miktarlarında artış ortaya çıkmıştır (Şekil 4.14). Araştırma topraklarının alınabilir P miktarları 12.1 mg kg^{-1} ile 26.2 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar ile toprakların alınabilir P sınıflandırmasında tüm topraklar fosfor bakımından orta sınıftan, iyi toprak sınıfına geçmiştir.

Çizelge 4.14 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir P miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Alınabilir P mg kg ⁻¹				
		30. Gün		90. Gün		
Kontrol	0	13.8	öd	18.7	<i>b**</i>	
Ham (H)	50	14.4		20.2	<i>ab</i>	
	100	14.8		20.1	<i>ab</i>	
	150	12.1		18.3	<i>b</i>	
Ön Arıtma (ÖA)	50	13.8		21.1	<i>ab</i>	
	100	16.4		22.6	<i>ab</i>	
	150	13.4		26.2	<i>a</i>	
İleri Arıtma (İA)	50	15.3		21.9	<i>ab</i>	
	100	16.2		24.8	<i>a</i>	
	150	17.4		25.1	<i>a</i>	
Ortalama		14.8	<i>B**</i>	21.9	<i>A</i>	
Uygulamalar	Ham	13.8	öd	19.3	öd	
	Ön Arıtma	14.3		22.2		
	İleri Arıtma	15.7		22.6		
Uygulama Dozları (m ³ ha ⁻¹)	0	13.8	öd	18.7	<i>b</i>	**
	50	14.5		21.1	<i>ab</i>	
	100	15.8		22.5	<i>a</i>	
	150	14.3		23.2	<i>a</i>	

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.14 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların alınabilir P miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Piotrowska et al. (2011); toprakta uygulama sonrası alınabilir P içeriğinde keskin bir artış gözlemlendiğini ancak bu artışın zamanla sabit bir azalma eğilimine geçtiğini belirtmiştir. Kapellakis et al. (2015); karasu uygulamasının toprakta alınabilir P konsantrasyonunu artırdığını ve bu etkinin yüzey toprak katmanlarında daha fazla olduğunu ve derin toprak katmanlarına doğru azalan bir etki gösterdiğini açıklamıştır.

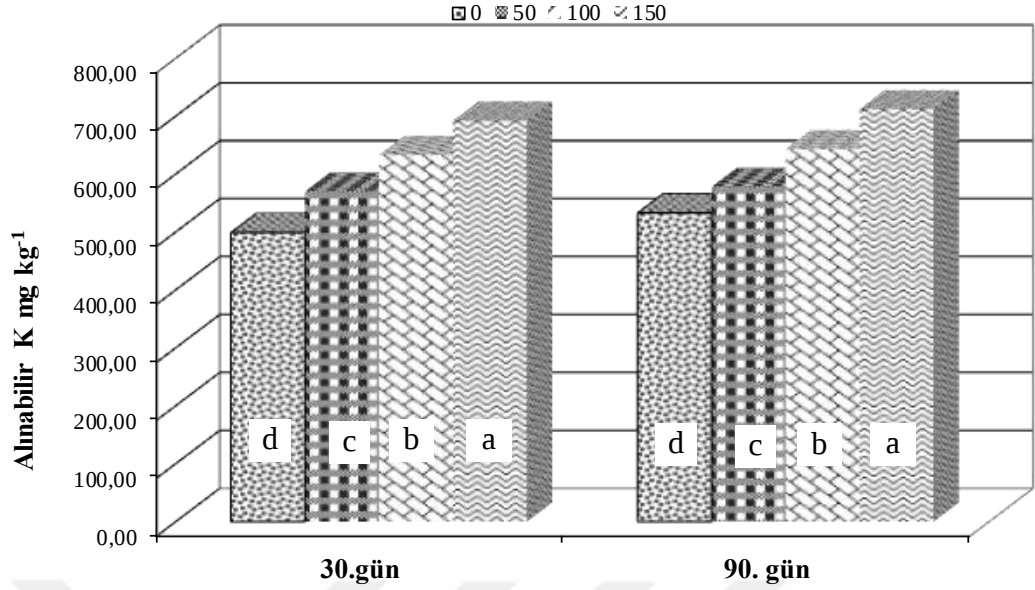
4.3.6 Alınabilir K miktarı üzerine etkisi

Topraklarda saptanan alınabilir K miktarları üzerine dozların, zamanın ve uygulama x doz interaksiyonunun etkisi $p < 0.01$, doz x zaman ikili interaksiyonlarının etkisi ise $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.15). Her iki dönemde de, tüm karasu uygulamaları kontrole oranla alınabilir K miktarlarını istatistiki önemde artırmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan alınabilir K miktarlarının zaman içerisinde arttığı görülmektedir (618 mg kg^{-1} 'dan 633 mg kg^{-1} 'a). İlk dönem topraklarında uygulama dozu arttıkça alınabilir K değerlerinde de bir artış görülmektedir ve deneme sonunda aynı ilişki devam etmektedir (Şekil 4.15). Araştırma topraklarının alınabilir K miktarları 499 mg kg^{-1} ile 722 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir. Uygulamalar ile toprakların alınabilir K sınıflandırmasında bir değişiklik olmamış, tüm topraklar potasyumca çok yüksek toprak sınıfına girmiştir.

Çizelge 4.15 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir K miktarı üzerine etkisi

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Alınabilir K mg kg ⁻¹			
		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	499	<i>d</i> **	533	<i>d</i> **
Ham (H)	50	561	<i>c</i>	567	<i>c</i>
	100	636	<i>b</i>	627	<i>b</i>
	150	712	<i>a</i>	722	<i>a</i>
Ön Arıtma (ÖA)	50	570	<i>c</i>	578	<i>c</i>
	100	641	<i>b</i>	644	<i>b</i>
	150	678	<i>a</i>	710	<i>a</i>
İleri Arıtma (İA)	50	579	<i>c</i>	590	<i>c</i>
	100	621	<i>b</i>	658	<i>b</i>
	150	686	<i>a</i>	705	<i>a</i>
Ortalama		618	<i>B</i> **	633	<i>A</i>
Uygulamalar	Ham	602	öd	612	öd
	Ön Arıtma	597		616	
	İleri Arıtma	596		621	
Uygulama Dozları (m³ ha⁻¹)	0	499	<i>d</i> **	533	<i>d</i> **
	50	570	<i>c</i>	578	<i>c</i>
	100	633	<i>b</i>	643	<i>b</i>
	150	692	<i>a</i>	712	<i>a</i>

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil
Küçük harfler uygulamalar, büyük harfler ise dönemler arasındaki karşılaştırmayı vermektedir.



Şekil 4.15 Zeytin karasuyu uygulama dozlarının toprakların alınabilir K miktarı üzerine etkisi

(Aynı harfle gösterilen ortalamalar Duncan testine göre ($\alpha=0.05$) birbirinden istatistiksel olarak farklı değildir.)

