



T.C.

HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ORANLARDA ZEYTİN KARASUYU KARIŞTIRILAN
SOLUCAN GÜBRESİ ve ÇİFTLİK GÜBRESİNİN MİKROBİYAL
AYRIŞMAYA KARŞI DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

NADİR DOĞRU

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HATAY
KASIM - 2022



T.C.
HATAY MUSTAFA KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI ORANLARDA ZEYTİN KARASUYU KARIŞTIRILAN
SOLUCAN GÜBRESİ ve ÇİFTLİK GÜBRESİNİN MİKROBİYAL
AYRIŞMAYA KARŞI DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ**

Öğrencini NADİR DOĞRU
ORCID:0000-0003-2342-6509

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Danışman
Prof. Dr. KEMAL DOĞAN
ORCID: 0000-0002-5448-0009

HATAY
KASIM - 2022

29/11/2022

TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını ve tez üzerinde Yükseköğretim Kurulu tarafından hiçbir değişiklik yapılamayacağı için tezin bilgisayar ekranında görüntülendiğinde asıl nüsha ile aynı olması sorumluluğunun tarafıma ait olduğunu beyan ederim.

Nadir DOĞRU

ÖZET

FARKLI ORANLARDA ZEYTİN KARASUYU (ZKS) KARIŞTIRILAN SOLUCAN GÜBRESİ ve ÇİFTLİK GÜBRESİNİN MİKROBİYAL AYRIŞMAYA KARŞI DİRENÇLERİNİN BELİRLENMESİ

Farklı oranlarda zeytin karasuyu (KS) eklenmiş solucan (SG) ve çiftlik gübresi (ÇG) uygulamaları ile yapılan bu çalışmada, KS etkisiyle toprakta organik madde (OM) kalıcılığının artırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, OM:KS oranları, 1:05.5, 1:1 ve 1:2 hazırlanmış ve bu karışımlar 30 gün boyunca tarla kapasitesi nem içeriğinde inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonunda oluşan KS eklenmiş SG ve ÇG karışımları saklı topraklarına % 20 oranlarında karıştırıldıktan sonra inkübatör denemesi başlatılmıştır. 0, 15, 30, 60 ,90 ve 120.günlerde yapılan toprak analizleri ile, uygulamaların toprakta CO₂, DHA, MBC, OM, pH ve EC'e etkileri belirlenmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, mikrobiyal özelliklerden CO₂, DHA ve MBC değerleri ile toprak organik madde (TOM) içerikleri, SG ve ÇG uygulamaları ile artmıştır. Mikrobiyal toprak özellikleri ÇG uygulamaları ile SG uygulamalarından daha yüksek değerler vermiştir. TOM içerikleri ve EC değerleri SG uygulamalarında ÇG'den daha yüksek sonuçlar vermiştir. KS eklemeleri, toprak mikrobiyal aktivitelerini, sıfır uygulama topraklarına (T0) göre daha fazla arttırmıştır. Bununla beraber DHA sonuçları, KS eklenmiş SG varyant topraklarında daha düşük bulunmuştur.

Uygulamalar ve sıfır uygulama toprakları (T0) arasındaki farkların en düşük ve en yüksek genel ortalama değerleri CO₂ için 69 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ (T ÇG KS2) ve 132 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ (T SG KS3), DHA için 8 µg TPF gkt⁻¹ (T SG KS1) ve 28 µg TPF gkt⁻¹ (T ÇG KS3), MBC için 137 µg gkt⁻¹ (T SG) ve 475 µg gkt⁻¹ (T ÇG) ve TOM için %1.01 (T ÇG KS3) ve %1.70 (T SG) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, organik gübre ile birlikte uygulanan KS'nin olumsuz etkileri önemli derecede azaltılmıştır. Uygun KS ve OM uygulamaları ile toprak mikrobiyal aktivitesi ve TOM içeriği olumlu gelişmeler gösterebilmektedir.

2022, 65 sayfa

Anahtar Kelimeler: toprak mikrobiyal aktivitesi, toprak organik maddesi, zeytin karasuyu, solucan gübresi

ABSTRACT

DETERMINATION of RESISTANCE to MICROBIAL DECOMPOSITION of VERMICOMPOST and FARM MANURE MIXED with DIFFERENT PROPORTIONS of OLIVE MILL WASTE WATER (OMW)

In this study, which was carried out with vermicompost (VC) and farm manure (FM) applications with olive black water (OMW) added at different rates, it was aimed to increase the persistence of organic matter (OM) in the soil with the effect of OMW. For this purpose, OM: OMW ratios of 1:0.5, 1:1 and 1:2 were prepared and these mixtures were incubated at field capacity moisture content for 30 days. At the end of the incubation, the incubator trial was started after the mixtures of VC and VC, with the addition of OMW, were mixed at the rate of 20% to the potting soil. The effects of the applications on CO₂, DHA, MBC, OM, pH and EC in the soil were determined by soil analyzes performed at 0, 15, 30, 60, 90 and 120 days.

According to the results of the research, CO₂, DHA and MBC values of microbial properties and soil organic matter (SOM) contents increased with VC and FM applications. Microbial soil properties gave higher values with WG applications than with VC applications. TOM contents and EC values gave higher results in VC applications than FM. KS additions increased soil microbial activities more than zero application soils (S0). However, DHA results were lower in SG variant soils with added KS.

The lowest and highest overall average values of the differences between applications and zero application soils (S0) are 69 µg g⁻¹ 24 h⁻¹ (S FM OMW2) and 132 µg g⁻¹ 24 h⁻¹ (S VC OMW3) for CO₂, 8 µg TPF g⁻¹ (S VC OMW1) and 28 µg TPF g⁻¹ (S FM OMW3) for DHA, 137 µg g⁻¹ (TSG) and 475 µg g⁻¹ for MBC (S FM) and 1.01% (S FM OMW3) and 1.70% (T VC) for SOM. According to the results of the research, the negative effects of CS applied with organic fertilizer were significantly reduced. With appropriate OMW and OM applications, soil microbial activity and SOM content can show positive developments.

2022, 65 pages

Key Words: soil microbiyal activity, soil organic matter, olive mill waste water, vermicompost

TEŐEKKÖR

Mesleki ve akademik hayatımda önemli kararlar almam gerektiğinde sürekli yanımda olan ve varlığı ile benim için önemli bir rol model oluşturan gerek yüksek lisans konumun belirlenmesinde gerek araştırılması ve yazımı sırasında sahip olduğu bilgi birikimi ve tecrübesi ile çalışmalarına ışık tutan ve yardımını esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Kemal DOĞAN 'a sonsuz saygı ve teşekkürlerimi sunarım.

Yaşamım boyunca beni maddi ve manevi olarak destekleyen, güvenen ve daima yanımda olan anneme sonsuz minnet ve şükranlarımı sunarım.



İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	I
ABSTRACT.....	II
TEŞEKKÜR.....	III
İÇİNDEKİLER	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ	V
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VI
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	5
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	19
3.1. Materyal.....	19
3.2. Yöntem	20
4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA	24
4.1. Toprak Solunumu (CO ₂) Sonuçları	24
4.2. DHA Sonuçları	30
4.3. MBC Sonuçları.....	36
4.4. Toprak Organik Madde (TOM) Sonuçları	41
4.5. pH Sonuçları (1:5).....	46
4.6. Elektriksel iletkenlik Sonuçları (EC $\mu\text{S cm}^{-1}$) (1:5)	49
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	54
KAYNAKLAR	57
ÖZGEÇMİŞ	65

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan organik materyal karasu karışımları ve deneme varyantları.....	22
Çizelge 4.1. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre uygulamalarının toprakta mikrobiyal CO ₂ (µg CO ₂ gkt ⁻¹ 24 sa ⁻¹) oluşumuna etkileri.....	24
Çizelge 4.2. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen DHA (µg TPF gkt ⁻¹) sonuçlarına istatistiksel etkileri	30
Çizelge 4.3. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen MBC (mg MBC gkt ⁻¹) sonuçlarına istatistiksel etkileri	37
Çizelge 4.4. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen organik madde (OM) (%) sonuçlarına istatistiksel etkileri	42
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen pH (1:5) sonuçlarına istatistiksel etkileri.....	46
Çizelge 4.6. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen EC (1:5) sonuçlarına istatistiksel etkileri.....	50

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme materyali karışımların hazırlanması ve analiz aşamalarından bir görünüm	20
Şekil 4.1. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen CO ₂ (µg CO ₂ gkt ⁻¹ 24 sa ⁻¹) sonuçlarına etkileri	25
Şekil 4.2. Uygulamaların toprakta CO ₂ genel ortalama sonuçlarına etkileri	27
Şekil 4.3. Farklı ölçüm günlerdeki CO ₂ sonuçlarının genel ortalaması	29
Şekil 4.4. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen DHA (µg TPF gkt ⁻¹) sonuçlarına etkileri	34
Şekil 4.5. Karasu ve organik Uygulamaların toprakta DHA genel ortalama sonuçlarına etkileri.....	35
Şekil 4.6. Karasu ve organik Uygulamaların zamanla değişen DHA sonuçlarına genel etkileri.....	35
Şekil 4.7. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen MBC (µg MBC gkt ⁻¹) sonuçlarına etkileri	39
Şekil 4.8. Zeytin karasuyu ve organik gübre uygulamaların MBC içeriklerine genel etkileri.....	40
Şekil 4.9. Zeytin karasuyu ve organik gübre uygulamaların zamanla değişen MBC içeriklerine genel etkileri.....	41
Şekil 4.10. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta organik madde (%) içeriklerine etkileri..	43
Şekil 4.11. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta organik madde (%) içeriklerine genel etkileri.....	45
Şekil 4.12. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların farklı günlerde toprak organik madde (%) içeriklerine genel etkileri.....	45
Şekil 4.13. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta pH (1:5) değerlerine etkileri	47
Şekil 4.14. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta pH (1:5) değerlerine genel etkileri	48
Şekil 4.15. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların farklı günlerde toprak pH (1:5) değerlerine genel etkileri.....	49
Şekil 4.16. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta EC (1:5) değerlerine etkileri.....	51
Şekil 4.17. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta EC (1:5) değerlerine genel etkileri	52
Şekil 4.18. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların farklı günlerde toprak EC (1:5) değerlerine genel etkileri.....	53

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

SİMGELER

°C	: Derece Celsius
Ha	: Hektar
µg	: mikrogram
mg	: miligram
g	: gram
mg	: miligram
mL	: mililitre
µg	: mikrogram
sa	: Saat
ppm	: part per million (milyon birimde bir birim)
TPF	: 1,3,5-Triphenyltetrazolium formazan

KISALTMALAR

FAO	: Food and Agriculture Organization of the United Nations
WHO	: World Health Organization

1. GİRİŞ

Zeytin yağı üretimi aşamasında oluşan karasu, olumsuz çevresel etkileri olan ve bazı toksik fenol maddeler içeren, sıvı atık bir materyaldir. Bu materyalin zararlı etkilerini azaltarak tarımsal üretime kazandırmak, sürdürülebilir tarımsal uygulamalara ve sıfır atık projelerine önemli katkılar sağlar. Zeytin karasu atığı içerdiği birçok toksik materyal yanında N, P, K ve organik madde gibi çok önemli besin kaynaklarını da içermektedir. Zeytin karasuyunun içerisinde bulunan toksik karakterli bazı materyaller, toprak mikrobiyal aktivitesinin yavaşlamasına ve durmasına neden olabilmektedir. Yapılan bu araştırma da karasuyun toksik etkilerini bertaraf etmek için solucan gübresi ve çiftlik gübresi gibi organik materyaller kullanılmıştır. Bu araştırma ile karasuyun toksik etkisi nedeniyle azaltılacağı varsayılan mikrobiyal aktiviteler sayesinde, organik maddenin toprakta kalıcılık süresinin uzatılması amaçlanmıştır.

Ekolojik ve ekonomik kazanım sağlamak için mineral gübre kullanımı, organik gübreyle desteklenmelidir. Türkiye’de 2013 yılından beri saf bitki besin maddesi olarak 2.3 milyon ton gübre tüketimi olmaktadır. Gübre tüketiminin 1.5 milyon tonu azot, 623 bin tonu fosfor ve 106 bin tonu ise potasyumlu gübreler olmaktadır (Anonim, 2011).

Ülkemiz toprakları organik maddece fakir olup bu durum toprakların verimlilik ve kalite unsurlarının da düşük olmasına neden olmaktadır. Toprak organik maddesinin artırılması, sürdürülebilirlik açısından büyük önem arz etmektedir. Çiftlik gübresi, solucan gübresi ve çeşitli organik materyallerin karışımlarından oluşan kompostların topraklara uygulanması ile toprak organik madde seviyesi artırılabilir. Bununla beraber topraklara organik materyal uygulamaları sürekli olmazsa, kısa süre sonra toprak organik maddesi mineralize olarak tekrar azalmaktadır. Zeytin karasuyu, zeytinyağı üretimi aşamasında ortaya çıkan bir atık olup içeriğinde birçok toksik materyal bulundurması nedeniyle doğrudan toprağa uygulanması doğru değildir. Zeytin karasuyu toksik materyallerin yanında birçok değerli besin elementlerini de içeren organik bir materyaldir. Yapılan bazı araştırma sonuçlarına göre, organik gübrelerle karıştırılarak toprağa uygulanan karasuyun olumlu etkileri belirlenmiştir (Doğan ve ark., 2016; Sarioğlu ve ark., 2017; Doğan ve ark., 2020).

Organik madde, toprak ekolojik dengesinin devamlılığında etkili önemli bir faktördür. Toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirici etkisi, biyolojik olayların kaynağı ve bitkilere devamlı bir besin deposu olması, toprağın doğal

verimliliğinin sürekliliğine olumlu etkileri nedeniyle mutlak gerekli bir faktördür (Çolak, 1980).

Orman ölü örtüsünü mezofauna ve mikroflora parçalayıp ayrıştırmaktadır. Toprak organizmaları, toprak organik maddesinden besinlerin salınması ve tutulması+nda, ayrıca bitki gelişimi ve toprak verimliliğin devamında önemli rol oynarlar (Ergene, 1987; Fisher, 1995, Lorenz, 2001, Kurzatkowski, 2004). Toprak organik maddesi mikroorganizmaların besin ve enerji kaynağı olup organik maddenin yeterli ve uygun olmasıyla mikroorganizmaların faaliyeti artar ve böylece çok miktarda bitki besin elementi açığa çıkar. Ayrıca organik madde agregat stabilitesinin arttırarak toprağın su ve rüzgar erozyonuna karşı daha dayanıklı olmasını, toprağın iyi havalanma ve su almasını sağlar. Ayrıca mikroorganizmalar ve bitki köklerinin gelişmesi için de iyi bir ortam hazırlar (Ergene, 1987; Aşkın ve ark., 2004; Tisdale ve ark., 2004).

Zeytin karasuyu, asidik pH ve yüksek organik madde içeriğine sahiptir; ayrıca büyük oranda askıda katı madde pektinler, şeker ve fenol bileşikleri içermektedir. Diğer taraftan karasu; içerdiği aromatik bileşikler, basit ve kompleks şekerlerden dolayı yüksek enerji kaynağı potansiyeline sahiptir. Zeytinyağı üretiminde kullanılan üretim teknolojisine bağlı olarak ortaya çıkan karasu miktarı ve karasuyun kirlilik özellikleri; zeytininin yetiştirildiği bölgenin toprak ve iklim özelliklerine, ürün alınan ağacın yaşına, hasat sezonuna, zeytin çeşidine, işletmede kullanılan suyun kimyasal özelliklerine ve ekstraksiyon metodlarına bağlı olarak değişmektedir (Kocaer ve ark., 2004).

Zeytinyağı üretiminde kesikli (pres) ve sürekli (santrifüj) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılmaktadır. Her iki yöntemde de üretim sonucunda prina ve karasu gibi iki yan ürün oluşmaktadır. Sıvı atık olarak açığa çıkan zeytin kara suyunun derişimi, üretim süreci ve işletim koşullarına bağlı olarak büyük değişimler göstermektedir. Farklı yöntemlerin kirlilik potansiyelleri aşağıda belirtildiği gibidir. Geleneksel Sıkma Yönteminde, 1 ton zeytin başına 0,6 m³ atıksu çıkmaktadır (KOİ = 90 – 130 g/L). İki Fazlı Sürekli Sistemde 1 ton zeytin başına 0,1 m³ atıksu çıkmaktadır (KOİ = 10 – 15 g/L). Üç Fazlı Sürekli Sistemde 1 ton zeytin başına 1,0 – 1,2 m³ atıksu çıkmaktadır (KOİ= 40 – 220 g/L) (Kocaer ve ark., 2004). Zeytinyağı üretimi sırasında açığa çıkan atık su miktarı genellikle 0,5–1,5 m³ /ton zeytin olmaktadır (İkizoğlu ve Haskök, 2005; Ben Sassi ve ark., 2006).

Üç fazlı proses tarafından üretilen zeytin atık suyu, yüksek biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacına (sırasıyla 100.000 ve 220.000 mg L⁻¹ kadar yüksek) gerek duymaktadır. Yüksek konsantrasyonlarda katı ve sıvı yağlar, litre başına 10 g toplam polifenol içermektedir (Azbar ve ark., 2004). Fenollerin yanı sıra kısa ve uzun zincirli yağ asitlerinin varlığının, bu atıkların fitotoksik (Cassa ve ark., 2003) ve antimikrobiyal (Isidori ve ark., 2005) doğasına katkıda bulunduğuna inanılmaktadır.

Toprak organik maddesinin ayrışmasında büyük roller üstlenen birçok organizma grupları, zeytin karasuyunun toksik etkilerinden dolayı negatif yönde etkilenmektedir. Zeytin yaprağı ve zeytin karasuyunun yapısında bulunan fenolik bileşenlerin antibakteriyel, antiviral ve antifungal etkileri yapılan in vitro çalışmalarla ortaya konmuştur (Sousa ve ark., 2006; Malayoğlu ve Aktaş, 2011). Birçok araştırmacı tarafından antimikrobiyal aktivite gösteren bileşikler hidroksitirosol, oleuropein, 4-hidroksibenzoik asit, vanilik asit ve p-kumarik asit olarak bildirilmiştir. Nitekim hidroksitirosol'un solunum ve bağırsak enfeksiyonlarına neden olan gram pozitif ve gram negatif bakterilere karşı etkili olduğu (Ibarra ve Sniderman, 2008; Malayoğlu ve Aktaş, 2011); zeytin yaprağı ekstraktında bulunan fenolik bileşiklerin *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Klebsiella pneumonia*, *Bacillus cereus*, *Salmonella typhi* ve *Vibrio parahaemolyticus* gibi birçok mikroorganizmaya karşı antimikrobiyal etki gösterdiği (Markin ve Duek, 2003) yapılan çalışmalarla ortaya konmuştur.

Toprağa organik iyileştiricilerin karıştırılması toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini geliştirmekte, örneğin kompost eklenmesi toprağın biyolojik aktivitesini, mikrobiyal biyomas ve organik karbon içeriğini belirgin şekilde arttırmaktadır (Perucci, 1992). Ayrıca toprağa karıştırılan kompost toprak yapısında iyileşme, topraktaki yararlı organizmaların çoğalması ve fonksiyonlarını arttırması, toprağın mineral besin maddesi içeriğine katkı, toprağın havalanması, nem kapasitesinin artışı ve toprağa verilen besin elementlerinden bitkinin daha iyi ve daha uzun sürelerde faydalanması gibi yararlar sağlar (Kara, 2002).

Organik maddenin ayrışmasında toprak bakterilerin rolünü anlamak, toprakta meydana gelecek doğal veya yapay olası değişim veya bozulmalar sonucunda ıslah çalışmaları için çok değerli bilgiler kazandıracaktır. Özellikle fiziksel, kimyasal ve termik kirlenmenin yoğun yaşandığı, küresel ısınmanın sonuç ve etkilerinin tartışıldığı günümüzde tüm dünya topraklarının bu değişimlerden etkileneceğini bütün ekologlar

büyük bir endişe ile ifade etmektedirler. Dolayısıyla henüz vakit varken, özellikle çok geniş bir alanı ve kitleyi ilgilendiren Akdeniz Bölgesi ekosistemlerini iyi algılamak amacıyla değişik çalışmaların yapılması zorunlu görünmektedir.

Toprak mikroorganizmalarından mantarlar, toprak organik maddesinin ana ayrıştırıcılarını oluştururken, bakteriler N, S ve P gibi önemli besin elementlerinin döngüsüne katkıda bulunurlar. Mikrobiyal kompozisyonun genellikle toprak ekosistemlerinde işlevsel bir öneme sahip olduğu görülmektedir (Bell ve ark., 2005; Reed ve Martiny, 2007). Mikrobiyal aktiviteler yalnızca toprak altı rizosfer faaliyetleri değil aynı zamanda toprak üstü bitki topluluklarını da önemli derecede etkiler (Hooper ve ark., 2000).

Yapılan birçok araştırma sonuçlarına göre toprağa organik madde ilavesi bir yandan toprak organik madde miktarını ve biyolojik aktivitesi artırırken, diğer yandan da toprak agregasyonunu arttırıp toprak organik karbon stoklarının artmasını sağlar. Toprak organik maddesi, karasal ekosistemlerdeki biyojeokimyasal döngü süreçlerinde önemli bir rol oynar ve toprak mikroorganizmaları ve bitkiler için temel bir C ve N kaynağıdır (Haktanır ve Arcak, 1997; Doğan ve ark., 2006).

Bu çalışmada, farklı oranlarda çiftlik gübresi ve solucan gübresine eklenen zeytin karasuyu ile toprakta organik madde kalıcılığını arttırılması amaçlanmıştır. Bu amaç doğrultusunda, farklı oranlarda karasu uygulanmış organik materyaller 30 gün boyunca inkübe edildikten sonra farklı oranlarda topraklara karıştırılmış ve biyolojik ayrışma düzeylerinin zamanla değişimleri belirlenmiştir. Araştırma sonunda, biyolojik ayrışmaya dayanıklı, karasu ve organik materyal karışımlarından oluşan kompoze organik gübreler belirlenmiştir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Dammak ve ark. (2015) tarafından yapılan bir araştırma sonuçlarına göre, zeytin karasuyu, zeytinyağının ekstraksiyon işlemi sırasında üretilen sıvı atıktır. Karasuyun dünya çapındaki yıllık üretiminin 20 milyon m³'ün üzerinde olduğu tahmin ediliyor ve bertarafı büyük bir çevre sorununa neden olmaktadır. Karasuyun fitotoksisitesi ve düşük biyolojik bozunabilirliği, temel olarak yüksek organik madde içeriğinin yanı sıra ilgili miktarlarda polifenollerin (10 g/L'ye kadar) varlığından kaynaklanmaktadır.

Doğan ve ark. (2020)'nın yapmış olduğu bir çalışmada kullanılan zeytin karasuyu hakkındaki tespitlerine göre, karasu materyali içerdiği yüksek organik kirlilik nedeniyle çevre kirlenmesine sebep olurken; içerdiği azot ve potasyum gibi çok önemli bitki besin maddeleri ile organik maddeler nedeniyle uygun işlemler sonucu toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini de dikkate alınarak sıvı ve katı gübre olarak kullanılabilir.

Sarioğlu ve ark. (2017)'nin yapmış olduğu derleme bir araştırma sonuçlarına göre,, son yıllarda, yüksek kirlilik potansiyeline sahip zeytinyağı endüstrisi karasularının araziye verilerek bertarafı, üzerinde önemle durulan bir alternatif olarak gündeme gelmiştir. Zeytin karasuyu, zeytin üretimi gerçekleşen tüm dünya ülkelerinde problemli bir atık olup, atık olarak değil; kaynak olarak görülmesi gereken önemli bir organik materyaldir.

Greco (1999) tarafından yapılmış bir araştırmanın sonuçlarına göre, karasuyun kütlece %83-96 su, %3,5-15 organikler, %0,5-2 mineral tuzlar, organik kısım %1,0-8,0 şekerler, %0,5-2,4 azotlu bileşikler, %0,5-1,5 organik asitler, %0,02-1,0 yağlar, %1,0-1,5 arasında fenol ve pektin içermektedir. Fenoller de düşük moleküler ağırlıklı ya da polimerik yapıda olabilmektedir.

Kocaer ve ark. (2004) tarafından yapılan bir araştırma sonuçlarına göre, zeytinyağı endüstrisi atık sularının, su ve gübre değerinin geri kazanılması için uygulanan doğrudan sulama yönteminin kullanımı, yüksek organik madde içeriği ile polifenol ve tuz içeriğinin neden olduğu fitotoksik etkiler sebebiyle sınırlı olmaktadır. Ancak uygun dozlarda ve kontrollü olarak uygulanan zeytinyağı endüstrisi atık sularının toprağın verimliliğini arttırmak, toprakta azotu fikse eden bakteri popülasyonunu canlandırmak, toprak agregatlarının stabilitesini ve su tutma kapasitesini geliştirmek gibi faydalı etkileri vardır. Karasu, içerdiği azot ve potasyum gibi çok önemli bitki besin maddeleri ve organik

maddeler nedeniyle uygun işlemler sonucu toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini dikkate alarak sıvı ve katı gübre olarak kullanılabilir.

Bender ve ark. (1998)'nın yapmış olduğu bir araştırma sonuçlarına göre, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri üzerinde çok önemli bir role sahip olan organik madde, bitki gelişimi için gerekli olan N, P, S nin büyük bir kısmını sağlamakta ve ayrıca ayrışması ile açığa çıkan organik asitlerce toprakta güç çözünür halde bulunan besin elementlerinin yararlılığını da artırmaktadır. Toprak organik maddesi özellikle küçük moleküllü bileşikler ve Fe, Cu, Zn gibi metalik katyonlar ile dayanıklı bileşikler oluşturarak bu iyonları değişik reaksiyonlardan korumakta ve bitkilerin bundan kolaylıkla yararlanmasını sağlamaktadır. Toprak organik madde içeriğini artırmada en etkili uygulama ahır gübresi uygulaması olmakla beraber, kimi işletme atıkları da organik madde kaynağı olarak kullanılmaktadır.

Demir ve ark. (2010) yapılan bir derleme araştırma sonuçlarına göre, toprağın doğal dengesini bozmadan, sürekli iyileşme sağlayacak materyallerden birisi solucan gübresidir. Solucan Gübresi, simbiyotik bakteri (Rhizobium) ve asimbiyotik mikroorganizmalardan azot fiksasyonu yapan bakteri (Azotobakter) ve mikoriza mantarlarını içerir.

Levi-Minzi ve ark. (1990), farklı organik maddelerle ıslah edilen toprakta karbon mineralizasyonunu incelemişler ve bu amaçla, kumlu tınlı bir toprağa, bir bitki artığı, üç farklı gübre ve iki kentsel atık karıştırarak bunların ayrışma oranları ve derecelerini tayin etmişlerdir. Ayrışmayı organik materyalin inkübasyon sıcaklığı ve kimyasal kompozisyonu ile ilişkilendirmişler, sonuçta, çiftlik gübresi ve kentsel çöp kompostunun kısa süreli ayrışmaya çok dirençli materyaller olduğunu belirlemişlerdir.

Bernal ve ark. (1998), “organik atıkların farklı kompostlaşma düzeylerinde karbon mineralizasyonu” adlı çalışmalarında kentsel, endüstriyel atıklar, bitki artıkları, hayvan gübreleri ve lağım tortusuyla hazırlanmış 7 farklı organik atık karışımının çeşitli kompostlaşma düzeylerinde ayrışma durumunu incelemişler (28 °C de 70 gün), C (CO₂) dönüşümünü belirlemişlerdir. Sonuçta kompostlaşma süresinin uzaması ile karbon mineralizasyon oranı azalmış, en düşük karbon mineralizasyon oranı olgunlaşmış kompost örneklerinde gerçekleşmiştir.

Zeytin karasuyu ile yapılan bir çalışmada, Hernandez ve ark. (2014) 2 fazlı arıtma sistemi oluşan karasu atıklarını zeytin ağaçlarına uygulayarak, toprak ve zeytin

bitkisindeki bazı parametrelere etkilerini belirlemişlerdir. İspanya’da 6 yıl boyunca yapılan bu araştırmanın uygulamalarında farklı organik gübreler ve zeytin karasuyu farklı oranlarda karıştırılarak zeytin bahçesi topraklarına 7000 Kg ha⁻¹ olarak uygulanmıştır. Araştırma sonuçları yalnızca mineral gübre uygulaması yapılmış toprak ve bitki sonuçları ile karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre toprak organik maddesinde ve N,P,K gibi bazı besin elementleri değerlerinde artışlar belirlenmiştir. Bununla beraber zeytin yağı üretim miktarında artışlar olmuş ve zeytin yağı kalite unsurlarında önemli sayılacak değişimler olmamıştır.

Hernandez ve ark. (2010)’nın bildirdiğine göre, zeytin yağı atıklarının önemli bir özelliği yüksek K konsantrasyonudur, K elementi zeytin ağaçları tarafından büyük miktarlarda alındığı için zeytin meyvelerinde en fazla bulunan besin maddesidir. Zeytin karasuyu atığının bir diğer önemli avantajı, esas olarak lignin, hemiselüloz ve selülozdan oluşan yüksek organik madde konsantrasyonuna sahip olması ve diğer zararlı atıklar gibi ağır metaller ve diğer potansiyel kirleticiler içermemesidir.

Zirehpour ve ark. (2012) tarafından yapılan bir araştırmanın sonuçlarına göre, zeytin karasuyunun membran filtrasyonu, organik yükünde ve askıda katı madde içeriğinde önemli bir azalmaya ve ayrıca polifenoller atık kütlesinden ayırmaya yol açabildiği rapor edilmiştir.

Kokkoraa ve ark. (2015) tarafından yapılan bir çalışmada, filtrelenmiş zeytin karasuyunun tarımsal amaçlı kullanımını çalışmışlardır. Zeytin karasuyu, mikrofiltrasyon ile arıtıldıktan sonra toprağa geri dönüştürülebilir ve bitkisel üretim için sıvı gübre olarak kullanılabilen organik bir materyal oluşturur, böylece atık su (kısmen veya tamamen) temizlenmiş olacağından, küçük karbon ayak izine sahip çevre dostu bir yetiştirme yöntemine yol açar ve bu sayede mineral gübre, tatlı su tasarrufu ve ayrıca çiftçiye ekonomik faydalar sağlar. Yapılan bu çalışmada mikrofiltrasyondan geçmiş zeytin karasuyunun toprağa uygulanan 25-50 ton ha⁻¹ dozları ve 200 kg N ha⁻¹. mineral gübre varyantları karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre deneme bitkisi olan mısır veriminin mineral gübre uygulamalarıyla aynı olduğu ve toprakta olumsuz bir etkinin oluşmadığı rapor edilmiştir.

Scalia ve ark. (2017) tarafından bildirildiğine göre, tedarik zinciri boyunca atık yan ürünlerin azaltılması, gıda üreticilerinin bertaraf maliyetleri ve çevresel etkinin azaltılması açısından çifte fayda elde etmelerini sağlar. Bu tür yönler, özellikle bu yan

ürünler sağlık yararları olan gıdaların üretiminde yeniden kullanılabilirliğinde, işletmenin karlılığı üzerinde doğrudan olumlu bir etkiye sahiptir (Hyde ve ark., 2001). Karasu içeriğinde bulunan fenolik bileşik ekstraksiyonu için membran filtrasyonu ve ters ozmoz proseslerine dayalı bir sistemin ekonomik fizibilitesini, malaksasyon aşamasında Sızma Zeytinyağı'nı zenginleştirmek için daha sonra yeniden kullanımlarını göz önünde bulundurarak değerlendirilmesinin ve ekonomik karlılık durumunun yapıldığı bir araştırma sonuçlarına göre, pozitif net bugünkü değer ve dört yıldan fazla olmayan bir geri ödeme süresi göz önüne alındığında, atık üründe %90'dan fazla bir azalma ve zenginleştirilmiş Sızma zeytinyağı'nın artan maliyeti için uygun çözümler göstererek sürecin sürdürülebilirliğini doğrulamıştır.

Bargougui ve ark. (2019) tarafından yapılan bir araştırmada sorgum bitkisi yetiştirilen saksı topraklarına 25-50-75-100 m³ ha⁻¹ zeytin suyu uygulanmış ve toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerindeki değişimler belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre zeytin karasuyu uygulanmış topraklardaki organik madde, toplam azot ve mineral madde içeriklerinde, uygulanan dozların artmasıyla orantılı olarak önemli artışlar olduğu belirlenmiştir. Aynı araştırma sonuçlarına göre, toprağın mikrobiyolojik aktiviteleri, kontrol toprağına kıyasla güçlü bir şekilde arttırılmıştır. Ayrıca, karasu uygulamalarının sorgum bitkisi tohumlarının çimlenmesini olumlu yönde etkilerken ham tohumların çimlenmesini engellediğini göstermiştir.

Mekki ve ark. (2013) tarafından yapılan bir araştırmada, topraklara uygulanan zeytin karasuyunun toprak pH'ı üzerinde olumsuz etkiler göstermediğini ancak toprak elektriksel iletkenliğini (EC) arttırdığı belirlenmiştir.

Chartzoulakis ve ark. (2010), 3 yıllık saf zeytin karasuyu uygulamasından sonra, kontrol ve karasu ile işlenmiş topraklar arasında pH, elektriksel iletkenlik (EC), P, Na ve organik madde oranlarda önemli bir fark olmadığını bildirmiştir.

Yapılan benzer bazı araştırma sonuçlarına göre, Zeytin karasuyu, içerdiği N, P, K gibi bazı değerli besin elementleri ve organik madde nedeniyle değerli bir organik gübre kaynağı olarak kullanılabilir (Mulinacci ve ark., 2001). Bununla beraber su sıkıntısı çekilen kurak bölgeler için sulama suları ile birlikte uygulanması tarımsal açıdan önerilebilir (Oved ve ark., 2001). Yapılan bazı araştırma sonuçlarına göre taze zeytin karasuyunun bahçe bitkilerinde özellikle zeytin yetiştiriciliğinde kullanılabilirliği önerilmiştir (Cereti ve ark., 2004; Mekki ve ark. 2005). Bununla beraber yapılan bazı

araştırma sonuçlarına göre zeytin karasuyunun içeriğinde bulunan fenoller ve biyolojik ayrışmaya karşı dirençli materyaller nedeniyle ayrışmasının zor olduğu bundan dolayı öncelikle aerobik ve anaerobik olarak ıslah edilmesini ve sonrasında tarımsal amaçlı kullanılmasının daha doğru olacağını bildirmişlerdir (Rinaldi et al., 2003).

Karpouzas ve ark. (2009) tarafından yapılan bir araştırmada, topraklara biber vejetasyonu altında 900 ve 1800 m³ ha⁻¹ zeytin karasuyu uygulanmış ve mantar popülasyonlarının yapısal değişimleri belirlenmiştir. Araştırmada ayrıca azot varyantı da kullanılmış ve zeytin karasuyuna etkileri araştırılmıştır. Yüksek karasu uygulamalarının bitki stresine neden olduğu ve bu stresin azotlu gübre uygulamaları ile azaltıldığı belirlenmiştir. Karasu uygulamaları, toprak basidiomycete topluluklarının denatüre gradyan jel elektroforez modellerinde belirgin değişikliklere neden olurken, eşzamanlı N gübrelemesi bu etkilerin azaltıldığı rapor edilmiştir. Basidiomycete toplulukları için klonlama kütüphaneleri, *Cryptococcus* mayalarının ve *Ceratobasidium* spp. Zeytin karasuyu uygulanan örneklerde baskın olduğu belirlenirken, *Thanatephorus cucumeris* ve *Athelia rolfsii* gibi bazı bitki patojenik basidiomycetes'leri baskılanmıştır. Gözlenen değişiklikler, karasuyun toprakları organik substratlarda zenginleştirme, N immobilizasyonunu indüklemeye ve doğrudan karasudan türetilen basidiomycetous mayaları sokma kapasitesi ile ilgili olduğu rapor edilmiştir.

Isidori ve ark. (2005) tarafından yapılan bir araştırmada, zeytin karasuyunun oldukça değişken özellikler gösterdiği, ancak genellikle asidik pH (4.5-5.5) ve yüksek organik yük ile karakterize edildiği belirtilmiştir. Zeytin karasuyunun ortalama biyolojik ve kimyasal oksijen ihtiyacı değerleri sırasıyla 60 ve 100 g L⁻¹'dir (Aktaş ve ark., 2001). Karasuyun organik maddesi esas olarak şekerler, tanenler, lipitler, aromatik asitler ve fenolik bileşiklerden oluşur bununla beraber karasu antibakteriyel ve fitotoksik etkilerinin ana nedeni olarak öne sürülen birçok toksik materyalde içerir.

Paredes ve ark. (1999) tarafından yapılan bir araştırma sonucuna göre, potansiyel olarak toksik organiklerin yüksek yükü, karasuyun bir kirletici olduğu ve karasu atığı, akiferlere ve hatta sivil atık su arıtma tesislerine doğrudan deşarjı önemli çevre sorunları yaratabildiği belirtilmiştir. Araştırmacıların belirttiğine göre, karasu uygulamalarının toprak mikrobiyal aktiviteleri üzerine etkileri çok önemli farklılıklara neden olmuştur. İlk yapılan araştırmalardan biri olan Paredes ve ark. (1999), karasu uygulamaları ile

coryneform bakterilerde önemli artışlar tespit ederken *Bacillus* spp.'de azalmalar belirlenmiştir.

Mekki ve ark. (2006), zeytin karasu ilavesinin toprak aktinomisetlerinde, spor oluşturan bakterilerde ve toprak mantarlarında önemli artışlara ve bakteriyel nitrifikasyonlarda önemli bir azalmaya yol açtığını belirlemiştir.

Mechri ve ark. (2008) tarafından yapılan bir araştırmada, zeytin karasuyu uygulamasının zeytin ağaçlarının köklerinin arbusküler mikorizal mantarlar tarafından kolonizasyonunun azalmasına yol açtığını göstermiştir.

Serio ve ark. (2008) tarafından İtalya'da yapılan bir araştırmada zeytin karasuyunun zeytin bahçesi topraklarının fiziko-kimyasal ve mikrobiyal özelliklerine etkileri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre toprakların organik madde ve fenollerinin karasudan dolayı arttığını bununla beraber toprak solunum değerlerinin ve mikrobiyal aktivitelerin de arttığını rapor edilmiştir. Çalışma sonuçlarına göre toprak denitrifikantları artarken nitrifikant bakterilerin karasu uygulamalarıyla azaldığı belirlenmiştir. Bunun olası nedeninin karasu uygulamaları ile toprak oksijen miktarındaki azalmalardır.

Dammak ve ark. (2016)'nın belirttiğine göre, zeytin karasuyunun içeriğinde yer alan ve bazı önemli toprak özelliklerine zarar verme olasılığı güçlü olan toksik materyallerin azaltılması ya da temizlenmesi halinde faydalı bir organik gübre ve ıslah materyali olma konusunda hemfikir olan birçok araştırma sonucu bulunmaktadır. Dammak ve ark. (2016) tarafından yapılan benzer bir araştırmada karasu materyaline uygulanan farklı mantar enzimleriyle, karasuyun hidrolizi sağlanmış ve olumsuz etkileri azaltılmaya ya da yok edilmeye çalışılmıştır. Yapılan bu çalışmada yerel olarak üretilen *Aspergillus niger* enzim preparasyonu ve altı ticari mantar enzim preparasyonu kullanılarak zeytin karasuyu hidrolitik arıtımı için değerlendirilmiştir. Uygulamalar, hidroksitirozol (HT) ve indirgeyici karbonhidrat (RC) salım verimleri ve enzim üretkenlikleri açısından değerlendirilmiştir. Test edilen enzim preparatlarının zeytin atığı karasuyunun enzimatik hidrolizi, HT ve RC salım verimlerinde bir artış göstermiştir. Bu çalışma, gıda endüstrisinde umut verici uygulamalara sahip değerli bileşikler üretmek için enzimatik işlemin karasuyun değerlendirilmesi için potansiyel bir yöntem olduğunu göstermektedir.

Hamdi (1993)'e göre enzimatik işlem, pH ve sıcaklıkla ilgili hafif çalışma koşulları ve toksik organik çözücülerin olmaması nedeniyle kimyasal işleme kıyasla avantajlıdır.

Enzimatik işlem, çeşitli nedenlerden dolayı zeytin karasu atığının değerlendirilmesi için ilginç bir yöntemdir; ilk olarak, glikozitlerden monomerik polifenollerin salınması nedeniyle, glikozitin kimyasal yapısında birkaç fenolik bileşik, bir glikozidik bağ yoluyla karbonhidrat grubuna bağlı bir fenolik grup aracılığıyla bulunur; ve ikinci olarak, karasu atığında (yaklaşık 20 g/L) bulunan karbonhidratların, daha ileri anaerobik sindirim için faydalı olacak, glikoz açısından zengin fermente edilebilir karbonhidrat akışına sakrifikasyonudur.

Ayoub ve ark. (2014) tarafından Ürdün'de yapılan bir araştırmada, zeytin karasuyunun topraklara doğrudan uygulanmasının zeytin bitkisine ve toprak özelliklerine etkilerini belirlemişlerdir. Yapılan bu araştırmada karasu dozları, 5- 10-20 L m⁻² olarak belirlenmiş ve 3 yıl boyunca sürdürülmüştür. Uygulamanın yapıldığı zeytin ağaçları 15 yıllık olarak seçilmiştir. 2011, 2012 ve 2013 yıllarında sürdürülen bu araştırmada bitki gelişimi ve toprakların element içerikleri ile organik madde içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, karasu uygulamalarının incelenen parametreler üzerinde herhangi bir negatif etkisi bulunmamıştır. Araştırma sonuçlarına göre en uygun karasu dozunun 10 L m⁻² olduğu belirlenmiş ve yıllık uygulama dozu olarak tavsiye edilmiştir.

Zeytin karasuyu uygulamaları sayesinde mineral gübre kullanımı azaltılabilir. Yapılan bir araştırmada Marsilio ve ark. (2006), sırasıyla 100 ve 300 m³ ha⁻¹ zeytin karasuyu kullanımının kimyasal gübre kullanma ihtiyacını azalttığını bildirmiştir.

Ben Rouinaet ve ark. (2006), 10 yıl boyunca 100 m³ ha⁻¹ oranında kumlu bir toprak üzerinde bulunan zeytin bahçesinde yıllık olarak işlenmemiş saf zeytin karasuyu uygulamasının toprak verimliliğini önemli ölçüde iyileştirdiğini belirlemişlerdir. Karasu uygulamalarıyla fosfor ve pH sabit kalırken organik madde, azot ve potasyum içeriğinin arttığını tespit etmişlerdir. Organik madde içeriği % 0.3'ten %1.3'e yükselmiş ve toprağın su tutma kapasitesinin ile su geçirgenliğinin iyileşmesine neden olduğu rapor edilmiştir.