Piotrowska et al. (2011); 42 günlük inkübasyon süreci sonrası alınabilir K miktarının arttığını belirlemiştir. Chaari et al. (2014) ; uygulama sonrası en yüksek alınabilir K miktarının toprağın 0-20 cm'lik üst katmanlarında gerçekleştiğini belirtmiştir. Magdich et al. (2013); 200 m³ ha⁻¹ karasu uygulaması sonrasında toprağın alınabilir K konsantrasyonunda önemli artış gözlemlemiştir (985 mg kg⁻¹ en yüksek). Bu sonuçlar literatürde karasu uygulamasının alternatif bir potasyumlu gübre olarak değerlendirilmesi için uygun olduğunu göstermektedir (Montemurro et al., 2004; Di Serio et al., 2008).

4.3.7 Alınabilir Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ve Cu miktarları üzerine etkileri

Topraklarda saptanan alınabilir Na miktarları üzerine uygulamaların, dozların, zamanın $p < 0.01$ ve uygulama x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). Karasu uygulanan tüm topraklarda alınabilir Na miktarlarında kontrole oranla artış gerçekleşmiştir. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan alınabilir Na miktarlarının zaman içerisinde bir miktar arttığı görülmektedir.

Topraklarda saptanan alınabilir Ca miktarları üzerine dozların ve uygulama x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). Alınabilir Ca miktarlarında dönemsel olarak herhangi bir istatistiksel

fark görülmemiştir. Araştırma topraklarının alınabilir Ca miktarları 1958 mg kg^{-1} ile 2556 mg kg^{-1} arasında değişiklik göstermiştir.

Topraklarda saptanan alınabilir Mg miktarları üzerine zamanın $p < 0.01$ ve uygulama x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta düşük olan alınabilir Mg miktarlarının zaman içerisinde arttığı görülmektedir.

Topraklarda saptanan alınabilir Zn miktarları üzerine uygulamaların, dozların, zamanın ve uygulama x doz, uygulama x zaman, doz x zaman ve uygulama x doz x zaman interaksiyonlarının etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). Her iki dönemde de İA uygulamasının kontrole oranla Zn miktarlarını yükselttiği, diğer uygulamaların ise kontrol ile aynı istatistiksel grupta yer aldığı görülmektedir. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan alınabilir Zn miktarlarının zaman içerisinde azaldığı görülmektedir.

Topraklarda saptanan alınabilir Fe miktarları üzerine uygulamaların, dozların $p < 0.05$ ve zamanın etkisi $p < 0.01$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan alınabilir Fe miktarlarının zaman içerisinde azaldığı görülmektedir.

Topraklarda saptanan alınabilir Mn miktarları uygulama ve dönem bazında değişmemiştir (Çizelge 4.16).

Topraklarda saptanan alınabilir Cu miktarları üzerine dozların $p < 0.05$, zamanın $p < 0.01$ ve doz x zaman ikili interaksiyonunun etkisi $p < 0.05$ düzeyinde önemli olmuştur (Çizelge 4.16). İlk dönem uygulamaların bir etkisi ortaya çıkmazken, ikinci dönem kontrole oranla karasu uygulanmış topraklarda genelde daha yüksek alınabilir Cu miktarları saptanmıştır. Dönem bazında bakıldığında, başlangıçta yüksek olan alınabilir Cu miktarlarının zaman içerisinde bir miktar azaldığı görülmektedir.

Çizelge 4.16 Zeytin karasuyu uygulamalarının topraklardaki alınabilir Na, Ca, Mg, Zn, Fe, Mn ve Cu miktarı üzerine etkileri

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Alınabilir Na mg kg ⁻¹				Alınabilir Ca mg kg ⁻¹				Alınabilir Mg mg kg ⁻¹				Alınabilir Zn mg kg ⁻¹			
		30. Gün		90. Gün		30. Gün		90. Gün		30. Gün		90. Gün		30. Gün		90. Gün	
Kontrol	0	12	c**	17	c**	2457	a**	2390	a**	348	öd	377	öd	2.1	b**	2.2	b**
Ham (H)	50	16	b	19	bc	2390	a	2058	b	340		341		2.6	b	2.1	b
	100	25	a	23	ab	2340	a	2124	ab	350		340		2.1	b	1.9	b
	150	29	a	29	a	2290	a	2240	ab	365		331		2.0	b	1.7	b
Ön Arıtma (ÖA)	50	19	b	23	ab	2191	ab	2385	a	331		352		2.1	b	2.1	b
	100	25	a	28	a	2157	b	2556	a	360		378		2.1	b	2.1	b
	150	29	a	33	a	2274	ab	1958	b	341		363		2.0	b	2.0	b
İleri Arıtma (İA)	50	19	b	21	b	2141	ab	2423	a	341		368		5.1	a	2.7	ab
	100	23	ab	30	a	2058	b	2307	a	343		375		6.4	a	3.4	a
	150	31	a	37	a	2041	b	2323	a	343		438		7.8	a	3.8	a
Ortalama		23	B**	26	A	2234	öd	2276		346	B**	366	A	3.4	A**	2.4	B

Uygulamalar	Dozlar (m ³ ha ⁻¹)	Alınabilir Fe mg kg ⁻¹				Alınabilir Mn mg kg ⁻¹				Alınabilir Cu mg kg ⁻¹					
		30. Gün		90. Gün		30. Gün		90. Gün		30. Gün		90. Gün			
Kontrol	0	3.7	ab**	2.4	ab**	9.1	öd	5.9	öd	0.89	öd	0.68	b**		
Ham (H)	50	3.7	ab	2.9	ab	9.2		7.5		0.89		0.86	ab		
	100	3.4	b	2.6	ab	9.4		7.4		0.87		0.78	ab		
	150	3.7	ab	1.9	b	9.7		6.1		0.84		0.64	b		
Ön Arıtma (ÖA)	50	3.9	ab	3.6	a	9.8		6.2		0.93		0.94	a		
	100	3.6	ab	3.0	ab	10.0		8.5		0.88		0.87	ab		
	150	3.6	ab	3.0	ab	10.7		8.8		0.85		0.84	ab		
İleri Arıtma (İA)	50	3.7	ab	2.9	ab	9.5		7.5		0.88		0.80	ab		
	100	4.5	a	3.4	ab	9.5		8.7		0.88		0.92	a		
	150	3.4	b	3.1	ab	10.5		8.9		0.82		0.84	ab		
Ortalama		3.7	A**	2.9	B	9.7	öd	7.6		0.87	A**	0.82	B		