Zenjari ve Nejmeddine (2001) tarafından yapılan araştırma sonuçları göre, karasu uygulamasının etkileri uygulanma zamanı, dozları ve uygulanan toprak özellikleri ile bitkilere göre değişimler göstermektedir. Bununla beraber karasuyun saflaştırılması, organik materyallerle birlikte uygulanarak toksik etkilerinin azaltılması ve ham olarak uygulanmaları da toprak ve bitkide ki etkilerini önemli derecelerde etkileyebilmektedir. Bu nedenlerden dolayı zeytin karasuyunun akılcıca uygulanması ve uygulama öncesinde

toprak özellikleri, iklim faktörleri, yetiştirilecek ürün cinsi, diğer coğrafi ve çevresel koşulları dikkate alması gerekmektedir.

Chartzoulakis ve arkadaşlarına (2006) göre, 3 yıl boyunca kış mevsiminde $416 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'e kadar olan dozlarda ham karasu uygulamasının zeytin ağaçlarının, verimi ve fizyolojisi üzerinde ve toprak verimliliğinde herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır. Denemeler sırasında fenollerin toprakta hızla ayrıştığı ve zeytin ağaçlarında herhangi bir toksisite belirtisi gözlenmezken, toprak K düzeyinin artması toprak verimliliği üzerinde olumlu bir etki olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte, bazı çalışmalar ayrıca yüksek doz uygulamaları altında potansiyel fitotoksisteye ve toprak mikrobiyal aktivitesinde düşüşe karşı uyarıda bulunmuştur (Piotrowska ve ark., 2006). Diğer çalışmalar, aşırı OMW uygulamasından kaynaklanabilecek potansiyel kirliliğe işaret etmiştir (S'Habou ve ark., 2005).

Magdich ve ark. (2016) tarafından yapılan bir araştırmada, zeytin bahçesinde sekiz yıl sürdürülen çalışmada üç dozda (50 , 100 ve $200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ yıl}^{-1}$) zeytin karasuyu uygulaması yapılmış ve Yetişkin 'Chemlali' zeytin ağaçlarında yapılan bu araştırmada ağaçların gaz değişim özellikleri, fotosentetik pigmentler, çözünür şekerler, toplam fenolik bileşikler, antioksidan aktivite, yaprak mineral besin maddesi ve verim düzeyleri belirlenmiştir. Bulgular, karasu uygulanmış zeytin ağaçlarında net fotosentez ve stoma iletkenliğinde, 50 ve $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ karasu dozu uygulamalarıyla önemli artışlar gösterdiği belirlenmiştir. Bu parametrelerin en düşük değerleri, en yüksek karasu dozu ($200 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) ile belirlenmiştir. 50 ve $100 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ 'deki karasu uygulamaları, yaprakların mineral içeriğini (N, P, K, Ca ve Mg) önemli ölçüde artırmıştır. Bununla birlikte, en yüksek karasu uygulaması, zeytin yaprağı besin konsantrasyonlarında önemli azalmalara neden olmuştur.

Wang ve Allison (2019)'nın bildirdiğine göre bitkisel ve hayvansal ölü artıklar olarak tanımlanan toprak organik maddesinin ayrışması, bitkiler ve mikroorganizmalar tarafından kullanılabilen bileşiklerin yenilenmesi için temel bir işlemdir. Ayrışma yoluyla karbondioksit salınımı, Dünya sistemindeki biyosfer-atmosfer etkileşimlerinin ayrılmaz bir parçasıdır. Ekzozimler, substrat dönüşümlerini katalize ederek bu ayrışma sürecini etkiler (Sinsabaugh ve ark., 2008), ancak çeşitli mikrobiyal olmayan kimyasal ve fiziksel işlemler de bu süreçlere katkıda bulunabilir (Wang ve ark., 2017). Substrat bozunmasından enzimler sorumlu olduğu için, sezgisel bir soru ortaya çıkar: Organik

madde ayrışma hızı ile enzim konsantrasyonu arasındaki ilişki nedir? Bu kinetik ilişki, biyosfer ve atmosfer arasındaki karbon ve besin maddelerinin bozunma hızlarını ve akışlarını modellemek için kritik öneme sahiptir.

Spain ve ark. (1983) tarafından bildirilmiş rapor sonuçlarına göre, toprak organik maddesi, herhangi bir ekosistemin önemli bir bileşenidir ve bolluğu ve doğasındaki çeşitlilik, sistemde meydana gelen birçok süreç üzerinde derin etkilere sahiptir. Topraklarda bulunan miktar, organik maddelerin girişi ve toprakta parçalanmasının sonucudur. Bu organik maddenin ve içerdiği enerjinin temel kaynağı, bitki topluluğunun ototrofik bölümüdür. Toprağın içinde veya üzerinde aşamalı ufalama, ayrışma ve yeniden dağıtımına maruz kalır. Ayrıştırıcı döngüsünün nihai organik son ürünü, kimyasal olarak karmaşık ve kökenlerinin tanınabilir özellikleri olmayan, mikrobiyal olarak türetilmiş 'nemli bir malzemedir.

Toprak organik madde seviyeleri ile ilgili olarak, Birch ve Friend (1956), Jenny ve ark. (1948) ve Jenny ve ark. (1968), karbon ve nitrojen seviyeleri üzerinde farklı etkileri olmasına rağmen yağış ve sıcaklığın en önemli değişkenler olduğunu ve bu ilişkilerin doğasının tropik ve ılıman iklimlerde, farklı görüldüğünü belirlemişlerdir (Laudelout ve ark. 1960).

Battistoni ve ark. (2001)'a göre, toprak bakterileri yaşamlarını sürdürebilmek için en uygun ortamlarda yaşarlar. Yaşadıkları alan içerisinde yani rizosfer bölgesinde yaşayan diğer başka mikroorganizmalarla besin elementi temin etmek için her zaman yarış halindedir. Demir elementine olan ihtiyacından dolayı Rhizobium bakterileri bu element için çok fazla rekabete girmektedir. Battistoni ve ark., 2001 yılında yaptıkları çalışmada toprak içerisinde bulunan demir eksikliğinde bakteriler arasında bulunan rekabeti incelemiştir. Bu çalışmanın sonucunda, demir eksikliği fazla olan ortamda bulunan Rhizobiumların çok daha fazla rekabet ettiği gözlemlenmiştir. Toprak içerisinde bulunan bitki besin elementlerinin, bitkilerin gelişimi açısından oldukça yeterli ve dengeli olması genel olarak önem taşımaktadır. Fakat bitkilerdeki yaşam fonksiyonları için mutlaka olması gereken ya da bazı yapı birimlerinin yapısında bulunan bazı elementlerin toprakta yeterli düzeyde bulunması veya bitki tarafından alınabilir olmasının ayrı bir önemi vardır. Nitrogenaz enziminin yapısında bulunan Demir (Fe) ve Molibden (Mo), baklagillerde simbiyotik fiksasyonda yer alır. Bunun için bu besin elementlerinin toprakta

bulunma miktarı ve bitki tarafından alımı baklagillerde simbiyotik N₂ fiksasyonunu direkt etkiler (Werner, 1987; Durrant, 2001).

Chaouil ve ark. (2003) tarafından yapılan bir çalışmada, azot mineralizasyon oranına göre belirlenen miktarlarda solucan gübresi, konvansiyonel kompost ve inorganik gübrelerin toprak solunumu, mikrobiyal biyomas karbon içeriği ve besin elementi içeriğine etkisi incelenmiştir. Çalışma sonucunda toprak solunumu ve mikrobiyal biyomas değerleri 35. günde konvansiyonel kompostta solucan gübresine göre daha yüksek olurken 70. gün inkübasyon sonucunda aynı değerlere ulaştığı belirlenmiştir. Tüm solucan gübresi ve kompost uygulamalarında P ve K alımı hem kontrole hemde mineral gübre uygulamalarına göre önemli artış göstermiştir.

Marschner ve ark. (2003) tarafından yürütülen bir çalışmada, uzun süreli gübreleme uygulamalarının topraklardaki mikrobiyal aktiviteye olan etkileri incelenmiştir. Toprağa uygulanan inorganik gübrelerin toprağın mikrobiyal aktivitesini ve fonksiyonlarını olumsuz yönde etkilediği toprağın dengesinin bozulmasına yol açtığı ortaya konulmuştur.

Alagöz ve ark. (2006) tarafından yürütülen bir çalışmada, organik materyal ilavesinin toprağın bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Organik materyal olarak işlenmiş tavuk gübresi, çöp kompostu (1250, 2500 ve 5000 kg ha⁻¹) ve işlenmiş leonardit (100, 200 ve 400 kg ha⁻¹) dozları toprağa uygulanmıştır. Çalışmada, inkübasyon süresi sonunda, değişik kökene sahip organik materyallerin toprağın organik madde miktarı, katyon değişim kapasitesi, reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenliği, toplam azot içeriği, hacim ağırlığı ve agregat stabilitesi gibi bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerinde değişiklik yaptığı tespit edilmiştir. Farklı kökene sahip organik materyallerin düzenli ve etkin bir biçimde kullanılması ile toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özelliklerinin iyileştirilebileceği belirtilmiştir.

Azarmi ve ark. (2008) tarafında yürütülen bir çalışmada, vermikompost uygulamalarının toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkileri incelenmiştir. Farklı vermikompost dozları (0, 5, 10, 15 ton ha⁻¹) uygulanarak 3 ay sonra ölçülerek yapılmıştır. Çalışmada 15 ton ha⁻¹ eklenen vermikompost dozu kontrole göre önemli derecede toplam organik karbon, toplam N, P, K, Ca, Zn ve Mn artışlar gösterdiği bildirilmiştir. Vermikompost uygulamaları kontrole göre kıyaslandığında önemli derece yüksek EC'ye sahip olduğu tespit edilmiştir. Vermikompost uygulamalarının toprağın

pH'sını düşürdüğü, fiziksel özelliklerini geliştirdiği çalışmanın sonuçları arasında yer almıştır.

Agbede (2010), tarafından yapılan bir çalışmada çiftlik gübresi, mineral gübre ve kombinasyonlarının işlenmiş ve işlenmemiş topraklardaki toprak özellikleri, yaprak besin konsantrasyonları ve verime etkileri incelenmiştir. Kontrole göre bütün uygulamaların toprak total azot, alınabilir fosfor, değişebilir potasyum, kalsiyum ve magnezyum konsantrasyonları yanı sıra yaprakta N, P, K, Ca ve Mg içeriklerinde artış olduğu belirlenmiştir. Çiftlik gübresinin topraktaki pH, N, Ca, Mg değerlerini mineral gübre uygulamalarına göre artırdığı tespit edilmiştir. Kombine uygulamaların tek başına çiftlik gübresi ve NPK uygulamalarına göre toprak ve yapraktaki N, P, K konsantrasyonlarını ve yumru verimini artırdığı söylenmiştir.

Çıtak ve ark. (2011) tarafından yürütülen bir çalışmada, vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmaya göre, bitki gelişimi, verim, mineral madde kapsamı ve toprak verimliliği parametrelerine ahır gübresi daha etkili olurken, vermikompostlu uygulamalar da kontrole oranla önemli artışlar gösterdiği bulunmuştur. Bitkinin Fe içeriği ile toprağın Ca içeriği üzerine vermikompost uygulaması en iyi sonucu vermiştir. Toprağın pH, EC ve organik madde değerleri tüm uygulamalarda kontrole oranla artışlar göstermiş ve toprağın N, P, K ve Mg içeriklerine ahır gübresi uygulamalarının daha etkili olduğu tespit edilmiştir.

Azbar ve ark. (2006) tarafından yapılan bir araştırma sonucuna göre, zeytin karasuyu içerisinde hala yağ bulundurduğundan dolayı su üzerine yayılıyor ve oksijen alımını, güneş ışığı geçişini azaltarak ortamlarda ki biyolojik yaşam formlarını, fauna ve flora gelişimini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Beraberinde zeytin karasuyunun içerdiği organik madde oranı yüksek olmasından dolayı, çözünmüş oksijenin tüketilmesine neden olarak alandaki aerobik yaşamdan anaerobik formlara dönüşmesine neden olmaktadır.

Püskülcü ve ark. (1995) tarafından toprakların organik madde içeriğini arttırmak amacıyla yapılan bir çalışmada karasudan elde edilen tortunun zeytinde gübre olarak kullanılabileceği gösterilmiştir. Araştırmada fabrikalardan sıvı atık olarak çıkan karasu dinlendirme havuzlarında bir süre bekletilerek buharlaştırılmış, bu arada bir kısmı da çamur olarak dibe çökmüştür. Karasu tortusu dibe çöken çamurların 5 ay bekletilip

kurutulmasıyla elde edilmiştir. Bekletilme ile organik maddesi %37'lere ulaşmıştır. Araştırmada elde edilen karasu tortusunun 40 ve 80 kg.lık iki dozu azot ve kireç katkısı sağlanarak taç izdüşümüne serpilmiş ve üstü toprakla kapatılmıştır. İki yıl üst üste yapılan uygulamalardan sonra alınan toprak örneklerinde fitotoksik bir etkiye rastlanmamış ve hasat sonrası ürün arttırıcı yönde önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Çengel ve ark. (1988)'nin Tariş tarafından desteklenen bir çalışmada dekara 6 ton karasu uygulaması halinde toprakta mikrobiyolojik aktivitenin arttığı ve olumlu sonuçlar alındığı, ancak karasu ilavesinin toprak pH değerlerinde düşmesine neden olduğu için uzun süreli kullanımlarda topraklara kireç ilavesi gerekebileceği belirlenmiştir.

Yapılan başka bir araştırmada Cayuela ve ark. (2008), karasuyun zararlılara karşı olumsuz etkilerinden faydalanma yöntemleri araştırılmıştır. Laboratuar koşullarında iki faz zeytinyağı işletme atıklarının ve bu atıklardan oluşturulan kompostların farklı bitki patojenleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonuçlarında bu atıkların ve kompostların sürdürülebilir tarım sistemi içerisinde biyopestisit olarak kullanılma potansiyeline sahip olabilecekleri bildirilmiştir.

Ait Baddi ve ark. (2009)'nın yapılan benzer bir araştırmasında, zeytin karasuyunun buğday samanı ile kompostlaştırılması sürecinde fenolik bileşiklerdeki nitelik ve nicelik değişimleri bir başka araştırmada çalışılmıştır. Polifenol kapsamı ile hümfikasyon ve lignin kaybı arasındaki bağlantı nedeniyle polifenollerin hümfik madde sentezine katkı sağladığı ileri sürülmüştür. Fenolik bileşiklerin çoğu, kompostlaşma sürecinde ortadan kaybolmuştur. Sonuç ürününde hidrokstitirozol, kaffeik ve syringik asit ve oleuropein bulunmuştur

Oruç (2012)'nin bildirdiğine göre, zeytinyağı fabrikası sıvı atığı karasu Akdeniz ülkelerinde olduğu gibi Türkiye'de de önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Örneğin 2011-2012 kampanya döneminde yaklaşık 123 milyon zeytin ağacından toplanacak 900.000 ton civarındaki zeytinin işlenmesiyle 900.000 m³ dolayında karasu oluşması beklenmiştir. Karasuyun araziye veya sucul bir ortama dikkatsizce ve yasal olmayan bir şekilde deşarj edilmesi önemli çevre sorunlarına neden olmaktadır. Halen karasuyun bertarafında ticari olarak uygulanabilecek bir arıtma yöntemi geliştirilememiştir. Bunun nedeni karasudaki yüksek fenol, lipid, organik madde yükleri ve fitotoksik etkileriyle ilgilidir. Bununla birlikte bu atıklar büyük ölçüde organik madde

ve geri kazanılması mümkün olan özellikle N ve K gibi bitki besin elementlerini içermektedir. Oruç (2012)'e göre, Yurdumuz topraklarının organik maddece fakir olması, çeşitli tarımsal atıkların değerlendirilmesini gerektirmektedir. Bu nedenlerden dolayı, karasuyun içerdiği humik ve fulvik asit benzeri maddelerin irdelenmesi amacıyla (FTIR) yöntemiyle yurt içinde yapılan bir araştırmada ve İtalya ve İspanya'da yapılan çeşitli araştırmalarda karasu/kekinde humik ve fulvik asit benzeri maddelerin bulunabileceği belirtilmiştir. Karasuyun özellikle ön işleme takiben toprağa ilavesi veya diğer organik kökenli maddelerle kompost yapılması sonucu doğal topraktaki humik asit benzeri bileşiklerin oluştuğu ve toprak düzenleyici olarak kullanılabilecekleri vurgulanmaktadır.

Doğan ve ark. (2007)'nın ve bazı diğer araştırmacılarının da belirttiğine göre, toprakların mikrobiyel aktiviteleri, tarımsal verimlilikle çok yakından ilgilidir. Toprağın canlı ve dinamik bir yapı kazanmasını sağlayan toprak organizmaları, gram topraktaki sayıları birkaç yüzden milyarlar kadar değişebilen ve toprak oluşumu ile verimliliği açısından son derece önemli olaylara katkıları olan canlılardır. Bitkilerin ihtiyacı olan birçok makro ve mikro elementler, mikroorganizmalar yardımıyla çeşitli sentez ve analizler sonucunda yararlı hale dönüştürülürler. Mikroorganizmalar bu faaliyetlerini kendileri için gerekli olan besin ve enerjileri temin ederken gerçekleştirirler. Toprak mikroorganizmaları ve bu organizmaların faaliyetlerinin tarımsal alanlarda ayrı bir önem kazanması, bu organizmaların toprak organik maddesini parçalanması, bitkilerce alınmış besin maddelerinin tekrar topraklara kazandırılması, havada bol bulunan azotun bitkilerce alınabilir formlara dönüştürülmesi, toprakta verimliliğin devamlılığı için çok gerekli olan humusun oluşması, azot ve kükürt gibi bazı elementlerin oksitlenerek bitkilerce alınabilir formlara sokulması ve ham fosfatın yararlılığının artırılması gibi olayları gerçekleştirmeleri yanında onların toprakların oluşumundan itibaren topraklarda cereyan eden saf kimyasal olaylar dışındaki tüm olaylara katılmalarından kaynaklanmaktadır (Haktanır ve Arcak, 1997; Gök ve ark., 2006).

Köksal ve ark. (2017)'de yaptıkları bir çalışmada, sera koşullarında farklı dozlarda vermikompost uygulamasının pazı (*Beta vulgaris L. var. cicla*) bitkisinin gelişimi ve toprağın bazı özellikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Deneme vermikompostun 0, 250, 500, 750, 1000 kg/da dozları ile tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü ve iki paralelli olarak kurulmuştur. Hasattan sonra bitkinin yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak boyu ve eni, yaprak alanı ve toprağın pH, tuz, kireç ve organik madde

içeriği belirlenmiştir. Deneme sonunda elde edilen verilere göre yapılan vermikompost uygulaması bitki yaş ve kuru ağırlığı ile yaprak enini istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) seviyede etkilemiştir. Ancak toprak özellikleri kireç hariç yapılan vermikompost uygulamasından etkilenmemiştir.

Marschner ve ark. (2003)'a göre, organik materyalin parçalanmasında, C:N oranı ile zaman arasındaki ilişkiyi inceleyen bazı araştırmacılar, C:N oranı 40:1 olan organik materyalin parçalanma süresini uygun koşullarda 2-4 hafta olarak bulmuşlardır. C:N oranı 25:1 olduğu zaman bu süre 1-2 hafta olmaktadır. Bunun önemi şöyle açıklanmıştır: Toprağa herhangi bir organik materyal verildiği zaman belirli bir sürenin geçmesine gerek vardır. Bu süre sonunda mineralizasyon başlar ve bitkiler toprakta yarayışlı halde bulunan azottan yararlanabilirler. Bu nedenle toprağa ekimden önce organik materyal karıştırılırsa bu materyalin C:N oranının bilinmesi ve ekim zamanının buna göre ayarlanması gerekmektedir. Öte yandan C/N oranı büyük olan materyalin toprağa karıştırılması halinde parçalanma süresini kısaltmak için azotlu gübrenin aynı zamanda toprağa verilmesi gerekmektedir. Böylece organik materyalin C:N oranı düşer ve mikroorganizmaların etkilerini tamamlama süresi de kısaltılmış olur.

Yapılan bu araştırmada karasu etkisi ile Toprak organik materyalinin topraklarda kalıcılık sürelerinin ve mikrobiyal ayrışmaya karşı dirençlerinin arttırılması amaçlanmıştır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu araştırma Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne ait iklim odası koşullarında yapılmıştır.

Deneme öncesi bazı toprak analiz sonuçlarına göre, saturasyon çamurunda yapılan pH 7.85 ve tuz %0.024, kireç %27, organik madde % 1.74, K₂O 88 kg da⁻¹, P₂O₅ 3.11 kg da⁻¹, bünye sınıfı killi tın olarak belirlenmiştir. Deneme öncesi toprakların CO₂, DHA ve MBC içerikleri ise sırasıyla 427 µg g kt⁻¹, 34.58 µg TPF g kt⁻¹ ve 220 µg g kt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Denemelerde kullanılan karasu materyali, proje başladıktan sonra temin edilmiş ve bazı özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan solucan gübresi (SG) ve çiftlik gübresinin (ÇG) özellikleri aşağıda verilmiştir.

Solucan gübresi (SG): Solucanların dışkıları ve çeşitli organik materyallerinin karışımından oluşan kompost gübrelerdir. Araştırmada kullanılan solucan gübresinin organik madde içeriği % 44, N, P, K içerikleri sırasıyla % 2.6-0.18-0.25'dir. pH değeri ise 7.6 olarak belirlenmiştir.

Çiftlik gübresi (ÇG): Araştırmada kullanılan ahır gübresi, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat fakültesi işletmelerinden elde edilmiş olup, herhangi ekstrem içeriğe sahip olmayan normal sınırlar içerisinde değerlere sahip bir organik materyaldir. Organik madde içeriği, % 52, N, P, K içerikleri sırasıyla % 1.7-0.16-0.71'dir. pH değeri ise 8.2 olarak belirlenmiştir.