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil

Alınabilir diğer elementlere bakıldığında; alınabilir Na değerleri her iki dönemde de kontrole oranla artış göstermiştir. İA 150 m³ ha⁻¹ uygulaması her iki dönemde de en yüksek miktarları vermiştir (31 ve 37 mg kg⁻¹). Chaari et al. (2014); 50 ve 100 m³ ha⁻¹ dozlarında karasu uygulaması sonucunda 0-20 ve 60-80 cm'lik toprak tabakasında bir değişim olmadığını ancak daha derin katmanlarda alınabilir Na miktarının yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Topraktaki yıkanma sonucu üst katmanlardaki alınabilir Na derinlere taşındığını belirtmişlerdir. Alınabilir Ca miktarına bakıldığında kontrol uygulamasına göre diğer tüm uygulamaların daha az miktarlara sahip olduğu görülmektedir. Piotrowska et al. (2011); alınabilir Ca değerlerinin karasu uygulaması yapılan topraklarda, 42 günlük inkübasyon süreci sonunda düştüğünü belirtmiştir. Alınabilir Mg miktarı istatistiksel açıdan her iki dönemde de bir farklılık göstermemiştir. Magdich et al. (2013) karasu uygulaması sonrası Mg içeriğinde önemli bir değişim gözlemlememiştir. Piotrowska et al. (2011); alınabilir Mg değerlerinin karasu uygulaması yapılan topraklarda, 42 günlük inkübasyon süreci sonunda düştüğünü belirtmiştir. Alınabilir Zn miktarlarında ise sadece İA uygulamaları her iki dönemde de kontrole oranla, artan dozlarla istatistiksel olarak artmıştır. Bunun sebebi ise arıtım aşamasında kullanılan yarı-iletken nano-metal oksitlerden bentonite immobilize edilmiş nano-ZnO olmuştur. Alınabilir Fe, Mn, Cu değerleri istatistiksel olarak büyük farklar ortaya çıkarmamıştır. İkinci dönem ortaya çıkan küçük değişimler muhtemelen karasu uygulaması sonucu oluşan pH değişiminden kaynaklanmaktadır. Vella et al. (2016); karasu uygulaması sonucunda toprağın alınabilir Cu, Fe ve Zn değerlerinin istatistiksel olarak fark göstermediğini belirtmiştir.

4.4. Deneme Topraklarının Kimyasal ve Mikrobiyolojik Özellikleri Arasındaki İlişkiler

Deneme topraklarının kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsatıları Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17. Deneme topraklarının kimyasal ve mikrobiyolojik özellikleri arasındaki korelasyon katsayıları

	C_{mik}	C_{çöz}	C_{hum}	CO₂kümü	N_{mik}	N_{min}	Nit_{pot}	NH₄-N	NO₃-N	pH	EC	OM
C_{mik}	1.000											
C_{çöz}	öd	1.000										
C_{hum}	0.454**	öd	1.000									
CO₂kümü	öd	-0.239*	öd	1.000								
N_{mik}	0.311**	öd	0.354**	öd	1.000							
N_{min}	0.475**	öd	0.236*	öd	0.422**	1.000						
Nit_{pot}	-0.592**	öd	-0.528**	0.272*	-0.525**	-0.416**	1.000					
NH₄-N	0.413**	öd	0.633**	öd	0.390**	0.317**	-0.647**	1.000				
NO₃-N	-0.721**	öd	-0.424**	öd	-0.507**	-0.603**	0.704**	-0.520**	1.000			
pH	0.354**	öd	0.464**	öd	0.509**	0.200*	-0.723**	0.589**	-0.568**	1.000		
EC	-0.400**	öd	-0.551**	0.371**	-0.405**	öd	0.781**	-0.583**	0.520**	-0,655**	1.000	
OM	0.598**	öd	0.395**	öd	0.404**	0.482**	-0.334**	0.465**	-0.532**	0,252*	öd	1.000
N	0.227*	öd	öd	0.407**	0.435**	0.436**	-0.318**	0.291*	-0.367**	0,206*	öd	0.391**
P	öd	öd	-0.568**	0.445**	öd	öd	0.611**	-0.379**	0.409**	-0,516**	0.568**	öd
K	öd	öd	öd	0.603**	0,431**	0.333**	-0.199*	öd	-0.425**	0,301**	öd	0.326**
Cu	öd	öd	öd	-0.279*	0.200*	0.210*	-0.339**	0.275*	öd	0,226*	-0.594**	öd
Mn	öd	öd	öd	öd	öd	0.245*	-0.208*	öd	öd	öd	-0.397**	öd
Fe	öd	öd	0.339**	-0.358*	0.308**	öd	-0.591**	0.467**	-0.299*	0,395**	-0.753**	öd
Zn	öd	öd	0.261*	0.370**	öd	öd	-0.266*	0.468**	öd	0,208*	-0.261*	öd
Mg	öd	öd	-0.346**	-0.342**	öd	öd	0.248*	-0.232*	öd	öd	-0.231*	öd
Ca	öd	öd	-0.224*	-0.717**	öd	-0.261*	öd	-0.306**	0.225*	-0,206*	öd	öd
Na	öd	öd	öd	0.581**	0.331**	0.289*	öd	öd	-0.281*	öd	öd	0.323*

* : % 5, **: % 1 seviyesinde istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Öd: Önemli değil

C_{mik} ile C_{hum} , N_{mik} , N_{min} , NH_4-N 'u, pH ve OM değerleri arasında orta düzeyde pozitif ilişki olduğu görülmektedir ($p < 0.01$). C_{mik} ile Nit_{pot} değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki ve NO_3-N 'u ile ise yüksek düzeyde negatif ilişki olduğu saptanmıştır ($p < 0.01$). C_{mik} ve NO_3-N 'u arasındaki - 0.721'lik negatif korelasyon katsayısı gerçekleşen N immobilizasyonunun diğer bir göstergesi olmuştur. NO_3-N 'u ve Nit_{pot} arasındaki 0.704'lük pozitif korelasyon katsayısı ile nitrifikasyonun belli bir süre yavaşladığı ve zaman içerisinde arttığı görülmüştür. C_{hum} ile NH_4-N 'u ve pH değerleri arasında orta düzeyde pozitif, Nit_{pot} , EC ve alınabilir P değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki olduğu görülmektedir ($p < 0.01$). $CO_{2kümü}$ ile toplam N, alınabilir P, K, Na değerleri arasında orta düzeyde pozitif ilişki olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). N_{mik} ile N_{min} , NH_4-N 'u, pH, OM, toplam N ve alınabilir K değerleri arasında orta düzeyde pozitif, Nit_{pot} , NO_3-N 'u ve EC değerleri arasında ise orta düzeyde negatif ilişki görülmektedir ($p < 0.01$). N_{min} ile Nit_{pot} ve NO_3-N 'u değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki bulunmuştur ($p < 0.01$). Nit_{pot} ile NO_3-N 'u ve EC değerleri arasında yüksek düzeyde, alınabilir P değerleri arasında orta düzeyde pozitif ilişki belirlenmiştir. Nit_{pot} ile NH_4-N 'u ve alınabilir Fe değerleri orta düzeyde, pH değerleri ile yüksek düzeyde negatif ilişki içerisinde ($p < 0.01$). NH_4-N 'u ile NO_3-N 'u ve EC değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki belirlenmiştir ($p < 0.01$). NO_3-N 'u ile pH, OM ve alınabilir K değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki ortaya çıkmıştır ($p < 0.01$). pH ile EC ve alınabilir P değerleri arasında orta düzeyde negatif ilişki belirlenmiştir ($p < 0.01$). Son olarak EC ile alınabilir P değerleri arasında orta düzeyde pozitif ilişki, alınabilir Cu değerleri ile yüksek düzeyde, alınabilir Fe değerleri ile orta düzeyde negatif ilişki ortaya çıkmıştır ($p < 0.01$).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada ham karasu, iki farklı yöntemle arıtılmış olan, ekonomik arıtılmış karasu ve ileri arıtılmış karasuyun toprağa belirli dozlarda uygulanması ile toprağın C ve N dinamiği ve bazı diğer kimyasal özellikleri saptanmıştır. Araştırma sonucu elde edilen sonuçlar şu şekilde sıralanabilir:

Elde edilen veriler ışığında karasu uygulamasının,

1. $C_{\text{çöz}}$ ve C_{hum} miktarları üzerinde belirgin bir etkiye sahip olmadığı fakat topraktan CO_2 çıkışını önemli bir şekilde artırdığı saptanmıştır. Toprağa uygulanan karasular 8 gün içerisinde % 78.5 – 91.6 oranları arasında ayrılmıştır. Yine karasu uygulamaları ile topraktaki C_{mik} miktarlarının arttığı belirlenmiştir.
2. Karasu uygulamalarının ilk iki ay içinde topraktaki azotun immobilize olmasına neden olduğu yani nitrifikasyonu yavaşlattığı ve daha sonra artan N-mineralizasyonu ile birlikte topraktaki inorganik azot formlarını arttırdığı saptanmıştır. Karasu uygulamalarının topraktaki N-dinamiği üzerindeki en büyük etkisi N_{mik} miktarları üzerinde olmuş ve bu parametrede önemli artışlara neden olmuştur.
3. Karasu uygulamalarının pH ve EC değerleri üzerine toprakta sorun yaratacak etkide bulunmadığı belirlenmiştir. Uygulamalar sonucu EC değerleri 2 dS m^{-1} olan tuzluluk başlangıcı miktarının çok altında kalmıştır.
4. Ham karasu, ön arıtılmış karasu ve ileri arıtılmış karasu uygulamaları 30 gün içinde topraktaki organik madde miktarlarını sırası ile % 9, % 17 ve % 12; toplam azot miktarlarını % 2, % 3 ve % 4, yarıyışlı fosfor miktarlarını % 3, % 18 ve % 20 (60 günde) ve yarıyışlı potasyum miktarlarını ise % 20, % 19 ve % 19 oranlarında artırmıştır.

Araştırma sonucu elde edilen sonuçlara bağlı olarak şu öneriler sıralanabilir:

1. Zeytiyağı ekstraksiyonu sonucu ortaya çıkan karasuyun ham veya arıtılmış olmasının topraktaki C ve N-dinamiği ile toprağın kimyasal özellikleri üzerinde belirgin bir farklılığa neden olmaması nedeniyle gerek ham ve gerekse arıtılmış zeytin karasuyunun topraklara C, N, P ve K kaynağı olarak kullanılabileceği önerilebilir.