Zeytin Karasuyu (KS): Zeytinin zeytinyağına dönüştürülmesi sırasında meydana gelen zeytin karasuyu; zeytinin içerisindeki özsu, zeytin yıkama suları, proses sırasında katılan su ve pirinadan sızan suların toplamından meydana gelmektedir (Ben Sassi ve ark., 2006). Bu atıksu; koyu renk, yüksek bulanıklık, kötü koku, yüksek miktarda askıda katı madde, yüksek organik madde konsantrasyonları ile karakterize edilmekte ayrıca yağ ve fenolik bileşikler gibi kirletici özelliği yüksek olan maddeleri içermektedir (Erdem ve ark., 2015).

3.2. Yöntem

Araştırmada kullanılan solucan gübresi ve çiftlik gübresi, 1:0.5, 1:1 ve 1:2 oranlarında olacak şekilde zeytinyağı atığı karasu (KS) ile homojen bir biçimde fiziksel olarak karıştırılarak hazırlanmış ve deneme materyali gübreler olarak hazırlanmıştır. Organik madde, karasu karışımları 30 gün süre ile 28 °C sıcaklıkta iklim odası koşullarında inkübe edilmiştir. İnkübasyon süresi boyunca karışımların tarla kapasitesi nem içeriği korunmuştur. Bu sayede karasuyun organik madde içerisine tamamıyla nüfuz etmesi sağlanmış ve araştırma materyali olan organik karışımlar elde edilmiştir (Şekil 3.1). 30 günlük inkübasyon süreci sonunda elde edilen organik karışımlarda ve T0, SG, ÇG, TSG ve TÇG, deneme öncesi (sıfırıncı gün) varyant topraklarında organik madde (OM), toprak solunumu (CO₂ üretimi), Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içerikleri, pH ve tuzluluk (EC) analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.1. Deneme materyali karışımların hazırlanması ve analiz aşamalarından bir görünüm

İnkübe edilmiş OM ve KS karışımları Çizelge 3.1’de belirtildiği gibi topraklara %20 oranlarında karıştırılmış ve tarla kapasitesi nem düzeyine getirilmiştir. Çizelge

3.1’de verilmiş varyantlar oluşturulduktan sonra 17 uygulama iklim odası koşullarında 28 °C sıcaklıkta inkübasyona tabii tutulmuştur. Tarla kapasitesi nem düzeylerini korumak için, deneme başında tarla kapasitesine getirilmiş her bir toprak dolu örnek kabının ağırlığı alınmış ve her gün tartımı yapılarak nem düzeyleri kontrol altında tutulmuştur. İnkübasyonun 7-15-30-60-90 ve 120. günlerinde toprak uygulamalarında (9-17), toprak organik madde (TOM), toprak solunumu (CO₂ üretimi), dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA), mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içerikleri, pH ve tuzluluk (EC) analizleri yapılmıştır. Deneme, 8 organik ve 9 toprak uygulaması ile birlikte toplam 17 farklı uygulamadan oluşmaktadır. Karasu ile farklı oranlarda karıştırılıp 30 gün boyunca inkübe edilmiş organik materyallerin uygulandığı toprak deneme varyantları 9 uygulamadan oluşmakta olup, 6 ölçüm günü ve 3 tekerrürlü olacak şekilde toplamda 162 örnekten oluşmuştur. Proje için üretilen organik madde+karasu karışımlarının 30. inkübasyon gününden sonra inkübatör işlemi bitirilmiştir. İnkübasyon sonunda toprağa karıştırılan organik materyallerde yapılan ilk ölçüm günü karışımın yapıldığı ilk gün (0.gün) olarak belirlenmiştir. Organik karışımların %20 oranında karıştırıldığı topraklar iklim odası koşullarında inkübe edilmiş ve deneme bitene kadar her ölçüm gününde belirlenen analizlere tabii tutulmuştur.

Deneme öncesi ve sonrasında yapılan toprak analizlerine ait yöntemler aşağıda belirtilmiştir:

Tekstür: Toprakların bünye analizleri, Bouyoucos (1951) tarafından esasları verilen, hidrometre yöntemiyle yapılmıştır.

Toprak Organik Madde (TOM): Modifiye edilmiş Lichterfelder yaş yakma yöntemine göre yapılmıştır (Schlichting ve Blume, 1966).

Total Tuz: Örneklerin doygunluk çamurları hazırlanarak ve total tuz Wheatstone köprüsü yöntemi ile saptanmıştır (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Toprak Reaksiyonu (pH): Saturasyon çamurlarında cam elektrodlu Beckman pH metresiyle ölçülmüştür (U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954).

Toprak Solunumu (CO₂): Toprak solunum analizi (CO₂ üretimi) Isermayer (1952) yöntemine göre yapılmıştır.

Dehidrogenaz Enzim Aktivitesi (DHA): Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA) analizi Thalman (1967)’e göre yapılmıştır.

Mikrobiyal Biyomas karbon İçeriği (MBC): Mikrobiyal biyomas karbon (MBC) analizi, Öhlinger (1993)'e göre yapılmıştır.

Çizelge 3.1. Araştırmada kullanılan organik materyal karasu karışımları ve deneme varyantları

Uyg		Karasu ve Organik gübre	
No	Uygulama	Karışımları	Kompoze Oranları
1	SG	Solucan Gübresi : Sıfır Karasu	1 Kg SG
2	ÇG	Çiftlik Gübresi : Sıfır Karasu	1 Kg ÇG
			1Kg SG + 0.5 Kg
3	SG KS1	Solucan Gübresi: SG +1/2 Karasu :KS/2	KS
4	SG KS2	Solucan Gübresi: SG +1 Karasu : 1 KS	1Kg SG + 1 Kg KS
5	SG KS3	Solucan Gübresi: SG +2 Karasu :2 KS	1Kg SG +2 Kg KS
			1Kg ÇG + 0.5 Kg
6	ÇG KS1	Çiftlik Gübresi: ÇG +Karasu :KS/2	KS
7	ÇG KS2	Çiftlik Gübresi: ÇG +Karasu :KS	1Kg ÇG + 1 Kg KS
8	ÇG KS3	Çiftlik Gübresi: ÇG + 2 Karasu : 2KS	1Kg ÇG +2 Kg KS
Toprak ve Topraklara uygulanan organik			
		materyaller	Kompoze Oranları
9	T0	Toprak: T-Sıfır organik ve karasu uygulaması	1 Kg T
10	T SG	Toprak + % 20 Solucan Gübresi	1 Kg T + %20 SG
11	T ÇG	Toprak + % 20 Çiftlik Gübresi	1 Kg T + %20 ÇG
			1Kg SG + 0.5 Kg
12	T SG KS1	% 20 (Solucan Gübresi: SG +1/2 Karasu :KS/2)	KS
13	T SG KS2	% 20 (Solucan Gübresi: SG +1 Karasu : 1 KS)	1Kg SG + 1 Kg KS
14	T SG KS3	% 20 (Solucan Gübresi: SG +2 Karasu :2 KS)	1Kg SG +2 Kg KS
			1Kg ÇG + 0.5 Kg
15	T ÇG KS1	% 20 (Çiftlik Gübresi: ÇG +Karasu :KS/2)	KS
16	T ÇG KS2	% 20 (Çiftlik Gübresi: ÇG +Karasu :KS)	1Kg ÇG + 1 Kg KS
17	T ÇG KS3	% 20 (Çiftlik Gübresi: ÇG + 2 Karasu : 2KS)	1Kg ÇG +2 Kg KS

Toplam azot (%): Toplam azot miktarı modifiye Kjeldahl metoduna göre tayin edilmiştir (Kacar 1995).

Alınabilir fosfor: Toprakların alınabilir fosfor miktarları Olsen metoduna göre belirlenerek, sonuçlar mg/kg olarak verilmiş ve Olsen ve Sommers'a (1954) göre sınıflandırılmıştır

Değişebilir potasyum: Topraklar 1 N Amonyum Asetat (pH:7) metodu kullanılarak (Kacar 1995)' a göre yapılmıştır.

Kireç: Scheibler kalsimetresi ile belirlenmiştir (Çağlar, 1949).

İstatistiki Değerlendirme

Araştırmada elde edilen veriler MSTAT-C paket programı yardımıyla (Crop and Soil Sciences Department, Michigan State University, Version 1.2) varyans analizine tabii tutulacaktır ve Duncan testi uygulanarak gruplandırılmıştır.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

4.1. Toprak Solunumu (CO₂) Sonuçları

Araştırma uygulamalarının 6 farklı ölçüm gününde toprak solunumuna (CO₂) genel etkileri ve istatistiksel sonuçları Çizelge 4.1’de verilmiştir. Uygulamaların zamanla değişen genel etkileri Şekil 4.1’de, verilmiştir. Uygulamaların CO₂ değerlerine ait genel ortalama sonuçları Şekil 4.2’de, farklı ölçüm günlerinin ortalama sonuçları Şekil 4.3’te verilmiştir.

Şekil 4.1’de yer alan değerler, araştırma uygulamalarına ait zamanla değişen tüm CO₂ sonuçlarıdır. CO₂ sonuçları, zamanla ve farklı uygulamalarla değişimler göstermiş olup bu değişimler istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.1). En düşük CO₂ değerleri son ölçüm günü olan 120. gün sonuçlarında en yüksek değerler ise sıfırıncı günde belirlenmiştir.

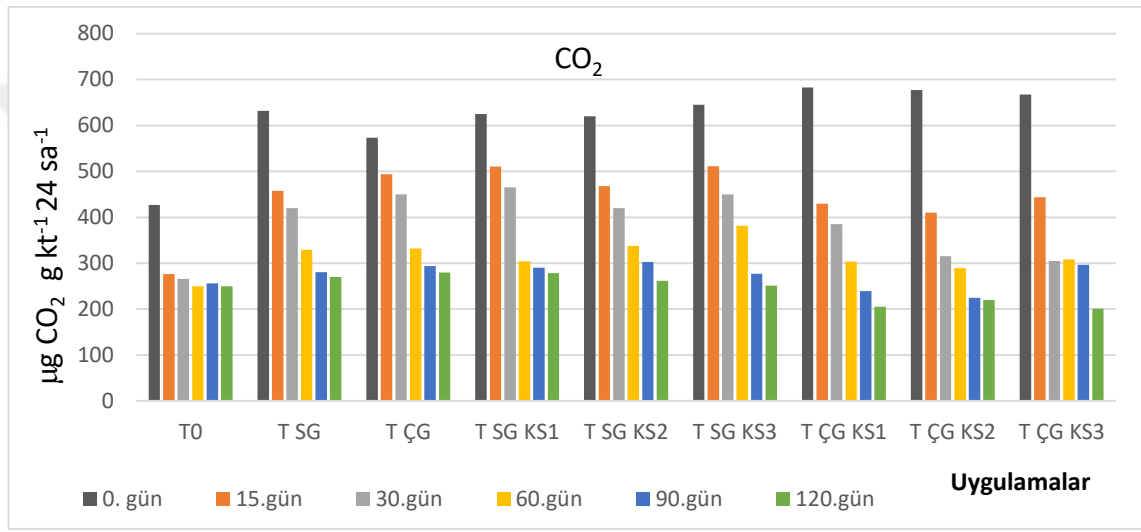
Çizelge 4.1. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre uygulamalarının toprakta mikrobiyal CO₂ ($\mu\text{g CO}_2 \text{ gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$) oluşumuna etkileri

Uygulamalar	GÜNLER							Uyg.G.Ort.
	0. gün	15.gün	30.gün	60.gün	90.gün	120.gün		
T0	427 g-i	276 m-r	266 n-s	249 g-t	256 p-t	250 g-t		287 E
T SG	632 b-c	458 f-h	420 h-i	330 kl	280 m-r	270 m-r		398 B
T ÇG	573 d	494 ef	450 g-i	332 kl	294 k-q	280 m-r		404 AB
T SG KS1	625 c	511 e	465 fg	304 k-o	290 l-q	278 m-r		412 AB
T SG KS2	620 c	468 fg	420 h-j	338 k	303 k-o	261 o-t		402 B
T SG KS3	645 a-c	511 e	450 g-i	382 j	277 m-r	251 q-t		419 A
T ÇG KS1	682 a	429 g-l	385 j	304 k-o	239 r-u	205 u		374 C
T ÇG KS2	677 a	410 ij	315 k-m	289 l-q	225 s-u	220 tu		356 D
T ÇG KS3	668 ab	444 g-l	305 k-o	308 k-n	297 k-p	201 u		370 CD
Gün. G.Ort	616 A	445 B	386 C	315 D	273 E	246 F		

Sıfırıncı gün (0.gün) sonuçlarına göre araştırma uygulamalarının neden olduğu en düşük CO₂ değeri T0 varyantında $427 \mu\text{g gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ ve en yüksek CO₂ değeri $682 \mu\text{g gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak T ÇG KS1 varyantında belirlenmiştir. Toprağa uygulanan SG ve ÇG varyantlarında belirlenen CO₂ değerleri sırasıyla 632 ve 573 $\mu\text{g gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olup SG varyantına ait değerlerin ÇG değerlerinden daha yüksek sonuçlar verdiği belirlenmiştir.

KS uygulanmış SG varyantlarına ait CO₂ değerleri 1., 2. ve 3. Doz KS için sırasıyla 625-620-645 olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ÇG için 682-677-668 olarak

belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre Artan KS dozları SG uygulamasında CO₂ değerlerini arttırmış fakat ÇG uygulamalarında düşürmüştür. KS'nin bu etkileri ÇG için beklenen bir etki olmasına rağmen SG için dalgalı bir sonuçtur. KS uygulanmış SG varyantına ait CO₂ değerleri, KS uygulanmış ÇG varyantından daha düşük sonuçlar vermiştir. Bu sonuçlara göre sıfırıncı günde, SG'nin KS içerisindeki toksik etkileri bertaraf etme potansiyelinin ÇG'den daha düşük olduğu sonucuna varılmıştır. Başka bir anlatımla ÇG'nin KS etkilerine karşı toleransı SG'den daha iyidir. Bu sonuç sıfırıncı gün ve CO₂ değerleri için belirlenmiş olup diğer günlerde ki etkilerden farklı bulunmuştur.



Şekil 4.1. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasusu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen CO₂ (µg CO₂ gkt⁻¹ 24 sa⁻¹) sonuçlarına etkileri

Araştırmanın 15.gün ölçüm sonuçlarına göre, T0 değeri 276 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ düşmüş olup diğer uygulamaların tamamı daha yüksek değerler vermiştir. En yüksek değerler 511 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak T SG KS1 ve T SG KS3 varyantlarında belirlenmiştir. 15.gün SG ve ÇG'ye ait değerler sırasıyla 458 ve 494 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak bulunmuş olup bu sonuçlara göre SG'deki düşme oranı ÇG'den daha fazla olmuştur. SG uygulamalarının 1., 2. ve 3. doz KS ile birlikte CO₂ değerleri sırasıyla 511-468-511 olarak belirlenirken aynı sıralamada ÇG sonuçları 429-410-444 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SG uygulamaları KS'nin olumsuz etkilerini ÇG'den daha iyi tolere etmiştir. Bununla beraber SG ve ÇG'ye ait CO₂ değerleri KS3 dozunda daha yüksek sonuçlar vermiştir.

Araştırmanın 30. ölçüm günü sonuçlarına göre KS'siz ÇG sonuçları SG'den daha yüksek bulunurken, KS'li SG varyantına ait CO₂ değerleri sırasıyla 465-420-450, ÇG'nin ise aynı sırayla 385-315-305 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. 30. gün sonuçlarına göre KS'un toksik etkileri ÇG'yi SG varyantlarından daha fazla etkilemiştir. Bir başka ifadeyle KS uygulamalarıyla, ÇG varyantları SG varyantından daha hassas CO₂ sonuçlarına neden olmuştur.

Araştırmanın 60. ölçüm günü sonuçlarına göre KS'siz SG ve ÇG sonuçları birbirine yakın değerlerde (330-332) olurken, KS'li SG varyantına ait CO₂ değerleri sırasıyla 304-338-382, ÇG'nin ise aynı sırayla 304-289-308 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. 60.gün sonuçlarına göre KS'nin toksik etkileri ÇG'yi SG varyantlarından daha fazla etkilemiş olup, SG'nin bu etkiyi daha iyi tolere ettiği belirlenmiştir.

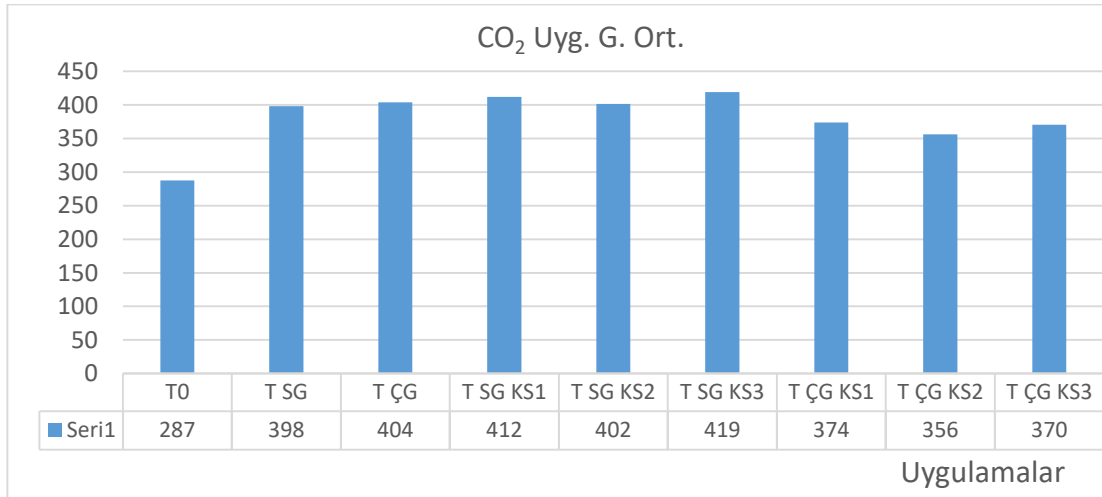
Araştırmanın 90. Ölçüm günü sonuçlarına göre KS'siz SG sonuçları (280) ÇG'den (294) daha düşük bulunurken, KS'li SG varyantına ait CO₂ değerleri sırasıyla 290-303-277, ÇG'nin ise aynı sırayla 239-225-297 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. KS'nin ilk iki dozu SG ile birlikte uygulandığında CO₂ değerlerini KS'siz SG uygulamalarına göre arttırmıştır. Bununla beraber KS'nin ilk iki dozunun ÇG ile birlikte uygulanması, KS siz ÇG değerlerine göre CO₂ değerlerinin daha düşük çıkmasına neden olmuştur.

Araştırmanın 120. Ölçüm günü sonuçlarına göre KS'siz SG sonuçları (270), ÇG'den (280) daha düşük bulunurken, KS'li SG varyantına ait CO₂ değerleri sırasıyla 278-261-251, ÇG'nin ise aynı sırayla 205-220-201 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. 120. gün sonuçlarına göre KS'nin toksik etkileri ÇG'yi, SG varyantlarından daha fazla etkilemiş olup, SG'nin KS'nin toksik etkisini daha iyi tolere ettiği tespit edilmiştir. Araştırma uygulamaları ve zaman varyantı CO₂ değerlerinde farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Şekil 4.2'e göre, karasu ve organik materyal uygulanmış tüm varyantlarda CO₂ değerlerine ait genel ortalama sonuçlarının daha yüksek olduğu ve Çizelge 4.2'e göre de bu değerlerin istatistiksel olarak önemli bulunduğu belirlenmiştir. Şekil 4.2 sonuçlarına göre organik materyal uygulanmamış (T0) toprakların CO₂ genel ortalama değeri 287 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olup en düşük değeri oluşturmuştur. En yüksek değer ise 419 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak solucan gübresi ve karasu 3. Doz uygulamalarında (T SG KS3) belirlenmiştir. Bunları sırasıyla, solucan gübresi ve karasuyun 2. dozunun uygulandığı (T SG KS2) 402 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak, karasu uygulanmayan çiftlik gübresi uygulaması (T ÇG) 404 µg

$\text{gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak ve solucan gübresi ile karasuyun 1. dozunun uygulandığı (T SG KS1) $412 \mu\text{g gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak tespit etmiştir.

Genel ortalama sonuçlarına göre, çiftlik gübresi (ÇG), solucan gübresi (SG) ve bu materyallerle birlikte uygulanan zeytin karasu atığı (KS) uygulanmamış, yalnızca topraktan oluşan sıfır uygulama varyantına (T0) ait CO_2 değerleri dolayısıyla toprak mikrobiyal aktivitesi diğer varyantlardan daha düşük bulunmuştur. Bir başka anlatımla araştırma uygulamalarının tamamı, kontrol varyantından daha yüksek CO_2 sonuçlarına neden olmuştur. Karasu uygulanmamış ÇG varyantına ait toprakların CO_2 sonuçları SG'ye göre daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlara göre solucan gübresinin CO_2 oluşumuna etkileri daha iyi bulunmuştur. Uygulamaların genel ortalama sonuçlarına göre karasu uygulanmış solucan gübresinin en iyi CO_2 sonuçları 2. Doz karasu uygulamalarında $412 \mu\text{g gkt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Karasuyun 3. Doz uygulaması ile birlikte uygulanan SG varyantında CO_2 değerlerinde düşüşler belirlenmiştir. Benzer şekilde ÇG ile birlikte uygulanan KS'nin 1. Dozu diğer dozlardan daha yüksek CO_2 sonuçlarına neden olmuştur. Genel ortalama sonuçlarına göre solucan gübresi uygulamaları, çiftlik gübresi uygulamalarından daha yüksek CO_2 değerlerine neden olmuştur. Uygulamalar arasında belirlenen bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.1).



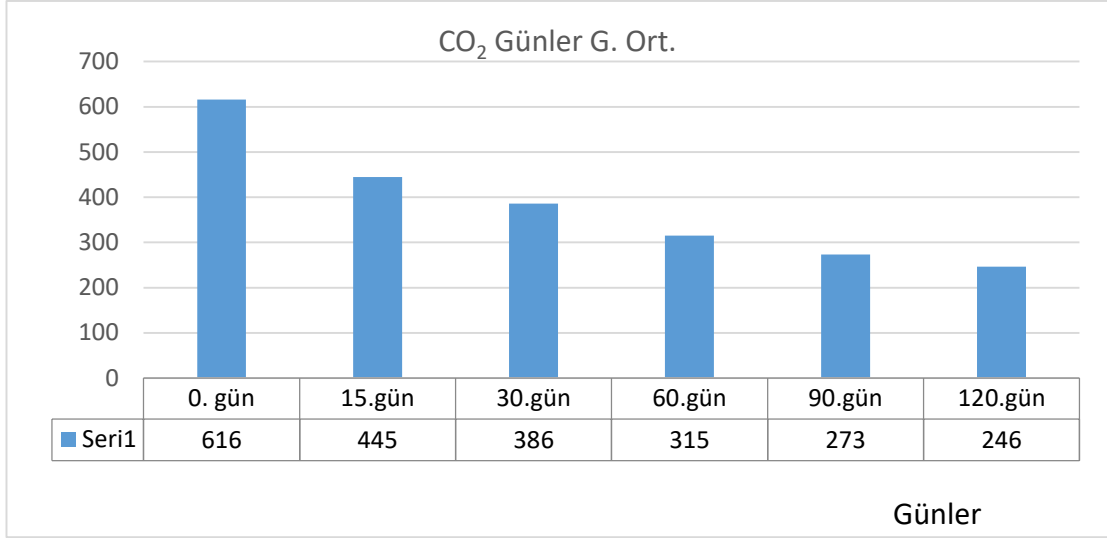
Şekil 4.2. Uygulamaların toprakta CO_2 genel ortalama sonuçlarına etkileri

Mekki ve ark. (2006) tarafından yapılan bir çalışmada, zeytin karasuyu uygulamalarının toprak mikrobiyal aktivitelerine etkileri belirlenmiştir. Araştırmada

mikrobiyal eklemeli ve eklemesiz iki ayrı varyantta 50-100-200 ve 400 m³ ha⁻¹ dozlarında karasu uygulamaları yapılmış topraklarda, su tutma kapasitesi, tuzluluk ve toplam organik karbon, humus, toplam azot, fosfat ve potasyum içeriği, karasu dozu miktarları ile orantılı olarak arttığı belirlenmiştir. Toprakların CO₂ aktivitesi karasu uygulamaları ile artmıştır. Araştırma sonuçlarına göre kontrol topraklarındaki CO₂ oranı, karasu uygulanan topraklardan daha fazla düşüşler göstermiştir. Bununla beraber 400 m³ ha⁻¹ karasu uygulanan topraklardaki CO₂ azalmaları daha az olmuştur. Aynı araştırma sonuçlarına göre karasu uygulamaları topraklarda mezofilik canlılarda artışlara neden olurken mantarlarda ve nitrifikantlarda düşüşlere neden olmuştur. Aktinomisetler ise karasu uygulamalarından etkilenmemiştir. Toplam koliforlar artan karasu uygulamaları ile artışlar göstermiştir. Mikroorganizma uygulanmamış karasuların toksik etkileri 100 ve 200 m³ ha⁻¹ dozlarında belirlenmiştir. Bu toksisite, toplam mezofilik mikrofloranın, mayaların ve küflerin, aktinomisetler ve nitrifikasyonların toplam koliformlar ve spor oluşturan bakteriler dışında ciddi şekilde inhibe edildiği 200 m³ ha⁻¹ uygulamalarında daha belirgin olarak tespit edilmiştir.

Şekil 4.3'e göre CO₂ değerlerinin farklı ölçüm günlerindeki genel ortalama sonuçları zamanla azalmıştır. En yüksek değerler ilk günlerde, en düşük değerler ise son ölçüm gününde belirlenmiştir. Deneme başlangıç günü olan sıfırıncı gün CO₂ genel ortalama değeri 616 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenirken 120. gün değeri 246 µg gkt⁻¹ 24 sa⁻¹ olarak belirlenmiştir. Araştırma ölçüm günleri arasında belirlenen bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli (p<0.05) bulunmuştur (Çizelge 4.1).

Topraktaki karbon ve azotun bir kısmı çözünebilir (soluble) bir kısmı da çok zor çözünebilir (black, inatçı) durumdadır. Ayrışması ve parçalanması zor olan inatçı karbon ve azotun miktarının fazla olması uzun dönem, kolay çözülebilen (soluble) karbonunda kısa dönem karbon döngüsüne etkisi çok önemlidir. Özellikle inatçı karbonun küresel ısınmaya neden olan sera gazlarından karbondioksitin (CO₂) tutulmasında, atmosferik CO₂'yi azaltmada ve küresel ısınmayı önlemede çok önemli bir rolü bulunmaktadır. Topraktaki uzun dönem karbon döngüsünün arttırılmasına en çok katkıda bulunan zor çözünebilir (kalıcı, inatçı) karbonun arttırılması çok önemlidir (Kuzyakov ve ark., 2009).



Şekil 4.3. Farklı  l  m günlerdeki CO₂ sonuçlarının genel ortalaması

Toprak organik maddesinin yaklaşık %48-50'sini toprak organik karbonu oluşturmakta, toprak mikrobiyal biyokütle karbonu ise toplam toprak karbonunun %1-3' n  oluşturmaktadır. Mikrobiyal aktivite toprağın karbon tutma potansiyeli üzerine etki eden önemli faktörlerdendir. Mikrobiyel biyokütlenin karbon olarak değerlendirilmesinin nedeni karbonun hücre yapısında en çok bulunan element olmasıdır. Toprakta C tutulma mekanizması atmosferik CO₂ seviyesini d   rmede önemli rol oynar fakat tutulan miktar iklim, ürün çeşidi ve toprak işleme tekniklerine bağlı olarak değişmektedir. Sparling (1993) ve Carter (2005), yeni yönetim sistemlerinin toprak organik maddesi üzerine etkilerini ortaya koymanın kısa sürede çok mümkün olmadığını, ancak toprağın biyokimyasal aktivitelerinin kısa süreli uygulamaların toprağın organik madde mineralizasyonu üzerine etkileri konusunda erken tepki veren biyolojik indikatörler olduğunu belirtmişlerdir. Bu indikatörler arasında da özellikle karbon ve azot döngülerinde görev alan  -glukosidaz ve Nacetyl- - D-glukozaminidaz (NAGaz) enzim aktiviteleri iyi birer indikat rt rl r. Genel olarak sıfır toprak işlemeli toprakların yüzeyinde (0-7 cm) organik C ve N miktarı fazla iken geleneksel toprak işleme yapılan topraklarda organik C ve N dağılımı toprağın 15 cm derinliğinde daha yüksek olmaktadır. Sıfır toprak işleme ve korumalı sürüm yapılan topraklarda toprak yüzeyinde kalan ürün artıkları mikroorganizmaya substrat görevi yapmakta ve biyokimyasal aktiviteler artmaktadır (Ekenler ve Tabatabai, 2003; Ramirez ve ark., 2007).

4.2. DHA Sonuçları

Araştırmada kullanılan 9 uygulama ve 6 ölçüm günlerinin toprakta dehidrogenaz enzim aktivitesine (DHA) etkileri, istatistiksel sonuçları ile birlikte Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge içinden alınan uygulamaların farklı günlerle ilişkileri ve interaksiyonlarının DHA değerlerinde oluşturduğu sonuçlar Şekil 4.4’te verilmiştir. Uygulamaların DHA sonuçlarına genel etkisi Şekil 4.5’te ve farklı günlerle değişen etkileri Şekil 4.6’da verilmiştir.

Dehidrogenaz enzim aktivitesi (DHA), toprak organik maddesinin oksitlenmesinde önemli olan ve canlı hücreler içinde aktif olan toprak mikroflorasının toplam oksidatif aktivitelerini yansıtır. Dehidrogenazın aktivitesi, aktif mikroorganizmaların sayısına dair sonuçlara ulaşmamızı sağlar. Bu enzim, toprak kalitesinin hassas bir göstergesi ve toprak yönetimindeki değişikliklerden dolayı toplam mikrobiyal aktivitedeki değişiklikleri göstermek için kullanılan geçerli bir biyobelirteç olarak kabul edilmiştir (Wang ve Allison, 2019; Fernández ve ark., 2012).

Çizelge 4.2. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen DHA ($\mu\text{g TPF gkt}^{-1}$) sonuçlarına istatistiksel etkileri

Uygulamalar	GÜNLER												Uyg. G.Ort
	0. gün		15.gün		30.gün		60.gün		90.gün		120.gün		
T0	34,58	h-k	20,16	m-q	18,00	n-r	16,00	n-r	11,54	qr	10,00	r	18,38 E
T SG	55,00	c	40,13	f-i	40,00	f-i	38,00	g-j	23,97	i-n	16,00	n-r	35,52 C
T ÇG	77,04	b	52,00	cd	43,00	e-h	30,00	j-l	28,42	k-m	21,00	m-p	41,91 B
T SG KS1	52,00	cd	38,13	g-j	28,00	k-m	17,19	n-r	15,00	n-r	9,00	r	26,55 D
T SG KS2	50,00	c-e	33,01	i-k	30,00	j-l	28,00	k-m	22,26	l-o	12,27	p-r	29,26 D
T SG KS3	54,61	c	39,01	g-i	35,00	h-k	29,00	k-m	23,64	l-n	14,00	o-r	32,54 C
T ÇG KS1	72,02	b	56,73	c	48,00	c-f	40,00	f-i	35,57	h-k	18,00	n-r	45,05 AB
T ÇG KS2	72,84	b	55,52	c	45,00	d-q	41,00	f-i	38,13	g-j	15,00	n-r	44,58 AB
T ÇG KS3	86,33	a	55,71	c	46,00	d-q	41,00	f-i	35,63	h-k	12,00	p-r	46,11 A
Gün G.Ort	61,60	A	43,38	B	37,00	C	31,13	D	26,02	E	14,14	F	

Sıfırıncı gün ölçüm sonuçlarına göre, araştırmada yer alan uygulamaların toprak DHA’a etkilerinin yer aldığı Şekil 4.4’a göre, tüm uygulamalarda belirlenen DHA genel ortalama sonuçları, sıfır uygulama topraklarından (T0) daha yüksek bulunmuştur. Karasu uygulaması yapılmamış T0, T SG ve T ÇG varyantlarında tespit edilen DHA genel ortalama sonuçları sırasıyla, 34.58, 55.00, 77.04 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu

sonuçlara göre KS'siz SG ve ÇG uygulamaları toprakta DHA değerlerini arttırmıştır. Bununla birlikte ÇG uygulamalarında belirlenen DHA değerleri SG uygulamalarından daha yüksek sonuçlar vermiştir. KS eklenmiş SG'li topraklarda belirlenen DHA değerleri, KS uygulamalarından çok az etkilenmiş olmakla beraber KS1 KS2 ve KS3 eklenmiş SG varyantlarına ait değerler 52.00, 50.00 ve 54.61 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak bulunmuş ve bu değerler KS'siz SG varyantlarının altında kalmıştır. Bir başka ifadeyle SG varyantına KS eklemeleri sıfırıncı gün topraklarda DHA değerlerini düşürmüş olup toprakta mikrobiyal ayrışmaların azalmasına neden olmuştur. KS eklenmiş ÇG uygulamalarında ise KS1 ve KS2 eklemeleri DHA değerlerini etkilememiş fakat ÇG ile birlikte uygulanmış KS3 karasu dozunun DHA değerlerini önemli ölçüde ($p<0.05$) arttırmış olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2).

Araştırmanın 15. Gün sonuçlarına göre KS'siz T0, T SG ve ÇG topraklarında tespit edilen DHA ortalamaları sırasıyla 20.16, 40.13 ve 52.00 $\mu\text{gTPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4). KS'siz 3 uygulama'da 15. Gün DHA değerlerinde azalmalar olmakla beraber SG ve ÇG varyantlarına ait değerler organik uygulamasız T0 topraklarından daha yüksek DHA sonuçlarına neden olmuştur. KS'nin 3 dozunun uygulandığı SG'li topraklarda belirlenen DHA değerleri sırasıyla 38.13, 33.01 ve 39.01 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiş olup bu değerler KS'siz SG uygulanmış topraklarda belirlenen DHA değerlerinden daha düşük bulunmuştur. KS'li SG uygulanmış topraklarda belirlenen DHA düşüşleri istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.2). KS'li ÇG uygulamaları artan KS dozlarına göre sırasıyla 56.73, 55.52 ve 55.71 $\mu\text{gTPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler SG uygulamalarından farklı olarak KS uygulamalarından olumsuz yönde etkilenmiş ve ÇG uygulanan topraklarda belirlenen DHA değerleri KS'li topraklara göre daha düşük sonuçlar vermiştir. ÇG uygulanan topraklarda KS'nin DHA sonuçları üzerindeki olumsuz etkileri önemli oranlarda ($p<0.05$) tolere edilmiştir. 15. Günde alınan DHA sonuçlarına göre, çiftlik gübresi (ÇG) uygulamalarının karasuyun toksik etkilerini bertaraf ettiği tespit edilmiştir.

30. gün DHA sonuçlarına göre KS'siz uygulama sonuçları diğer ölçüm günleriyle benzerlikler göstermiş ve SG ile ÇG değerleri T0 değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. KS uygulanan SG varyantlarında KS1, KS2 ve KS3 için belirlenen ortalama değerler sırasıyla 28, 30 ve 35 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile ÇG uygulanmış topraklarda tespit edilen DHA değerleri ise sırasıyla 48, 45 ve 46 olarak

belirlenmiştir. 15. Gün ölçümleriyle benzerlik gösteren bu sonuçlara göre, KS uygulanmış SG gübreleri topraklarda DHA değerlerini düşmesine neden olurken ÇG varyantlarında tersi bir durum oluşmuş ve ÇG'li topraklar KS uygulamalarından pozitif yönde etkilenerek DHA değerlerinin artmasına neden olmuştur. KS'li ÇG uygulamaları ile tespit edilen en yüksek DHA değerleri 15. ve 30. Günler için KS1 dozunda belirlenmiştir.

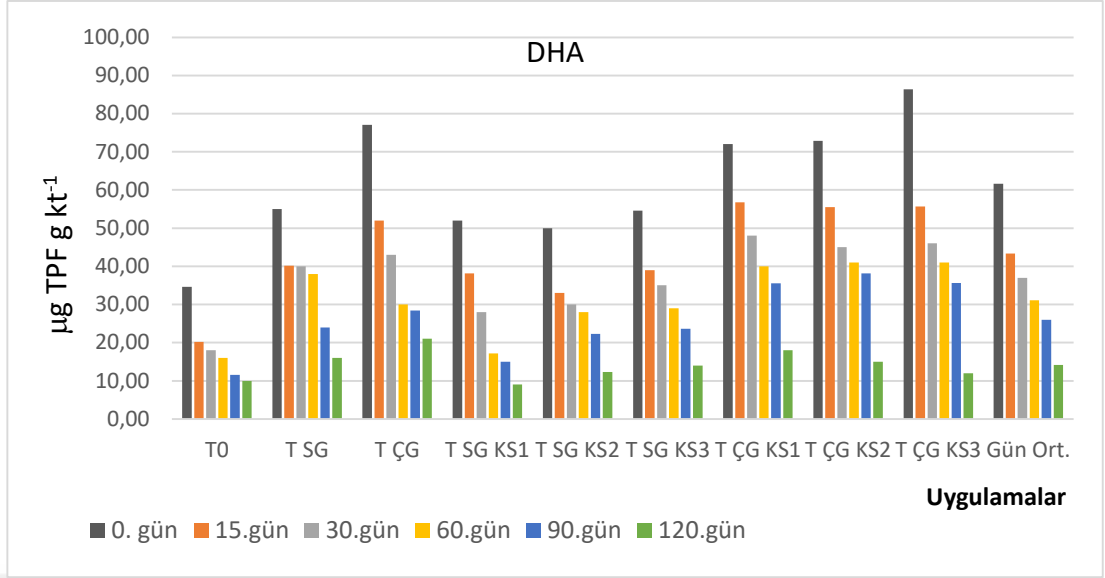
60. gün DHA sonuçlarına göre, KS'siz T0, SG ve ÇG değerleri sırasıyla 16, 38 ve 30 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre topraklara uygulanan SG ve ÇG, DHA değerlerini önemli derecelerde ($p<0.05$) arttırmıştır (Çizelge 4.2). KS'siz SG uygulamaları ÇG uygulamalarından daha yüksek DHA sonuçlarına neden olmuştur (Şekil 4.4 ve Çizelge 4.2). KS uygulanmış SG topraklarında belirlenen DHA değerleri sırasıyla 17.19, 28 ve 29 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu değerler KS'siz SG topraklarında belirlenen DHA değerlerinden önemli derecelerde ($p<0.05$) düşük bulunmuş olup, SG'li topraklarda KS uygulamaları mikrobiyal aktivitenin önemli göstergelerinden biri olan DHA'ı azaltmıştır. KS'li ÇG uygulanmış topraklarda, DHA değerleri ise sırasıyla 40, 41 ve 41 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. 0-15 ve 30 günlerle benzerlikler gösteren bu sonuçlardan farklı olarak ÇG'nin etkisi 60. gün ölçümlerde KS'siz ve KS'li uygulamalar arasındaki en büyük farkı vermiştir. Bu sonuçlara göre ÇG uygulamaları 60. Günde KS'nin toksik etkilerinden en az düzeyde etkilenmiş ve mikrobiyal aktivitenin artmasına neden olmuştur. Bir başka bakış açısına göre KS'nin toprak mikrobiyal aktiviteleri üzerindeki toksik veya olumsuz etkileri, ÇG uygulamasıyla birlikte 60. Günde azalmaya başlamıştır. Bununla beraber SG uygulamalarında hala toksik etkiler devam etmiştir. Bu durumda KS'nin toksik etkileri SG'ye göre ÇG uygulamalarında daha fazla bertaraf edilmiştir.

90. gün DHA sonuçlarına göre, KS uygulanmamış toprak (T0), solucan gübreli (SG) ve çiftlik gübreli (ÇG) topraklarda tespit edilen DHA ortalamaları sırasıyla, 11.54, 23.97 ve 28.42 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SG ve ÇG uygulamaları ile, DHA değerlerinin artışı T0 topraklarından daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte ÇG uygulamalarına ait toprakların DHA değerleri SG uygulamalarından daha yüksek bulunmuştur. Tespit edilen bu farklılıklar istatistiksel olarak (Çizelge 4.2) önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. 60. gün sonuçlarıyla benzer olarak KS'li SG uygulamaları DHA değerlerinin azalmasına neden olurken artan dozlarla belirlenen ortalama değerler

sırasıyla 15, 22.26 ve 23.64 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. KS'li SG uygulanmış toprakların 90. gün sonuçlarında, 60. günden farklı olarak KS3 dozunda diğer KS dozlarına göre artışlar tespit edilmiştir. Bunun olası nedeni KS uygulamasının toksik etkilerinin 90. günde azalmış olabileceğidir. KS'li ÇG uygulanmış topraklarda belirlenen DHA değerleri ise daha önceki ölçüm günlerinde olduğu gibi KS'siz uygulamalardan daha yüksek sonuçlar vermiştir. 90. gün sonuçlarına göre KS'li ÇG uygulanmış topraklarda en yüksek DHA sonuçları KS2 dozunda 38.13 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

Araştırmanın son ölçüm günü olan 120. gün sonuçlarına göre DHA değerlerini düşmüş olduğu görülmektedir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.4). Karasu (KS) eklenmemiş T0, SG ve ÇG varyantlarına ait DHA değerleri sırasıyla 10, 16 ve 21 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SG ve ÇG uygulamaları 120.gün sonuçlarında da T0 varyantından daha yüksek sonuçlar vermiştir. KS'li SG uygulamaları artan KS dozlarıyla sırasıyla 9.00, 12.27 ve 14.00 $\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiş olup ÇG uygulamalı sonuçlar aynı sıralamada 18.00, 15.00 ve 12.00 mg TPF g kt^{-1} olarak belirlenmiştir. 120. Gün sonuçlarında, diğer ölçüm günleriyle benzer olarak KS'li SG uygulamaları KS'siz SG uygulanmış topraklardan daha düşük DHA sonuçları vermiştir. ÇG uygulamalarında ise KS uygulamalarıyla önemli düşüşler belirlenmiştir. Uygulamalar DHA değerlerinde farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.2).