2. Karasu uygulamalarından sonra olası bir N-immobilizasyonunu önlemek için topraklara belli oranda inorganik azot ilavesi gerekebilir. Bu miktarın belirlenmesinde ilave edilecek karasuyun C/N oranının dikkate alınması gerekmektedir.
3. Bu araştırmada elde edilen verilerin laboratuvar tarafından sınırlandırılmış kontrollü şartlar altında gerçekleştirildiği unutulmamalıdır. Toprak faunası, biyoçeşitlilik, yıkanma, değişebilen iklim şartları vb. dış etkilerin varlığı değerlendirilerek arazi uygulamasına geçilmesi uygun olacaktır.
4. Toprağın henüz tam anlamıyla çözünmemiş kompleks yapısı ve karasuyun çok net araştırılmamış etkileri üzerine daha detaylı çalışmalar yapılması, bu ve benzeri organik atıkların değerlendirilmesi üzerine olumlu etki yapacaktır.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Açıkgöz, N., İlker, E. ve Gökçöl, A.,** 2004. TARIST- Biyolojik Araştırmaların Bilgisayarda Değerlendirmeleri. ISBN: 973-483-607-8. EÜ Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi, Yayın No:2. Bornova-İzmir.
- Anderson, J.P.E. and Domsch, K.H.,** 1980. Quantities of plant nutrients in the microbial biomass of selected soils. *Soil Science*, 130(4), 211-216 pp.
- Ayoub, S., Al-Absi, K., Al-Shdiefat, S., Al-Majali, D. and Hijazeen, D.,** 2014. Effect of olive mill wastewater land-spreading on soil properties, olive tree performance and oil quality. *Scientia Horticulturae*, 175, 160-166 pp.
- Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F. and Ozer, A.,** 2004. A review of waste management options in olive oil production. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 34(3), 209-247 pp.
- Balaban, M. and Sponza, D.T.,** 2014. Treatment of Olive Mill Effluent by Adsorption and Photooxidation to Nano-ZnO and Nano-ZnO-Magnetite. *Journal of Selcuk University Natural and Applied Science*, 338-349 pp.
- Barbera, A.C., Maucieri, C., Cavallaro, V., Ioppolo, A. and Spagna, G.,** 2013. Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. *Agricultural Water Management*, 119, 43-53 pp.
- Belaqziz, M., El-Abbassi, A., Lakhal, E.K., Agrafioti, E. and Galanakis, C.M.,** 2016. Agronomic application of olive mill wastewater: Effects on maize production and soil properties. *Journal of environmental management*, 171, 158-165 pp.
- Berg, P. and Roswall, T.,** 1985. Ammonium oxidizer numbers, potential and actual oxidation rates in two Swedish arable soils. *Biol. Fertil Soil* 1:131-140 pp.
- Black, C.A.,** 1965. Methods of soil analysis. Part I. Amer. Soc. of Agro., Inc., Publisher Madison, Wisconsin, USA.
- Bonari, E., Macchia, M., Angelini, L.G. and Ceccerini, L.,** 1993. The waste waters from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. *Agricoltura Mediterranea*, 123, 273-273 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Bremner, J.M.**, 1965. Total Nitrogen. In: C.A. Black (Ed.). Methods of Soil Analysis, Part 2. American Society of Agronomy Inc., Madison, Wisconsin-USA, 1149-1178 pp.
- Brunetti, G., Plaza, C. and Senesi, N.**, 2005. Olive pomace amendment in Mediterranean conditions: effect on soil and humic acid properties and wheat (*Triticum turgidum* L.) yield. Journal of agricultural and food chemistry, 53(17), 6730-6737 pp.
- 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: 144-152 pp.
- Casa, R., D'Annibale, A., Pieruccetti, F., Stazi, S.R., Sermanni, G.G. and Cascio, B.L.**, 2003. Reduction of the phenolic components in olive-mill wastewater by an enzymatic treatment and its impact on durum wheat (*Triticum durum* Desf.) germinability. Chemosphere, 50: 959-966 pp.
- Cereti, C.F., Rossini, F., Federici, F., Quarantino, D., Vassilev, N. and Fenice, M.**, 2004. Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertiliser for wheat (*Triticum durum* Desf.). Bioresource technology, 91(2), 135-140 pp.
- Chaari, L., Elloumi, N., Gargouri, K., Bourouina, B., Michichi, T. and Kallel, M.**, 2014. Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. Desalination and Water Treatment, 52(10-12), 2180-2186 pp.
- Chaari, L., Elloumi, N., Mseddi, S., Gargouri, K., Bourouina, B., Mechichi, T. and Kallel, M.**, 2014. Effects of Olive Mill Wastewater on Soil Nutrients Availability.
- Chaari, L., Elloumi, N., Mseddi, S., Gargouri, K., Rouina, B.B., Mechichi, T. and Kallel, M.**, 2015. Changes in soil macronutrients after a long-term application of olive mill wastewater. Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 4(01), 1p.
- Ciavatta, C., Vittori Antisari, L. and Sequi, P.**, 1988. A first approach to the characterization of the presence of humified materials in organic fertilizers. Agrochimica, 32(5-6), 510-517 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Di Bene, C., Pellegrino, E., Debolini, M., Silvestri, N. and 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 pp.
- Di Giovacchino, L., Marsilio, V., Costantini, N. and Di Serio, G., 2005.** Use of olive mill wastewater (OMW) as fertilizer of the agricultural soil: effects on crop production and soil characteristics. In *Proc 3rd Eur Bioremediation Conf* 165p.
- 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 physico-chemical and microbiological characteristics of soil. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 62(4), 403-407 pp.
- Eroğlu, E., Gündüz, U., Yücel, M., Türker, L. ve Eroğlu, İ., 2009.** Farklı zeytinyağı fabrikası atıksuları ile biyolojik hidrojen gazı üretimi.
- FAOSTAT, 2012.** Food and Agriculture Organization (FAO) Database. Crops processed 2010 data for olive oil, virgin. (Erişim 10 Ocak 2016)
- Flouri et al., 1988.** Olive mill wastewater application to soil,in: Ministry of the Aegean (Ed.), *Proceedings of Scientific Conference on Aegean Olive Trees*, 25/2/88-27/2/88, Eleourgiki P.E., Mytilene.
- Fontaine, S., Mariotti, A. and Abbadie, L., 2003.** The priming effect of organic matter: a question of microbial competition?. *Soil Biology and Biochemistry*, 35(6), 837-843 pp.
- Gamba, C., Piovanelli, C., Papini, R., Pezzarossa, B., Ceccarini, L. and Bonari, E., 2005.** Soil microbial characteristics and mineral nitrogen availability as affected by olive oil waste water applied to cultivated soil. *Communications in soil science and plant analysis*, 36(7-8), 937-950 pp.
- Garcia-Gómez, A., Roig, A. and Bernal, M.P., 2003.** Composting of the solid fraction of olive mill wastewater with olive leaves: organic matter degradation and biological activity. *Bioresource Technology*, 86(1), 59-64 pp.
- Gonet, S.S. and B. Debska., 2006.** Dissolved organic carbon and dissolved nitrogen in soil under different fertilization treatments. *Plant and Soil Environ.*, 52 (2):55-63 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jackson, M.L.**, 1967. Soil Chemical Analysis, Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi, 498p.
- Jenkinson, D.S.**, 1976. The effects of biocidal treatments on metabolism in soil. IV. The decomposition of fumigated organisms in soil. Soil Biology and Biochemistry 8: 203 – 208 pp.
- Jenkinson, D. S.**, 1988. Determination of microbial biomass carbon and nitrogen in soil. Advances in nitrogen cycling in agricultural ecosystems, 368-386 pp.
- Jenkinson, D. S. and Ladd, J. N.**, 1981. Microbial biomass in soil: measurement and turnover. Soil biochemistry, 5p.