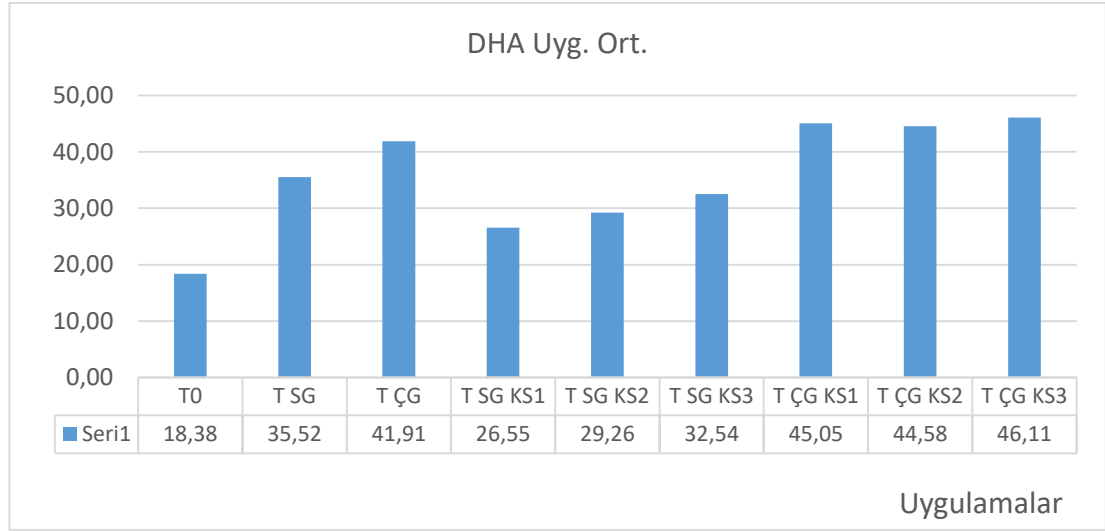
Araştırma uygulamalarının DHA'e genel etkilerinin yer aldığı Şekil 4.4'e göre, tüm uygulama sonuçları T0 değerlerinden daha yüksek sonuçlar vermiştir. T0, SG ve ÇG varyantlarında belirlenen DHA değerlerinin genel ortalama değerleri sırasıyla 18.38, 35.52 ve 41.91 $\mu\text{gTPF g kt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu değerlere göre SG ve ÇG uygulanan topraklarda DHA değerleri önemli ($p<0.05$) derecelerde artışlar göstermiştir. Bununla beraber SG uygulamalarıyla belirlenen DHA değerleri ÇG uygulama topraklarından daha düşük bulunmuştur. KS eklenmiş SG uygulamalarının KS1, KS2 ve KS3 dozlarıyla değişen DHA değerlerinin genel ortalama sonuçları sırasıyla, 26.55, 29.26 ve 32.54 $\mu\text{gTPF g kt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.



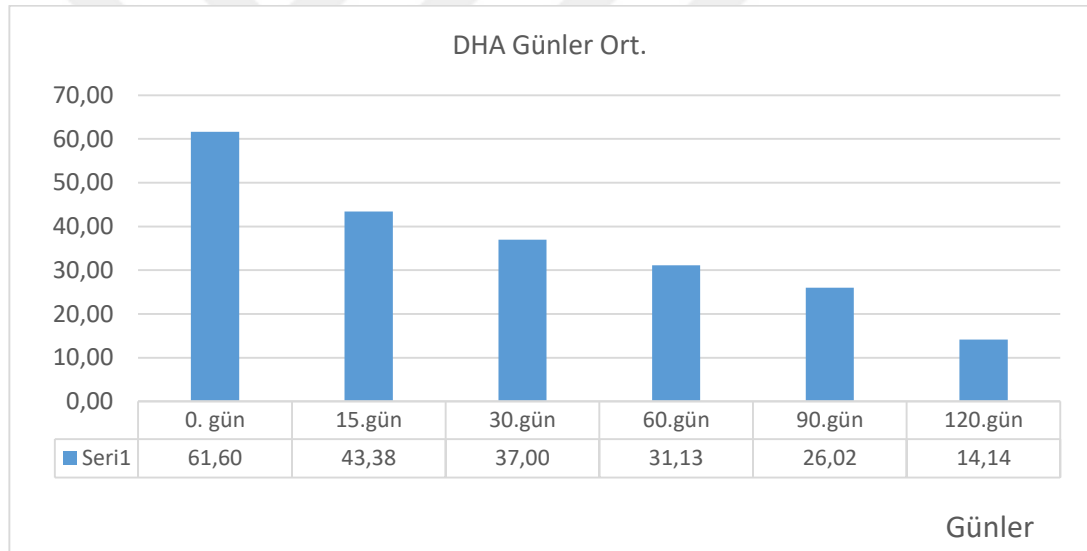
Şekil 4.4. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen DHA ($\mu\text{g TPF g kt}^{-1}$) sonuçlarına etkileri

Bu sonuçlar KS eklenmemiş SG topraklarında belirlenen DHA değerlerinden daha düşük bulunmuş olup KS eklemeleri genel ortalama sonuçlarına göre DHA değerlerini azaltarak mikrobiyal aktivitenin önemli ölçülerde ($p < 0.05$) azalmasına neden olmuştur. KS eklenmiş ÇG topraklarında belirlenen DHA değerleri artan dozlara göre sırasıyla, 45.05, 44.58 ve 46.11 $\mu\text{gTPF g kt}^{-1} 24 \text{ sa}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre, ÇG uygulamaları, SG uygulamalarına nazaran, KS eklemelerinden etkilenmemiş ve DHA değerlerinde genel ortalamaya yansıyan önemli artışlara neden olmuştur. Genel ortalamaya yansıyan sonuçlara göre araştırma uygulamaları DHA değerleri arasında farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur.

Şekil 4.5'te araştırma uygulamalarının DHA üzerindeki etkilerinin 6 farklı ölçüm gününde belirlenen DHA sonuçlarının genel ortalaması verilmiştir. Denemenin başladığı gün sıfıncı gün olarak belirlenip her uygulamadan alınan örneklerde yapılan DHA analiz sonuçlarına göre 0, 15, 30, 60, 90 ve 120. gün DHA genel ortalama değerleri sırasıyla, 61.60, 43.38, 37.00, 31.13, 26.02 ve 14.14 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre DHA aktivitesinin zamanla düştüğü ve mikrobiyal aktivitelerin azaldığı belirlenmiştir. Sıfır ve 120. gün değerleri arasındaki farklar incelendiğinde en yüksek fark oranının T SG KS1 ile T ÇG KS3 varyantlarında sırasıyla % 82.69 ve %86.10 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.5. Karasu ve organik Uygulamaların toprakta DHA genel ortalama sonuçlarına etkileri



Şekil 4.6. Karasu ve organik Uygulamaların zamanla değişen DHA sonuçlarına genel etkileri

Toprak mikrobiyal aktivitelerinin önemli göstergelerinden olan enzimlerle ilgili yapılan bir araştırmada Kotsou ve ark. (2004), zeytin karasu atığı eklenmesinden hemen sonra toprak solunumunda genel bir artış tespit etmişlerdir. Piotrowska ve ark. (2006), karasu eklenmiş topraklarda, toprak solunumu, dehidrojenaz ve üreaz aktivitesinde artışlar belirlemiş ancak fosfataz, b-glukosidaz, nitrat redüktaz ve difenol oksidaz aktivitesinde azalmalar olduğunu rapor etmişlerdir.

Zeytin yetiştiriciliğinin fazla olduğu Akdeniz ülkelerinde, zeytin karasuyunun topraklara direk uygulanması ile ilgili birçok araştırma yapılmıştır. Bu tür araştırmalar genellikle zeytin bahçelerinde ve toprak organik maddesi düşük topraklarda yapılmaktadır (Belaqziz ve ark., 2008; Magdich ve ark. 2013). Yapılan birçok benzer araştırma sonuçlarına göre zeytin karasuyu uygulamaları, toprak verimliliğine ve mikrobiyal aktivitelerine faydalar sağlayabilmektedir (Cereti ve ark., 2004; Mechri ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2016; Doğan ve ark., 2018).

Cooper ve Warman (1997) tarafından yürütülen bir çalışmada, 2 farklı organik gübre ile mineral gübrenin toprağın dehidrogenaz enzim aktivitesi, organik karbon ve pH'ya etkisi incelenmiştir. Organik karbon içeriği bakımından nispeten yüksek olan kumlu tınlı toprakta DHA'da artışlar yaşanmazken organik uygulamalar siltli-killi toprakta daha yüksek DHA üretilmiştir. Çalışmada organik uygulamalar kumlu-tınlı toprakta organik karbon içeriğine etki etmezken killi-siltli toprakta artışlara neden olmuştur. Toprak pH'sı her iki toprağa uygulanan organik uygulamalardan önemli derecede etkilendiği belirtilmiştir. Çalışmada sonuçlar, organik değişikliklerin toprak mikrobiyal aktivitesi üzerindeki etkisine ilişkin çalışmaları planlarken ilk olarak toprak organik C ve toprak tekstürünün dikkate alınmasının önemini vurgulamaktadır.

4.3. MBC Sonuçları

Araştırma uygulamalarının farklı ölçüm günleriyle değişen mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içerikleri ve istatistiksel sonuçları Çizelge 4.3'te verilmiştir. Aynı çizelge değerlerinin ortalama genel sonuçları Şekil 4.7'de verilmiştir. Araştırma uygulamalarının MBC sonuçlarına genel etkisi Şekil 4.8'de ve MBC değerlerinin farklı ölçüm günleri ile değişimlerinin genel ortalama sonuçları Şekil 4.9'da verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen MBC (mg MBC gkt⁻¹) sonuçlarına istatistiksel etkileri

GÜNLER													
Uygulamalar	0. gün		15.gün		30.gün		60.gün		90.gün		120.gün		Uyg. G.Ort.
T0	220	w-z	146	z	130	z	109	z	88	z	79	z	129 F
T SG	466	k-q	386	o-v	284	v-y	211	x-z	193	yz	55	z	266 E
T ÇG	692	ab	605	bc	587	d-j	576	d-k	586	d-j	576	d-k	604 A
T SG KS1	733	A	616	bc	595	d-i	624	ab	512	g-n	480	j-p	593 A
T SG KS2	616	ab	434	l-s	304	u-y	307	r-v	250	u-w	167	z	346 D
T SG KS3	425	L-t	570	de	392	n-v	502	h-o	498	h-o	283	v-y	445 B
T ÇG KS1	622	ab	507	fg	328	s-w	325	s-x	348	r-v	230	w-z	393 C
T ÇG KS2	678	A	411	m-v	368	p-v	360	q-v	435	L-s	461	k-r	452 B
T ÇG KS3	650	a-c	533	ef	355	q-v	312	t-x	295	u-y	113	z	376 BC
Gün G.Ort	567	A	468	B	371	C	370	C	356	D	272	E	

Çizelge 4.3 ve Şekil 4.7 birlikte değerlendirildiğinde 0.gün yani denemenin başlangıç gününde yapılan örneklemelerin MBC sonuçlarına göre, T0, TSG ve TÇG varyantlarına ait değerler sırasıyla, 220, 466 ve 692 µg MBC gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS eklenmemiş SG ve ÇG uygulamalarının toprak MBC içeriklerini artırdığı tespit edilmiştir. ÇG uygulamalarında belirlenen MBC içerikleri SG uygulanmış topraklara göre daha yüksek bulunmuştur. KS'siz uygulamalar topraklarda MBC içeriklerinde önemli farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3). Artan KS dozlarıyla SG'li toprakların MBC içerikleri sırasıyla 733, 616 ve 425 µg MBC gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS'nin ilk iki doz uygulaması MBC içeriklerin önemli ölçülerde ($p<0.05$) artmasına neden olmuştur. KS3 dozu ise SG'li topraklarda MBC içeriklerinin düşmesine neden olmuştur. KS eklenmiş ÇG uygulanmış toprakların MBC içerikleri artan KS dozlarına göre sırasıyla 622, 678 ve 650 µg MBC gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar SG'li toprak MBC değerlerinden yüksek olmakla beraber KS'siz ÇG'li toprakların MBC içeriklerinden daha düşük bulunmuştur. Bununla beraber KS'li ÇG varyantlarında belirlenmiş olan MBC içerikleri KS uygulamalarıyla düşmüş olsa da, KS'siz SG uygulamaları ve sıfır uygulamalı T0 topraklarından daha yüksek MBC içeriklerine neden olmuştur.

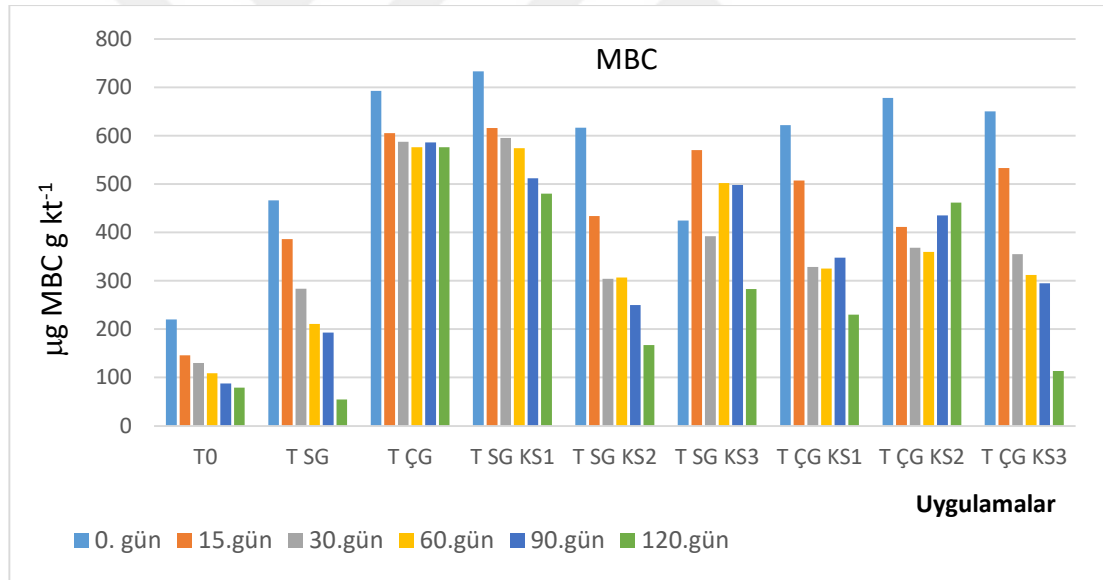
15.gün ölçüm sonuçlarına göre sıfır uygulama T0 ile KS eklenmemiş SG ve ÇG uygulanmış toprakların ortalama MBC içerikleri sırasıyla 146, 386 ve 605 µg MBC gkt⁻¹ olarak bulunmuştur. KS siz bu varyantların sonuçlarına göre SG ve ÇG uygulanmış

değerler daha yüksek bulunmuştur. Bununla beraber ÇG uygulanmış toprakların MBC içerikleri SG uygulanmış topraklardan daha yüksek sonuçlar vermiştir. KS eklenmiş SG'li topraklarda artan KS dozlarına göre belirlenmiş MBC içerikleri sırasıyla 616, 434 ve 570 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre KS uygulanmış SG'li toprakların MBC içerikleri KS'siz topraklardan daha yüksek bulunmuştur. SG varyantında belirlenen en yüksek MBC içerikleri KS1 dozunda bulunurken bunu KS3 ve KS2 dozları izlemiştir. KS eklenmiş ÇG değerleri aynı sıralama ile 507, 411 ve 533 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre ÇG'li topraklara ait MBC değerleri KS eklemeleriyle daha düşük değerler vermiştir. SG uygulamaları 15.gün ölçümlerinde KS eklemeleriyle daha yüksek MBC değerlerine neden olmuştur.

30 gün MBC sonuçlarına göre, KS eklenmemiş T0, SG ve ÇG uygulanmış toprakların MBC değerleri sırasıyla 130, 284 ve 587 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KS'siz SG ve ÇG uygulamaları, T0'a göre 30.gün ölçümlerinde MBC değerlerini arttırmıştır. KS'siz ÇG varyantlarına ait MBC değerleri SG uygulamalarından daha yüksek bulunmuştur. Karasuyun 3 dozunun uygulandığı solucan gübresi (SG) varyantlarının 30.gün MBC değerleri sırasıyla 595, 304 ve 392 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KS eklenmiş SG varyantları MBC değerlerini arttırmıştır. En yüksek değerler KS1 dozlarında belirlenmiştir. KS eklenmiş ÇG varyantlarında ise aynı sıralamaya göre MBC değerleri 328, 368 ve 355 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KS eklemeleri 30. Gün ölçümlerinde ÇG varyantlarına ait MBC değerlerinin düşmesine neden olmuştur. Bununla beraber en düşük MBC değeri en az KS uygulamalarında belirlenirken en yüksek MBC sonucu KS3 dozunda belirlenmiştir.

60.gün MBC ölçüm sonuçlarına göre T0, SG ve ÇG varyantlarına ait MBC değerleri sırasıyla 109, 284 ve 587 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. ÇG uygulamaları en yüksek MBC sonuçlarını verirken SG uygulamaları ikinci sırayı almış ve en düşük değerler sıfır uygulama varyantı olan T0'da belirlenmiştir. Karasu eklenmiş solucan gübresi varyantına ait 60.gün MBC değerleri sırasıyla 624, 307 ve 502 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile ÇG sonuçları ise 325, 360 ve 312 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS eklemeleri SG uygulamalarında toprak MBC içeriklerini arttırmış fakat ÇG uygulamalarında KS eklemeleri MBC değerlerini düşürmüştür.

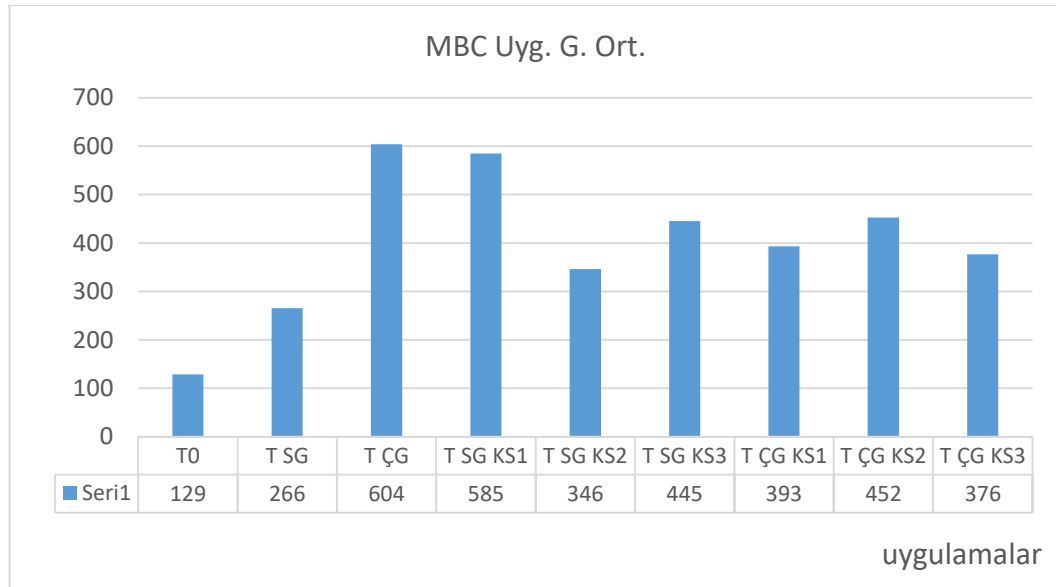
90.gün sonuçlarına göre KS'siz uygulamalardan T0, SG ve ÇG uygulamalı toprakların MBC ortalama sonuçları sırasıyla 88, 193 ve 586 $\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$ aynı sıralama ile 120.gün sonuçları ise 79, 55 ve 576 $\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Her iki ölçüm gününde de SG ve ÇG uygulamaları MBC değerlerini arttırmıştır. Bununla beraber her iki ölçüm gününde ÇG uygulamaları daha yüksek MBC sonuçlarına neden olmuştur. SG uygulamaları 120.gün ölçümlerinde T0 varyantından daha düşük MBC sonuçlarına neden olmuştur. 90.gün ve 120.gün ölçüm sonuçlarına göre KS eklenmiş SG'li toprakların MBC değerleri sırasıyla 512-480, 250-167 ve 498-283 $\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Benzer sıralamayla KS'li ÇG uygulanmış toprakların 90 ve 120.gün MBC sonuçları sırasıyla 348-230, 435-461 ve 295-113 $\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Uygulamalar toprak MBC değerlerinde farklılıklar yaratmış ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli $p<0.05$ bulunmuştur (Çizelge 4.3).



Şekil 4.7. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen MBC ($\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$) sonuçlarına etkileri

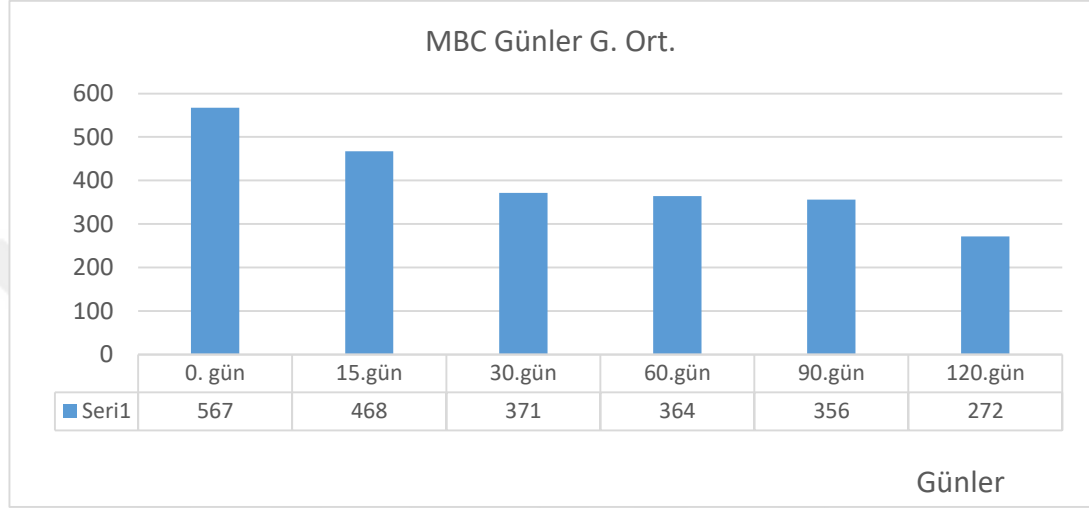
Araştırma uygulamalarının toprakta mikrobiyal biyomas karbon (MBC) içeriklerine genel etkisi Şekil 4.8'de istatistiksel olarak değerlendirilmiş sonuçlar ise Çizelge 4.3'te verilmiştir. Çizelge ve Şekil sonuçlarına göre, T0, T SG ve T ÇG varyantlarında tespit edilen genel ortalama MBC içerikleri sırasıyla 129, 266 ve 604 $\mu\text{g MBC g kt}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Sıfır organik gübreli ve karasu karıştırılmamış T0

topraklarında belirlenen MBC içerikleri KS'siz SG ve ÇG uygulamalarının yapıldığı topraklardan daha düşük bulunmuştur. KS'siz uygulamalar toprak MBC içeriklerinde önemli ($p<0.05$) farklılıklar oluşturmuştur (Çizelge 4.3). Farklı oranlarda KS eklenmiş SG varyantlarında ise artan dozlarla değişen MBC içerikleri sırasıyla 585, 346 ve 445 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS eklenmiş SG'li toprakların genel olarak alınan ortalama MBC değerleri önemli ($p<0.05$) derecede artmıştır (Çizelge 4.3). KS eklenmiş SG varyantları ise artan KS dozlarıyla sırasıyla 393, 452 ve 376 $\mu\text{g MBC gkt}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu değerler KS'siz ÇG değerlerine göre daha düşük bulunmuştur. Uygulamaların genel ortalama sonuçlarına göre KS'siz ÇG uygulanmış toprakların MBC içerikleri SG varyantından daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bununla beraber KS eklenmiş SG varyantları genel olarak ÇG varyantlarından daha yüksek MBC değerlerine neden olmuştur. KS uygulama dozlarındaki artışlar SG varyantlarında MBC içeriklerinin düşmesine neden olmuştur. KS eklenmiş ÇG varyantlarında ise en yüksek genel ortalama sonuç, KS2 dozunda belirlenirken bunu KS1 ve KS3 dozları takip etmiştir. Bu sonuçlara göre karasu eklenmiş solucan gübrelili toprakların MBC içerikleri diğer varyantlara göre daha yüksek bulunmuştur. Uygulamaların etkisiyle oluşmuş genel farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.3).



Şekil 4.8. Zeytin karasuyu ve organik gübre uygulamalarının MBC içeriklerine genel etkileri

Araştırmanın farklı ölçüm günlerinde belirlenen MBC içeriklerinin genel ortalama sonuçları Şekil 4.9’da verilmiştir. Bu sonuçlara göre başlangıçta (0.gün) 567 mg MBC gkt⁻¹ olan MBC genel ortalama değeri 15, 30, 60, 90 ve 120.günlerde sırasıyla 468, 371, 364, 356 ve 272 µg MBC gkt⁻¹ olarak belirlenmiştir. Giderek azalan değerler veren MBC içeriklerindeki en hızlı düşüşler 120. Gün ölçümlerinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.9. Zeytin karasuyu ve organik gübre uygulamaların zamanla değişen MBC içeriklerine genel etkileri

4.4. Toprak Organik Madde (TOM) Sonuçları

Araştırma uygulamalarının farklı ölçüm günlerinde toprak organik madde (TOM) içeriğine (%) etkileri ve istatistiksel sonuçları Çizelge 4.4’te ile Şekil 4.10’da verilmiştir. İlgili çizelge ve şekil sonuçlarına göre denemin başlangıç zamanı olan sıfırıncı gün TOM sonuçlarına göre, kara su uygulanmamış T0, SG ve ÇG varyant topraklarının TOM içerikleri sırasıyla % 1.736, % 3.957 ve %3.920 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SG ve ÇG uygulamaları T0’a göre TOM değerlerini önemli derecede ($p<0.05$) artırmıştır (Çizelge 4.4). SG uygulanmış toprakların OM içerikleri ÇG uygulamalarından daha yüksek bulunmuştur. KS eklenmiş SG varyantlarında belirlenen TOM değerleri sırasıyla 3.940, 4.002 ve 3.703 olarak bulunmuştur. SG varyantlarında KS3 dozunun TOM içeriklerini düşürdüğü, diğer dozların ise benzer sonuçlar verdiği bulunmuştur. Aynı şekilde ÇG uygulamalarında belirlenen TOM değerler sırasıyla 3.796, 4.018 ve 3.000 olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre KS2 dozunda TOM içeriği KS’siz ÇG

varyantlarına göre daha yüksek bulunurken diğer iki KS dozunda TOM değerleri daha düşük bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen organik madde (OM) (%) sonuçlarına istatistiksel etkileri

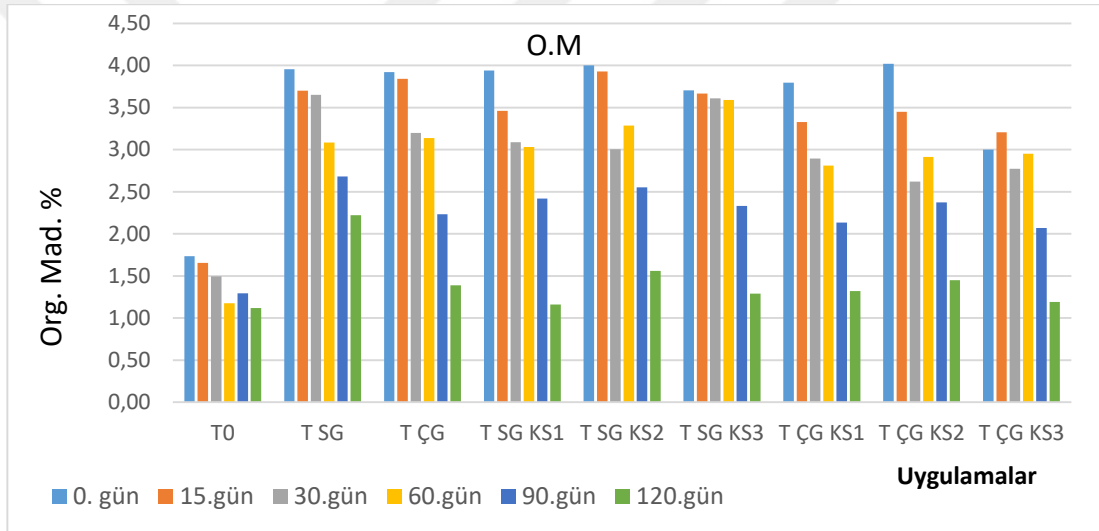
Uygulamalar	GÜNLER											
	0. gün	15.gün	30.gün	60.gün	90.gün	120.gün	Uyg. G. Ort					
T0	1,74 w	1,66 wx	1,50 w-y	1,18 z	1,29 yz	1,12 z	1,52	F				
T SG	3,96 AB	3,70 b-e	3,65 c-e	3,08 h-i	2,68 n-q	2,22 t-v	3,22	A				
T ÇG	3,92 a-c	3,84 a-d	3,20 g-j	3,14 h-k	2,23 t-v	1,39 x-z	2,95	B				
T SG KS1	3,94 a-c	3,46 e-g	3,09 h-l	3,03 i-m	2,42 q-t	1,16 z	2,85	C				
T SG KS2	4,00 A	3,93 a-c	3,01 i-m	3,29 g-i	2,55 p-s	1,56 w-y	3,06	B				
T SG KS3	3,70 b-e	3,67 b-e	3,61 d-f	3,59 d-f	2,33 s-v	1,29 yz	3,03	B				
T ÇG KS1	3,80 a-d	3,33 f-h	2,89 k-o	2,81 l-p	2,13 uv	1,32 yz	2,71	D				
T ÇG KS2	4,02 A	3,45 e-g	2,62 o-r	2,91 j-n	2,37 r-v	1,45 x-z	2,80	CD				
T ÇG KS3	3,00 i-m	3,21 g-j	2,77 m-p	2,95 j-n	2,07 v	1,19 z	2,53	E				
Gün G.Ort	3,56 A	3,36 B	2,93 C	2,89 C	2,23 D	1,41 E						

15.gün ölçüm sonuçlarına göre, T0, SG ve ÇG varyant topraklarının TOM içerikleri sırasıyla % 1.66, % 3.70 ve % 3.84 olarak belirlenmiştir. SG ve ÇG uygulamaları TOM değerlerini arttırmış olup ÇG uygulaması ile tespit edilen değerler SG'ye göre daha yüksek bulunmuştur. KS dozlarının uygulandığı SG varyantına ait TOM değerleri sırasıyla 3.460, 3.929 ve 3.667 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SG ile birlikte uygulanan KS2 dozuna ait TOM değerlerinden, diğer dozlara göre daha yüksek sonuçlar vermiştir. Bununla beraber TSGKS2 varyantına ait TOM değeri KS'siz T SG değerlerinden de daha yüksek bulunmuştur. Bu durumun olası nedeni solucan gübresi içerisinde ÇG'den daha fazla ayrılmış besin elementi ve minerallerin, karasu içerisindeki kompleks organik yapılarla bileşikler oluşturmuş olmasıdır. KS'li ÇG varyantlarına ait 15.gün TOM ölçüm sonuçları sırasıyla 3.328, 3.449 ve 3.208 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS eklenmiş ÇG varyantlarında belirlenen TOM değerleri, KS'siz ÇG'li topraklardan daha düşük bulunmuştur.

30. gün TOM sonuçlarına göre, T0, SG ve ÇG varyant topraklarının TOM içerikleri sırasıyla % 1.495, % 3.650 ve % 3.198 olarak belirlenmiştir. Diğer sonuçlarda olduğu gibi bu ölçüm gününde de SG ve ÇG uygulamaları T0 varyantına göre daha yüksek TOM değerlerine neden olmuştur. KS eklenmiş SG uygulamaları varyanta ait TOM sonuçları sırasıyla 3.089, 3.006 ve 3.610 olarak belirlenmiştir. Benzer sıralama ile KS'li ÇG

varyantına ait TOM değerleri ise sırasıyla 2.893, 2.622 ve 2.774 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS uygulamaları SG ve ÇG varyantlarında TOM değerlerini düşürmüştür. Bununla beraber SG sonuçları, ÇG sonuçlarından daha yüksek bulunmuştur.

60. gün ölçüm sonuçlarına göre KS'siz T0, SG, ÇG değerleri sırasıyla % 1.12, %3.083 ve % 3.137 olarak belirlenmiştir. KS eklenmiş SG-ÇG sonuçlarına ait TOM değerleri, artan KS dozlarına göre sırasıyla 3.030-2.810, 3.287-2.914 ve 3.590-2.950 olarak bulunmuştur. SG-ÇG olarak verilen bu sonuçlara göre SG varyantına ait TOM değerleri ÇG değerlerinden daha yüksek bulunmuştur. KS'li SG uygulamalarındaki en yüksek TOM değeri KS3 dozunda tespit edilirken, ÇG uygulamalarında KS2 ve KS3 dozlarında tespit edilmiştir.

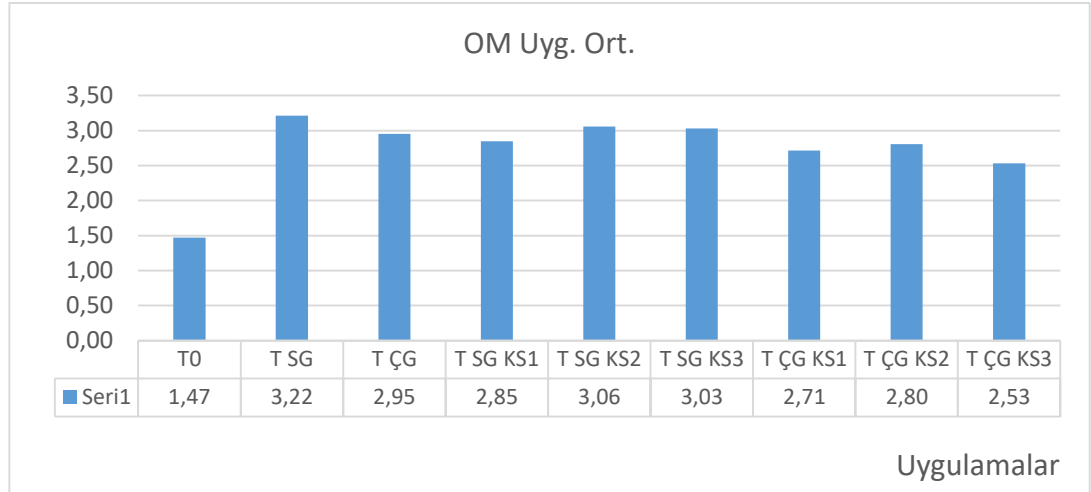


Şekil 4.10. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta organik madde (%) içeriklerine etkileri

90. gün TOM ölçümüne ait sonuçların yer aldığı Çizelge 4.4'e göre KS uygulanmamış T0, SG ve ÇG'li topraklarda belirlenen ortalama TOM değerleri sırasıyla, % 1.293, % 2.682 ve % 2.234 olarak tespit edilmiştir. KS'nin artan dozlarına göre SG-ÇG varyantlarına ait değerler birlikte sırasıyla 2.418-2.134, 2.552-2.375 ve 2.331-2.071 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar itibariyle, KS'siz SG değerlerinin KS'li değerlerden daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde KS'siz ÇG uygulamalarına ait TOM değerleri ise KS uygulamalarıyla azalmış fakat yalnızca KS2 dozunda ÇG uygulamalarının yapıldığı toprakların OM içerikleri daha yüksek bulunmuştur.

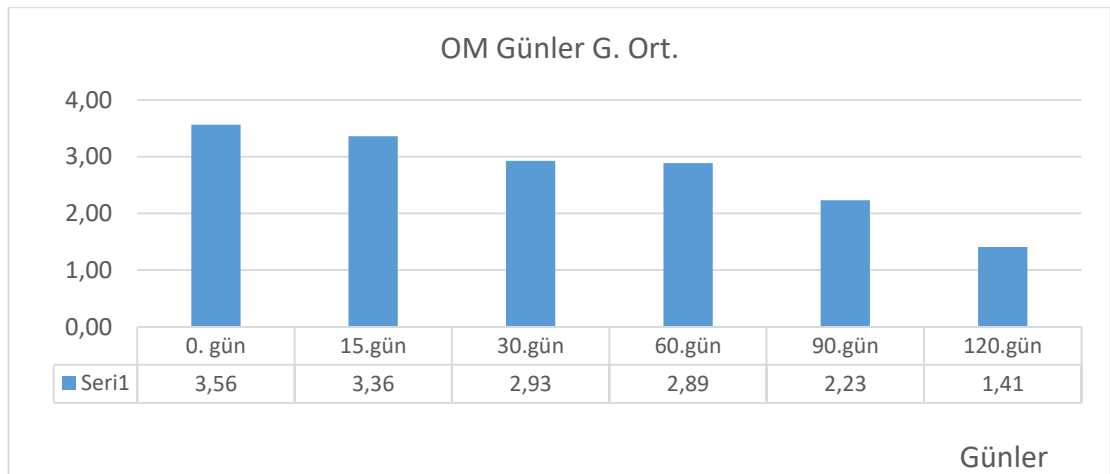
120.gün TOM ölçüm sonuçlarına göre, T0, SG ve ÇG varyant topraklarının TOM içerikleri sırasıyla %1.120, %2.220 ve % 1.390 olarak belirlenmiştir. Son ölçüm gününde SG ve ÇG varyantlarında tespit edilen TOM değerleri sıfır uygulama yapılmış topraklardan daha yüksek bulunmuştur. KS eklenmiş SG varyantlarına ait toprakların TOM değerleri artan karasu dozlarına göre sırasıyla 1.160, 1.560 ve 1.290 olarak bulunmuştur. Aynı sıralama ile ÇG sonuçları ise 1.320, 1.450 ve 1.190 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS uygulamaları SG varyantlarındaki TOM değerlerini düşürmüştür. Bununla beraber KS3 dozunda belirlenen değerler daha yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde ÇG uygulamalarında ise KS2 dozunda tespit edilen TOM değerleri daha yüksek sonuçlar vermiştir. Zeytin karasuyu, solucan ve çiftlik gübresi uygulamalarının TOM üzerindeki etkileri farklılıklara neden olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak da önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.4).

Araştırma uygulamalarının ve farklı ölçüm günlerinin genel ortalama sonuçları Şekil 4.11’de verilmiştir. Uygulamaların toprak organik madde içerikleri üzerindeki etkilere göre karasu ve organik gübre uygulanmamış sıfır topraklarda (T0), solucan gübresi (SG) ve çiftlik gübresi (ÇG) uygulanmış varyantların TOM içerikleri sırasıyla %1.47, %3.22 ve %2.95 olarak tespit edilmiştir. Bu genel sonuçlara göre SG ve ÇG uygulamaları toprak OM içeriklerini artırmıştır. SG uygulamaları ile artan TOM değerleri, ÇG uygulamalarından daha yüksek bulunmuştur. KS uygulanmış SG’li topraklarda, artan KS dozlarına göre belirlenen TOM değerleri sırasıyla 2.85, 3.06 ve 3.03 olarak belirlenmiştir. Genel ortalama sonuçlarına göre SG’e eklenen KS, TOM değerlerini düşürmüştür. KS eklenmiş ÇG varyantlarında ise aynı sıralamaya göre TOM değerleri 2.71, 2.80 ve 2.53 olarak belirlenmiştir. Bu genel ortalama sonuçlarına göre, KS uygulamaları ÇG varyantlarında tespit edilen TOM değerlerini düşürmüştür. KS eklenmiş organik gübre varyantlarında tespit edilen en düşük TOM değeri 2.53 ile T ÇG KS3 varyantında, en yüksek değer ise 3.06 ile T SG KS2 varyantında belirlenmiştir. Genel ortalama sonuçlarına göre uygulamalar TOM içeriklerinde önemli ($p<0.05$) farklılıklara neden olmuştur (Çizelge 4.4).



Şekil 4.11. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta organik madde (%) içeriklerine genel etkileri

Araştırma ölçüm günlerinde belirlenen TOM değerlerinin 0., 15., 30., 60., 90. ve 120.gün genel ortalama sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir. Ölçüm günleri sonuçlarına göre TOM değerlerinin azalarak devam ettiği görülmektedir. Araştırmanın başlangıç Genel ortalama değeri % 3.56 iken son ölçüm günün olan 120.günde belirlenen genel ortalama TOM değeri 1.41 olarak bulunmuştur. TOM değerlerindeki en hızlı düşüşler 90 ve 120. Gün ölçümlerinde tespit edilmiştir.



Şekil 4.12. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların farklı günlerde toprak organik madde (%) içeriklerine genel etkileri

Organik bir materyal olan solucan gübresi, toprak özelliklerini iyileştirici etkisinin yanında bitkilere besin maddeleri sağladığından, organik yetiştiricilik yapılan bütün alanlara uygulanabilmektedir. Topraklardaki hayvansal organizmalar arasında önemli bir yeri bulunan solucanlar, beslenmek için vücutlarından geçirdikleri toprağın içerdiği mineralleri çözerek dışarı atarlar. Bu atıkların bitki besin değerinin yüksek olması araştırmacıların her zaman dikkatini çekmiştir (Karaçal ve Tüfenkçi, 2010). Marulda yapılan bir denemede solucan gübresi uygulamasından sonra protein sentezlenmesinin yaklaşık %30 arttığı kaydedilmiştir (Galli ve ark., 1992).

4.5. pH Sonuçları (1:5)

Zeytin karasuyu eklenmiş solucan ve çiftlik gübresi uygulamalarının toprak pH değerleri üzerine etkilerinin farklı ölçüm günleri sonuçları Çizelge 4.5'te ve Şekil 4.13'te verilmiştir. 0., 15., 30., 60., 90. ve 120.gün olarak toplam 6 farklı ölçüm günü ortalama pH sonuçları ayrı ayrı incelenmiş ve değerlendirilmiştir.