- Jones, D.L. and Willett, V.B.**, 2006. Experimental evaluation of methods to quantify dissolved organic nitrogen (DON) and dissolved organic carbon (DOC) in soil. Soil Biology and Biochemistry, 38(5), 991-999 pp.
- Kalembasa, S.J. and Jenkinson, D.S.**, 1973. A comparative study of titrimetric and gravimetric methods for the determination of organic carbon in soil. Journal of the Science of Food and Agriculture. 24: 1085 – 1090 pp.
- Kandeler, E. and Gerber, H.**, 1988. Short-term assay of soil urease activity using colorimetric determination of ammonium. Biology and fertility of Soils, 6(1), 68-72 pp.
- Kapellakis, I., Tzanakakis, V.A. and Angelakis, A.N.**, 2015. Land Application-Based Olive Mill Wastewater Management. Water, 7(2), 362-376 pp.
- Keeney, D.R. and Nelson, D.W.**, 1982. Nitrogen - inorganic forms. In: Page, A.L., Miller, R., Kenny, D.R. (Eds.). 2nd Edition Methods of Soil Analysis Part 2: Chemical and Microbiological Properties. American Society of Agronomy, 643-698 pp.
- Komilis, D.P., Karatzas, E. and Halvadakis, C.P.**, 2005. The effect of olive mill wastewater on seed germination after various pretreatment techniques. Journal of Environmental Management, 74: 339-348 pp.
- Lindsay, W.L. and Norvell, W.A.**, 1978. Development of a DTPA soil test for Zn, Fe, Mn and Cu. Soil Science Society of America Journal, 42(3):421-428 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Magdich, S., Ahmed, C.B., Jarboui, R., Rouina, B.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(9), 1896-1903 pp.
- Mechri, B., Echbili, A., Issaoui, M., Braham, M., Elhadj, S.B. and Hammami, M.,** 2007. Short-term effects in soil microbial community following agronomic application of olive mill wastewaters in a field of olive trees. *Applied Soil Ecology*, 36(2), 216-223 pp.
- Mekki, A., Dhouib, A. and Sayadi, S.,** 2006. Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. *Microbiological Research*, 161(2), 93-101 pp.
- Mekki, A., Dhouib, A. and Sayadi, S.,** 2009. Evolution of several soil properties following amendment with olive mill wastewater. *Progress in Natural Science*, 19(11), 1515-1521 pp.
- Mkhabela, M.S. and Warman, P.R.,** 2005. The influence of municipal solid waste compost on yield, soil phosphorus availability and uptake by two vegetable crops grown in a Pugwash sandy loam soil in Nova Scotia. *Agriculture, ecosystems & environment*, 106(1), 57-67 pp.
- Montemurro, F., Convertini, G. and Ferri, D.,** 2004. Mill wastewater and olive pomace compost as amendments for rye-grass. *Agronomie*, 24(8), 481-486 pp.
- Montemurro, F., Diacono, M., Vitti, C. and 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(21), 2594-2603 pp.
- Moraetis, D., Stamati, F.E., Nikolaidis, N.P. and Kalogerakis, N.,** 2011. Olive mill wastewater irrigation of maize: Impacts on soil and groundwater. *Agricultural Water Management*, 98(7), 1125-1132 pp.
- Olsen, S.R., Cole C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A.,** 1954. Estimation of Available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate USDA Cir.939 USDA, Washington DC.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Parades, C., Cegarra, J., Roig, A., Sanchez-Monedero, M. A. and Bernal, M.P.,** 1999. Characterisation of olive mill wastewater (alphechin) and its sludge for agricultural purposes., *Bioresource Technology* 67, 111-115 pp.
- Paraskeva, P. and Diamadopoulos, E.,** 2006. Technologies for olive mill wastewater (OMW) treatment: a review. *Journal of Chemical Technology and Biotechnology*, 81(9), 1475-1485 pp.
- Pérez, J.D., Esteban, E., Gomez, M. and Gallardo-Lara, F.,** 1986. Effects of wastewater from olive processing on seed germination and early plant growth of different vegetable species. *Journal of Environmental Science & Health Part B*, 21(4), 349-357 pp.
- Pérez, J., Dela Rubia, T., Moreno, J. and Martinez, J.,** 1992. Phenolic content and antibacterial activity of olive oil waste waters. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 11(4), 489-495 pp.
- Pierantozzi, P., Torres, M., Verdenelli, R., Basanta, M., Maestri, D.M. and Meriles, J.M.,** 2013. Short-term impact of olive mill wastewater (OMWW) applications on the physico-chemical and microbiological soil properties of an olive grove in Argentina. *Journal of Environmental Science and Health, Part B*, 48(5), 393-401 pp.
- 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 pp.
- Pratt, P.F.,** 1965. *Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties.* In: C.A. Black, (Ed.). American Society of Agronomy, Inc. Pub. Agron. Series, No. 9., Madison, Wisconsin, U.S.A.
- Pruden, G., Brookes, P.C., Landman, A. and Jenkinson, D.S.,** 1985. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid direct extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. *Soil biology and biochemistry*, 17(6), 837-842 pp.
- Rayment, G.E. and Higginson, F.R.,** 1992. *Australian Laboratory Handbook of Soil and Water Chemical Methods.* Inkata Press, Melbourne. (Australian Soil and Land Survey Handbook, vol 3)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Rauterberg, E. and Kremkus, F.,** 1951. Bestimmung von gesamthumus und alkalilöslichen humusstoffen im Boden. Zeitschrift für Pflanzenernährung, Düngung, Bodenkunde, 54(3), 240-249 pp.
- Rinaldi, M., Rana, G. and Introna, M.,** 2003. Olive-mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. Field Crops Research, 84(3), 319-326 pp.
- Saadi, I., Laor, Y., Raviv, M. and Medina, S.,** 2007. Land spreading of olive mill wastewater: Effects on soil microbial activity and potential phytotoxicity. Chemosphere, 66: 75-83 pp.
- Scharpf, H. C. and Wehrmann, J.,** 1976. Importance of soil mineral N supply at the start of the growing season for assessing N fertilizer requirements of winter wheat. Landwirtschaftliche Forschung, Sonderheft 32(1): 100-114 pp.
- Scioli, C. and Vollaro, L.,** 1997. The use of *Yarrowia lipolytica* to reduce pollution in olive mill wastewaters. Water Research, 31(10), 2520-2524 pp.
- Sierra, J., Marti, E., Garau, A. and Cruanas, R.,** 2007. Effects of the agronomic use of olive oil mill wastewater: Field experiment. Science of the Total Environment, 378: 90-94 pp.
- Tomati, U., Galli, E., Pasetti, L. and Volterra, E.,** 1995. Bioremediation of olive-mill wastewaters by composting. Waste management & research, 13(6), 509-518 pp.
- Tsiknia, M., Tzanakakis, V.A., Oikonomidis, D., Paranychianakis, N.V. and Nikolaidis, N.P.,** 2014. Effects of olive mill wastewater on soil carbon and nitrogen cycling. Applied microbiology and biotechnology, 98(6), 2739-2749 pp.
- TÜİK,** 2015. Türkiye İstatistik Yıllığı. Türkiye istatistik Kurumu Matbaası, Ankara.
- U.S. Salinity Laboratory Staff.,** 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agri. Handbook No: 60, USDA.
- Vance, E.D., Brookes, P.C. and Jenkinson, D.S.** 1987. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. Soil Biology and Biochemistry. 19: 703 – 707 pp.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Vella, F.M., Galli, E., Calandrelli, R., Cautela, D. and Laratta, B., 2016.** Effect of Olive Mill Wastewater Spreading on Soil Properties. Bulletin of environmental contamination and toxicology, 1-7 pp.
- Vlyssides, A.G., Bouranis, D.L., Loizidou, M. and Karvouni, G., 1996.** Study of a demonstration plant for the cocomposting of olive-oil-processing wastewater and solid residue. Bioresources Technology 56,187-193 pp.



ÖZGEÇMİŞ

25.01.1985 tarihinde İzmir’de doğdu. İlkokulu Bornova’da Ali Suavi İlköğretim Okulu’nda tamamladı. Hazırlık, ortaöğretim ve lise öğrenimini İzmir Karşıyaka Anadolu Lisesi’nde tamamlayarak 2003 yılında mezun oldu. Aynı yıl Celal Bayar Üniversitesi Gıda Mühendisliği Bölümü’nü kazandı ancak çeşitli nedenlerden dolayı 3. yılında bıraktı. Daha sonra 2008 yılında Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi’ni kazanarak Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü’nden 2012 yılında mezun oldu. 2013 yılında Toprak Bilimi Ana Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans eğitimine başladı.



EKLER

Ek 1 Kümülatif CO₂ varyans analiz tablosu

Ek 2 Cu varyans analiz tablosu

Ek 3 Fe varyans analiz tablosu

Ek 4 Mn varyans analiz tablosu

Ek 5 Zn varyans analiz tablosu

Ek 6 Mg varyans analiz tablosu

Ek 7 Ca varyans analiz tablosu

Ek 8 Na varyans analiz tablosu

Ek 9 K varyans analiz tablosu

Ek 10 P varyans analiz tablosu

Ek 11 EC varyans analiz tablosu

Ek 12 pH varyans analiz tablosu

Ek 13 Toplam N varyans analiz tablosu

Ek 14 OM varyans analiz tablosu

Ek 15 C_{hum} varyans analiz tablosu

Ek 16 C_{çöz} varyans analiz tablosu

Ek 17 NO₃-N varyans analiz tablosu

Ek 18 NH₄-N varyans analiz tablosu

Ek 19 N_{it}_{pot} varyans analiz tablosu

Ek 20 N_{min} varyans analiz tablosu

Ek 21 N_{mik} varyans analiz tablosu

Ek 22 C_{mik} varyans analiz tablosu

Ek 1 Kümülatif CO₂ varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.003	0.001	0.358ns	3.740	6.510
Uygulama	3	14.284	4.761	1287.501**	3.340	5.560
Zaman	7	10.386	1.484	401.182**	2.760	4.280
UygulamaxZaman	21	1.244	0.059	16.014**	2.395	3.523
Hata	14	0.052	0.004			
Genel	47	25.968	0.553			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 2 Cu varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.005	0.002	0.219ns	3.206	5.120
Uygulama	2	0.037	0.018	1.755ns	3.206	5.120
Doz	3	0.132	0.044	4.174*	2.816	4.256
UygxDoz	6	0.049	0.008	0.781ns	2.313	3.239
Zaman	1	0.118	0.118	11.183**	4.056	7.241
UygxZaman	2	0.025	0.012	1.180ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	0.105	0.035	3.342*	2.816	4.256
UygxDxZ	6	0.039	0.006	0.612ns	2.313	3.239
Hata	46	0.484	0.011			
Genel	71	0.993	0.014			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 3 Fe varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.109	0.054	0.220ns	3.206	5.120
Uygulama	2	1.797	0.898	3.623*	3.206	5.120
Doz	3	2.268	0.756	3.048*	2.816	4.256
UygxDoz	6	2.632	0.439	1.768ns	2.313	3.239
Zaman	1	14.797	14.797	59.663**	4.056	7.241
UygxZaman	2	0.732	0.366	1.475ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	1.195	0.398	1.607ns	2.816	4.256
UygxDxZ	6	1.605	0.268	1.079ns	2.313	3.239
Hata	46	11.408	0.248			
Genel	71	36.543	0.515			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 4 Mn varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	1.573	0.787	0.286ns	3.206	5.120
Uygulama	2	53.598	26.799	9.755**	3.206	5.120
Doz	3	76.569	25.523	9.290**	2.816	4.256
UygxDoz	6	103.225	17.204	6.262**	2.313	3.239
Zaman	1	10.928	10.928	3.978ns	4.056	7.241
UygxZaman	2	32.881	16.440	5.984**	3.206	5.120
DozxZaman	3	49.245	16.415	5.975**	2.816	4.256
UygxDxZ	6	98.980	16.497	6.005**	2.313	3.239
Hata	46	126.378	2.747			
Genel	71	553.377	7.794			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 5 Zn varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	1.073	0.537	3.009ns	3.206	5.120
Uygulama	2	69.765	34.882	195.653**	3.206	5.120
Doz	3	11.571	3.857	21.634**	2.816	4.256
UygxDoz	6	33.007	5.501	30.856**	2.313	3.239
Zaman	1	12.013	12.013	67.381**	4.056	7.241
UygxZaman	2	20.143	10.071	56.490**	3.206	5.120
DozxZaman	3	5.594	1.865	10.458**	2.816	4.256
UygxDxZ	6	8.226	1.371	7.690**	2.313	3.239
Hata	46	8.201	0.178			
Genel	71	169.593	2.389			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 6 Mg varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	1436.112	718.056	0.682ns	3.206	5.120
Uygulama	2	3854.458	1927.229	1.830ns	3.206	5.120
Doz	3	3636.006	1212.002	1.151ns	2.816	4.256
UygxDoz	6	5328.354	888.059	0.843ns	2.313	3.239
Zaman	1	8370.023	8370.023	7.947**	4.056	7.241
UygxZaman	2	7247.474	3623.737	3.441*	3.206	5.120
DozxZaman	3	871.162	290.387	0.276ns	2.816	4.256
UygxDxZ	6	7120.942	1186.824	1.127ns	2.313	3.239
Hata	46	48447.855	1053.214			
Genel	71	86312.387	1215.667			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 7 Ca varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	2548.460	1274.230	0.115ns	3.206	5.120
Uygulama	2	10401.546	5200.773	0.469ns	3.206	5.120
Doz	3	533590.373	177863.458	16.044**	2.816	4.256
UygxDoz	6	169248.855	28208.143	2.544*	2.313	3.239
Zaman	1	11158.935	11158.935	1.007ns	4.056	7.241
UygxZaman	2	380864.466	190432.233	17.178**	3.206	5.120
DozxZaman	3	116418.318	38806.106	3.500*	2.816	4.256
UygxDxZ	6	528970.136	88161.689	7.952**	2.313	3.239
Hata	46	509961.601	11086.122			
Genel	71	2263162.691	31875.531			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 8 Na varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	23.871	11.935	2.668ns	3.206	5.120
Uygulama	2	81.292	40.646	9.084**	3.206	5.120
Doz	3	2882.678	960.893	214.761**	2.816	4.256
UygxDoz	6	50.271	8.379	1.873ns	2.313	3.239
Zaman	1	232.381	232.381	51.937**	4.056	7.241
UygxZaman	2	40.371	20.186	4.511*	3.206	5.120
DozxZaman	3	18.645	6.215	1.389ns	2.816	4.256
UygxDxZ	6	41.911	6.985	1.561ns	2.313	3.239
Hata	46	205.815	4.474			
Genel	71	3577.235	50.384			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 9 K varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	17.002	8.501	0.059ns	3.206	5.120
Uygulama	2	68.145	34.073	0.236ns	3.206	5.120
Doz	3	347830.366	115943.455	804.450**	2.816	4.256
UygxDoz	6	3551.785	591.964	4.107**	2.313	3.239
Zaman	1	5661.899	5661.899	39.284**	4.056	7.241
UygxZaman	2	704.277	352.138	2.443ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	1767.640	589.213	4.088*	2.816	4.256
UygxDxZ	6	1431.268	238.545	1.655ns	2.313	3.239
Hata	46	6629.872	144.128			
Genel	71	367662.254	5178.342			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 10 P varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	10.872	5.436	0.838ns	3.206	5.120
Uygulama	2	34.075	12.038	1.479ns	3.206	5.120
Doz	3	89.198	29.733	4.583**	2.816	4.256
UygxDoz	6	72.173	12.029	1.854ns	2.313	3.239
Zaman	1	830.145	830.145	127.953**	4.056	7.241
UygxZaman	2	15.229	7.614	1.174ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	36.748	12.249	1.888ns	2.816	4.256
UygxDxZ	6	30.582	5.097	0.786ns	2.313	3.239
Hata	46	298.442	6.488			
Genel	71	1467.464	20.669			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 11 EC varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	8242.861	4121.431	1.102ns	3.206	5.120
Uygulama	2	4553.028	2276.514	0.608ns	3.206	5.120
Doz	3	56806.722	18935.574	5.061**	2.816	4.256
UygxDoz	6	19450.528	3241.755	0.866ns	2.313	3.239
Zaman	1	667012.500	667012.500	178.275**	4.056	7.241
UygxZaman	2	2642.250	1321.125	0.353ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	38097.833	12699.278	3.394*	2.816	4.256
UygxDxZ	6	2536.417	422.736	0.113ns	2.313	3.239
Hata	46	172107.806	3741.474			
Genel	71	971449.944	13682.394			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 12 pH varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.010	0.005	1.747ns	3.206	5.120
Uygulama	2	0.143	0.072	24.674**	3.206	5.120
Doz	3	0.189	0.063	21.732**	2.816	4.256
UygxDoz	6	0.065	0.011	3.712**	2.313	3.239
Zaman	1	0.488	0.488	168.414**	4.056	7.241
UygxZaman	2	0.003	0.001	0.503ns	3.206	5.120
DozxZaman	3	0.086	0.029	9.906**	2.816	4.256
UygxDxZ	6	0.006	0.001	0.321ns	2.313	3.239
Hata	46	0.133	0.003			
Genel	71	1.123	0.016			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 13 Toplam N varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.000	0.000	0.027ns	3.137	4.948
Uygulama	2	0.000	0.000	0.233ns	3.137	4.948
Doz	3	0.001	0.000	24.424**	2.747	4.100
UygxDoz	6	0.000	0.000	0.232ns	2.237	3.093
Zaman	2	0.000	0.000	3.004ns	3.137	4.948
UygxZaman	4	0.000	0.000	1.104ns	2.517	3.622
DozxZaman	6	0.000	0.000	1.140ns	2.237	3.093
UygxDxZ	12	0.000	0.000	0.609ns	1.905	2.473
Hata	70	0.001	0.000			
Genel	107	0.002	0.000			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 14 OM varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	0.173	0.087	1.313ns	3.137	4.948
Uygulama	2	0.360	0.180	2.735ns	3.137	4.948
Doz	3	1.903	0.634	9.628**	2.747	4.100
UygxDoz	6	0.417	0.069	1.055ns	2.237	3.093
Zaman	2	8.123	4.061	61.651**	3.137	4.948
UygxZaman	4	0.880	0.220	3.338*	2.517	3.622
DozxZaman	6	1.911	0.319	4.836**	2.237	3.093
UygxDxZ	12	1.415	0.118	1.789ns	1.905	2.473
Hata	70	4.611	0.066			
Genel	107	19.792	0.185			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 15 C_{hum} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	2.517	1.259	2.994ns	3.137	4.948
Uygulama	2	0.376	0.188	0.447ns	3.137	4.948
Doz	3	2.848	0.949	2.258ns	2.747	4.100
UygxDoz	6	1.380	0.230	0.547ns	2.237	3.093
Zaman	2	43.917	21.958	52.233**	3.137	4.948
UygxZaman	4	7.031	1.758	4.181**	2.517	3.622
DozxZaman	6	5.890	0.982	2.335*	2.237	3.093
UygxDxZ	12	7.680	0.640	1.522ns	1.905	2.473
Hata	70	29.428	0.420			
Genel	107	101.066	0.945			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 16 C_{çöz} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	16.790	8.395	1.842ns	3.137	4.948
Uygulama	2	147.490	73.745	16.183**	3.137	4.948
Doz	3	64.997	21.666	4.754**	2.747	4.100
UygxDoz	6	91.406	15.234	3.343**	2.237	3.093
Zaman	2	14.318	7.159	1.571ns	3.137	4.948
UygxZaman	4	190.250	47.563	10.438**	2.517	3.622
DozxZaman	6	251.427	41.905	9.196**	2.237	3.093
UygxDxZ	12	135.116	11.260	2.471*	1.905	2.473
Hata	70	318.981	4.557			
Genel	107	1230.776	11.503			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 17 NO₃-N varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	10021.918	5010.959	6.737**	3.137	4.948
Uygulama	2	11656.495	5828.248	7.836**	3.137	4.948
Doz	3	50211.158	16737.053	22.502**	2.747	4.100
UygxDoz	6	9502.722	1583.787	2.129ns	2.237	3.093
Zaman	2	188658.350	94329.175	126.817**	3.137	4.948
UygxZaman	4	6460.572	1615.143	2.171ns	2.517	3.622
DozxZaman	6	6938.406	1156.401	1.555ns	2.237	3.093
UygxDxZ	12	8424.731	702.061	0.944ns	1.905	2.473
Hata	70	52067.321	743.819			
Genel	107	343941.673	3214.408			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 18 NH₄-N varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	2198.959	1099.479	0.533ns	3.137	4.948
Uygulama	2	11826.403	5913.201	2.868ns	3.137	4.948
Doz	3	291382.611	97127.537	47.107**	2.747	4.100
UygxDoz	6	110347.623	18391.271	8.920**	2.237	3.093
Zaman	2	1479400.141	739700.070	358.758**	3.137	4.948
UygxZaman	4	51497.531	12874.383	6.244**	2.517	3.622
DozxZaman	6	714681.522	119113.587	57.771**	2.237	3.093
UygxDxZ	12	160663.064	13388.589	6.494**	1.905	2.473
Hata	70	144328.465	2061.835			
Genel	107	2966326.319	27722.676			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 19 Nit_{pot} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	3363.469	1681.735	0.583ns	3.137	4.948
Uygulama	2	13567.975	6783.987	2.351ns	3.137	4.948
Doz	3	817070.457	272356.819	94.377**	2.747	4.100
UygxDoz	6	9670.404	1611.734	0.558ns	2.237	3.093
Zaman	2	4605487.884	2302743.942	797.945**	3.137	4.948
UygxZaman	4	14131.857	3532.964	1.224ns	2.517	3.622
DozxZaman	6	100731.931	16788.655	5.818**	2.237	3.093
UygxDxZ	12	49660.612	4138.384	1.434ns	1.905	2.473
Hata	70	202009.039	2885.843			
Genel	107	5815693.627	54352.277			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 20 N_{min} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	1.378	0.689	2.670ns	3.137	4.948
Uygulama	2	8.110	4.055	15.717**	3.137	4.948
Doz	3	11.957	3.986	15.448**	2.747	4.100
UygxDoz	6	7.627	1.271	4.927**	2.237	3.093
Zaman	2	22.031	11.015	42.694**	3.137	4.948
UygxZaman	4	1.661	0.415	1.610ns	2.517	3.622
DozxZaman	6	2.878	0.480	1.859ns	2.237	3.093
UygxDxZ	12	2.506	0.209	0.809ns	1.905	2.473
Hata	70	18.060	0.258			
Genel	107	76.208	0.712			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 21 N_{mik} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	133.302	56.651	0.086ns	3.137	4.948
Uygulama	2	5569.849	2784.925	4.235*	3.137	4.948
Doz	3	66300.440	22100.147	33.609**	2.747	4.100
UygxDoz	6	6068.567	1011.428	1.538ns	2.237	3.093
Zaman	2	37298.530	18649.265	28.361**	3.137	4.948
UygxZaman	4	8534.050	2133.513	3.245*	2.517	3.622
DozxZaman	6	13103.405	2183.901	3.321**	2.237	3.093
UygxDxZ	12	41537.212	3461.434	5.264**	1.905	2.473
Hata	70	46029.056	657.558			
Genel	107	224554.412	2098.639			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

Ek 22 C_{mik} varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynağı	Sd	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	Tablo Değeri	
					%5	%1
Tekerrür	2	14762.467	7381.234	1.128ns	3.137	4.948
Uygulama	2	72700.636	24233.545	3.702*	3.137	4.948
Doz	3	3622.176	1811.088	0.277ns	2.747	4.100
UygxDoz	6	32119.121	5353.187	0.818ns	2.237	3.093
Zaman	2	1382708.325	691354.163	105.615**	3.137	4.948
UygxZaman	4	101538.154	16923.026	2.585*	2.517	3.622
DozxZaman	6	25990.187	6497.547	0.993ns	2.237	3.093
UygxDxZ	12	78152.349	6512.696	0.995ns	1.905	2.473
Hata	70	458219.447	6545.992			
Genel	107	2169812.862	20278.625			

ns = önemsiz (not significant)

* = önemli %5 alfa seviyesinde (significant at alfa level %5)

** = önemli %1 alfa seviyesinde (significant at alfa level %1)