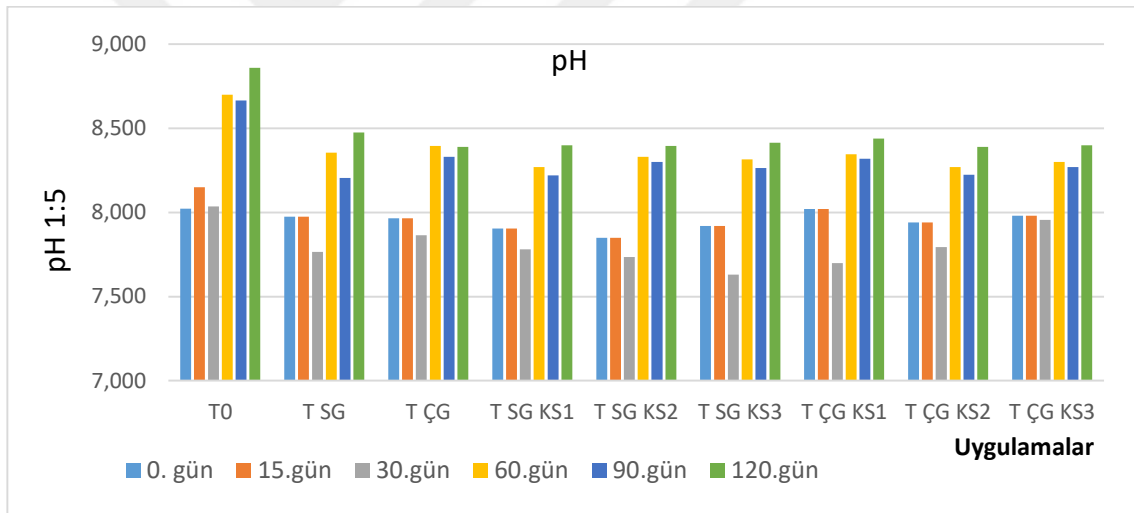
Çizelge 4.5. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen pH (1:5) sonuçlarına istatistiksel etkileri

Uygulamalar	GÜNLER								
	0. gün	15.gün	30.gün	60.gün	90.gün	120.gün	Uyg. G. Ort		
T0	8,02 lm	8,15 k	8,04 l	8,70 b	8,67 b	8,86 A	8,41	A	
T SG	7,98 mn	7,98 mn	7,77 uv	8,36 ef	8,21 J	8,48 c	8,13	C	
T ÇG	7,97 m-o	7,97 m-o	7,87 q-s	8,40 d-e	8,33 fg	8,39 de	8,15	B	
T SG KS1	7,91 p-r	7,91 o-r	7,78 uv	8,27 hi	8,22 IJ	8,40 de	8,08	D	
T SG KS2	7,85 ST	7,85 r-t	7,74 vw	8,33 fg	8,30 f-h	8,40 de	8,08	D	
T SG KS3	7,92 n-q	7,92 n-q	7,63 x	8,32 f-h	8,27 h-l	8,42 d	8,08	D	
T ÇG KS1	8,02 lm	8,02 lm	7,70 w	8,35 ef	8,32 f-h	8,44 cd	8,14	BC	
T ÇG KS2	7,94 n-p	7,94 n-p	7,80 tu	8,27 g-i	8,23 lj	8,39 de	8,09	D	
T ÇG KS3	7,98 L-n	7,98 l-n	7,96 n-p	8,30 f-h	8,27 Hl	8,40 de	8,15	BC	
Gün G.Ort	7,95 D	7,97 D	7,81 E	8,36 B	8,31 C	8,46 A			

Araştırma ölçümlerinin ilk günü olarak denemenin kurulduğu gün yani 0.gün belirlenen pH değerlerine göre, T0, SG ve ÇG değerleri 8.02, 7.98 ve 7.97 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar itibariyle KS'siz SG ve ÇG uygulamalarının toprak pH değerlerini düşürdüğü belirlenmiştir. Bununla beraber SG ve ÇG uygulamalarıyla düşen pH değerleri birbirlerine yakın sonuçlar vermiştir. KS eklenmiş SG varyantlarında, KS dozlarının artan miktarına göre belirlenmiş pH değerleri sırasıyla 7.91, 7.85 ve 7.92

olarak bulunmuştur. Bu değerler KS'siz SG varyantından daha düşük bulunmuştur. Bu durumda başlangıç ölçümlerinde yani sıfırıncı günde, SG ve KS eklenmiş SG uygulamalarının toprak pH'sını düşürdüğü belirlenmiştir. KS eklenmiş ÇG uygulamalarında belirlenen pH değerleri ise artan KS dozlarına göre sırasıyla 8.02, 7.94 ve 7.98 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre T ÇG KS1 varyantı pH değerlerini yükseltmiş fakat KS2 ve KS3 dozları düşürmüştür. 15.gün ölçüm sonuçları değişmemiş olup benzer değerler vermiştir.

30.gün ölçüm sonuçlarına göre T0, SG ve ÇG ortalama pH değerleri sırasıyla 8.04, 7.77 ve 7.87 olarak belirlenmiştir. SG ve ÇG uygulamaları T0 varyantına göre daha düşük pH değerlerine neden olmuştur. KS eklenmiş SG varyantlarında pH değerleri artan KS dozlarına göre sırasıyla 7.78, 7.74 ve 7.63 olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile ÇG varyantlarına ait pH değerleri ise 7.70, 7.80 ve 7.96 olarak bulunmuştur.



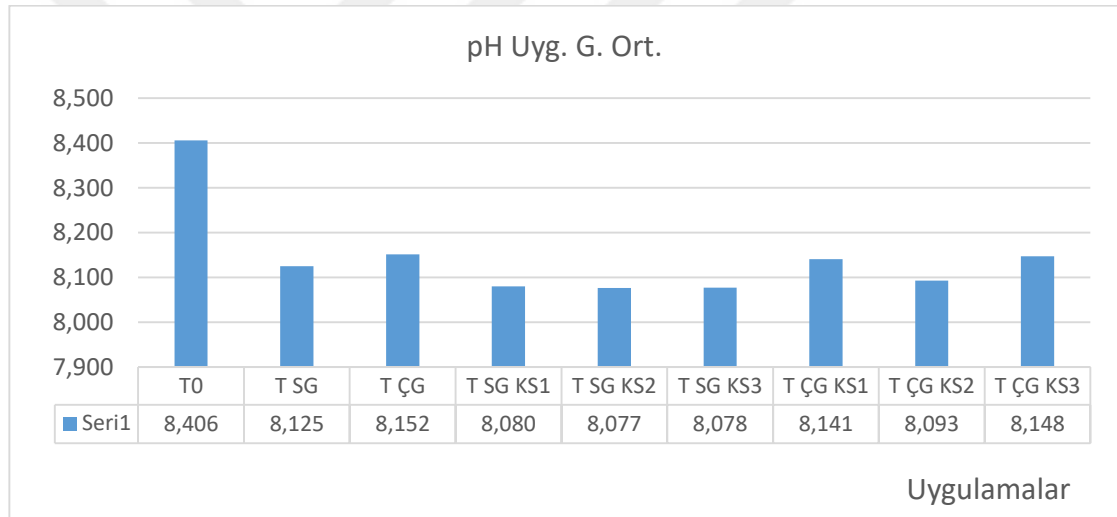
Şekil 4.13. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta pH (1:5) değerlerine etkileri

60 ve 90.gün ölçüm sonuçlarının birlikte değerlendirilmesine göre, T0, SG ve ÇG ortalama pH değerleri sırasıyla 8.70-8.67, 8.36-8.21 ve 8.40-8.33 olarak belirlenmiştir. KS eklenmiş SG varyantlarında pH değerleri artan KS dozlarına göre sırasıyla 8.27-8.22, 8.33-8.30 ve 8.32-8.27 olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile 60 ve 90.gün ÇG varyantlarına ait pH değerleri ise 8.35-8.32, 8.27-8.23 ve 8.30-8.27 olarak bulunmuştur.

120.gün pH sonuçlarına göre, T0, SG ve ÇG ortalama pH değerleri sırasıyla 8.86, 8.475 ve 8.390 olarak belirlenmiştir. KS eklenmiş SG varyantlarında pH değerleri artan

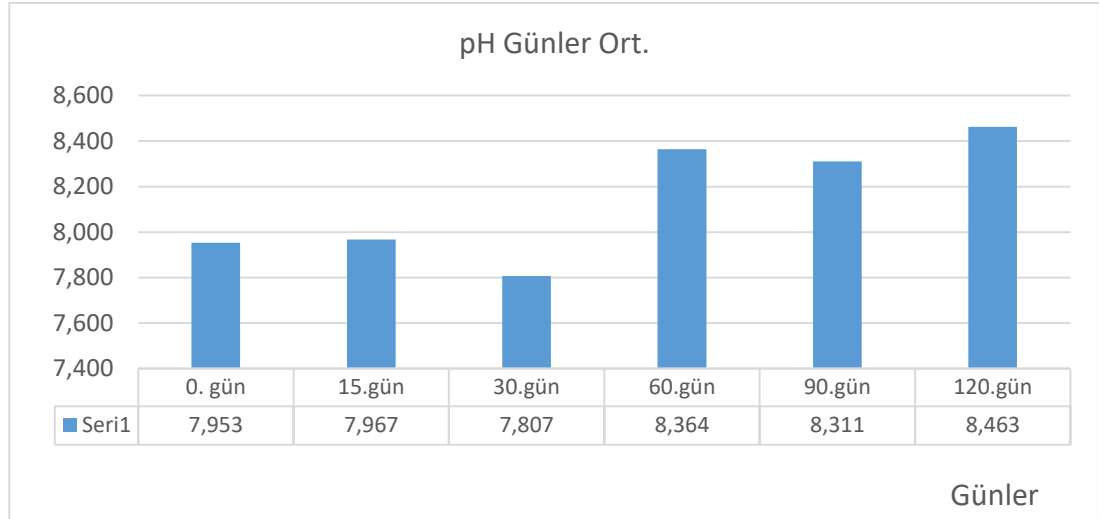
KS dozlarına göre sırasıyla 8.40, 8.39 ve 8.42 olarak belirlenmiştir. Aynı sıralama ile ÇG varyantlarına ait pH değerleri ise 8.44, 8.39 ve 8.40 olarak belirlenmiştir.

Araştırma uygulamalarının toprak pH değerlerine genel etkisinin görüldüğü Şekil 4.14’de göre, sıfır uygulama varyantı olan T0 topraklarının genel ortalama pH değeri 8.406 olarak belirlenmiştir. Uygulamaların etkisiyle azalan pH değerleri SG ve ÇG varyantlarında sırasıyla 8.125 ve 8.152 olarak belirlenmiştir. Genel olarak SG uygulamasının toprak pH değerlerini ÇG uygulamalarından daha fazla düşürdüğü belirlenmiştir. Benzer şekilde KS’li SG uygulanmış toprak pH değerleri, KS’li ÇG uygulanmış toprakların pH değerlerinden daha düşük sonuçlar vermiştir. Diğer bir deyişle SG uygulamaları KS’siz ve KS’li şartlarda pH değerlerini daha fazla düşürmüştür (Şekil 4.14).



Şekil 4.14. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta pH (1:5) değerlerine genel etkileri

Deneme günleri arasındaki pH farklılıklarının genel ortalama sonuçlarına göre (Şekil 4.15), 0-15-30.gün sonuçları diğer ölçüm günlerine göre daha düşük bulunmuş ve 60. Günden sonraki ölçümlerde pH değerleri yükselmiştir. 0-15-30-60-90-120. Gün genel ortalama pH sonuçları sırasıyla 7.953-7.967-7.807-8.364-8.311-8.463 olarak belirlenmiştir. Genel olarak uygulamalar ve günler arasındaki pH farklılıkları istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur (Çizelge 4.5).



Şekil 4.15. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların farklı günlerde toprak pH (1:5) değerlerine genel etkileri

Yapılan bir başka araştırmada, şehir atıklarından elde edilen solucan kompostu, toprak pH'sını düşürmüştü, mısır bitkisinin kuru madde miktarını yükseltmiştir (Ferreira, 1992).

4.6. Elektriksel iletkenlik Sonuçları ($\text{EC } \mu\text{S cm}^{-1}$) (1:5)

Elektriksel iletkenlik (EC) sonuçlarının araştırma uygulamaları ve farklı ölçüm günleri ile değişimlerinin istatistiksel sonuçları ($p < 0.05$) Çizelge 4.6 ile Şekil 4.16'da verilmiştir. Sonuçların her ölçüm günü için ayrı ayrı değerlendirildiği EC değerleri genel olarak uygulamalardan farklı olarak etkilenmiştir.

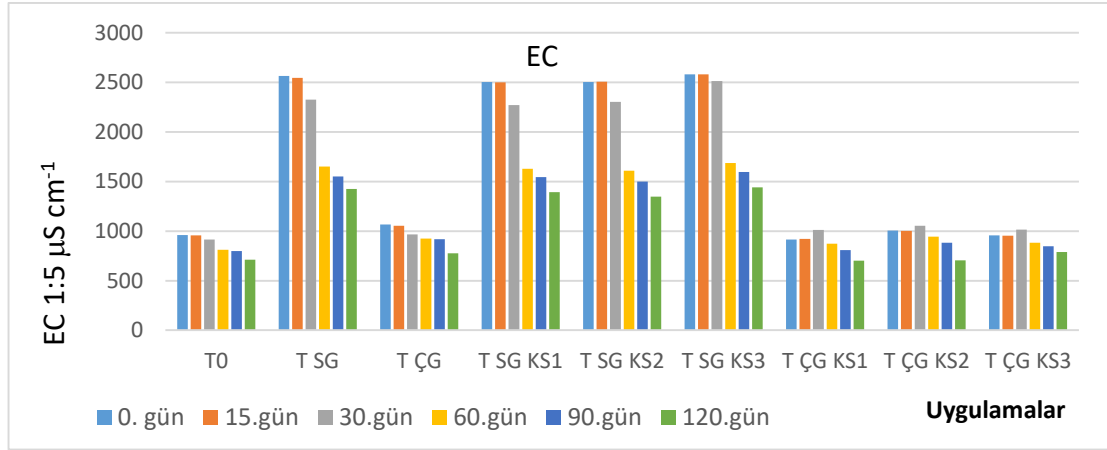
Araştırmanın başında alınan topraklarda yapılan EC analiz sonuçlarına göre, 0.gün ortalama değerleri, T0, SG ve ÇG varyantlarında 962, 2566 ve 1067 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre SG ve ÇG uygulamaları toprakların EC değerlerini önemli ($p < 0.05$) oranlarda arttırmıştır. Bununla beraber SG uygulamalarının neden olduğu artışlar ÇG uygulamalarından daha fazla olmuştur. KS uygulanmış SG varyantına ait toprakların sıfırıncı gün EC sonuçları artan KS dozlarına göre sırasıyla 2505, 2505 ve 2583 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS1 ve KS2 dozları deneme başlangıcında yapılan ölçümlerde KS'siz SG varyantıyla aynı değerleri verirken KS3 dozunda önemli artışlar tespit edilmiştir. ÇG varyantlarında artan KS dozlarıyla belirlenen EC ortalama değerleri ise sırasıyla 916, 1006 ve 956 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak

belirlenmiştir. KS eklenmiş ÇG varyantına ait topraklar sıfırıncı gün ölçümlerinde KS'siz varyantlarıyla benzer sonuçlar vermiştir. 15.gün EC ortalama sonuçları sıfırıncı gün sonuçlarıyla benzer bulunmuştur.

Çizelge 4.6. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta zamanla değişen EC (1:5) sonuçlarına istatistiksel etkileri

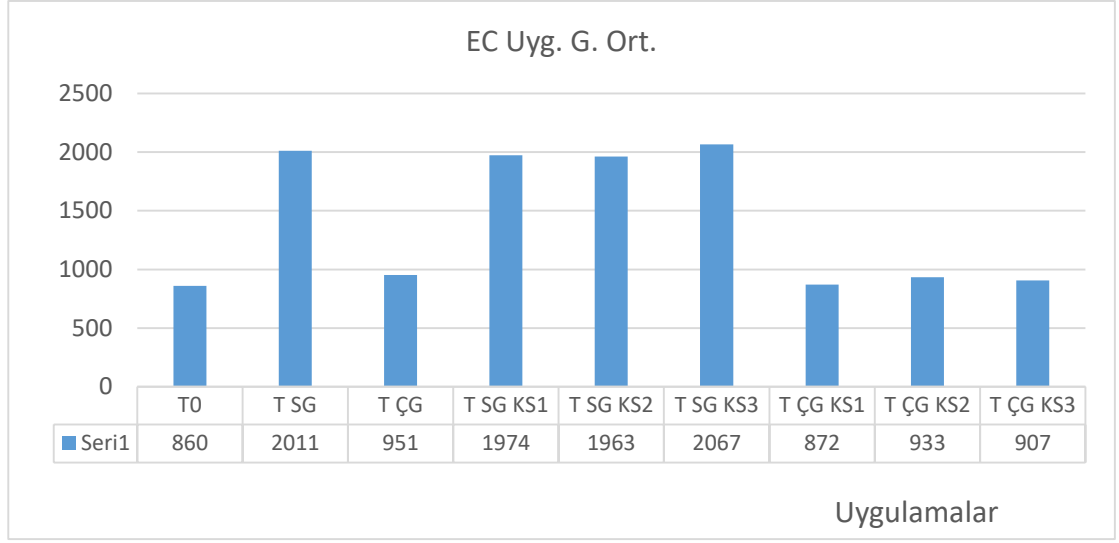
GÜNLER														
Uygulamalar	0. gün		15.gün		30.gün		60.gün		90.gün		120.gün		Uyg. G. Ort	
T0	962	l-o	957	l-o	917	n-p	813	q-s	800	q-s	713	TU	860	F
T SG	2566	A	2546	A	2325	B	1653	CD	1553	e-g	1427	HI	2011	B
T ÇG	1067	k	1055	k	967	l-n	924	m-p	919	m-p	776	s-v	951	D
T SG KS1	2505	A	2500	A	2273	B	1628	c-e	1545	FG	1394	IJ	1974	C
T SG KS2	2505	A	2508	A	2305	B	1610	c-f	1500	GH	1348	J	1963	C
T SG KS3	2583	A	2581	A	2515	A	1687	C	1596	d-f	1443	HI	2067	A
T ÇG KS1	916	n-p	921	n-p	1012	KL	873	o-r	808	q-s	701	u	872	F
T ÇG KS2	1006	k-m	1003	k-m	1055	K	943	l-o	884	n-q	705	u	933	DE
T ÇG KS3	956	l-o	953	l-o	1014	KL	884	n-q	846	p-s	790	r-t	907	E
Gün G.Ort	1674	A	1669	A	1598	B	1224	C	1161	D	1033	E		

30.gün EC sonuçlarına göre T0, SG ve ÇG varyantlarında 917, 2325 ve 967 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KS eklenmiş SG varyantları, artan KS dozlarına göre sırasıyla 2273, 2305 ve 2515 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Aynı sıralamaya göre ÇG varyantında belirlenen EC ortalama değerleri ise 1012, 1055 ve 1014 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre SG uygulamaları toprak EC değerlerini önemli derecede ($p<0.05$) arttırmıştır (Çizelge 4.6). ÇG uygulamaları ile artan EC değerleri SG'den daha az bulunmuştur. Artan KS uygulamaları SG ve ÇG varyantlarında, EC değerlerinin artmasına neden olmuştur.



Şekil 4.16. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta EC (1:5) değerlerine etkileri

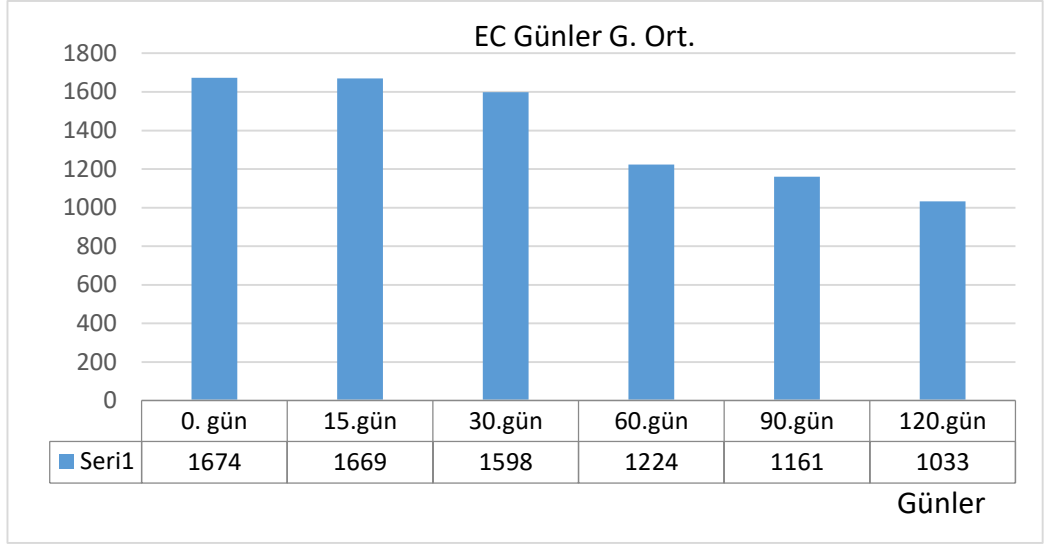
60-90.gün EC sonuçlarının birlikte değerlendirme sonuçlarına göre T0, SG ve ÇG uygulamalarında tespit edilen değerler sırasıyla 813-800, 1653-1553 ve 924-919 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. KS eklenmiş SG değerlerinde ise aynı varyant sonuçları sırasıyla 1628-1545, 1610-1500 ve 1687-1596 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. ÇG uygulamalarında, 873-808, 943-884 ve 884-846 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar itibariyle EC değerlerinin tüm uygulamalarda 60.günden sonra düşüşlere geçtiği tespit edilmiştir. Son ölçüm günü olan 120.gün sonuçlarına göre KS'siz T0, SG ve ÇG varyantlarına ait toprakların EC ortalama değerleri sırasıyla 713, 1427 ve 776 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. KS'siz bu sonuçlara göre 120. Gün ölçümlerinde SG uygulamalarının EC değerlerini arttırmış olduğu belirlenmiştir. ÇG uygulamalarının neden olduğu EC artışları ise önemli ölçülerde düşerek başlangıç değerlerine ulaşmıştır. KS eklenmiş SG topraklarında belirlenen EC değerleri sırasıyla 1394, 1348 ve 1443 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak bulunmuştur. Bu sonuçlara göre, SG uygulamasından kaynaklanan EC artışlarının KS etkisi bitmiştir. Sonuçlar KS'siz SG sonuçlarıyla benzer düzeylerde kalmıştır. KS'li ÇG varyantlarında belirlenen 120.gün EC ortalama değerleri sırasıyla 701,705 ve 790 $\mu\text{S cm}^{-1}$ olarak tespit edilmiştir. Bu sonuçlar KS'siz ÇG sonuçlarıyla yakın değerler olup 120.gün EC sonuçlarında KS'nin etkisi bitmiştir.



Şekil 4.17. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG-ÇG) uygulamaların toprakta EC (1:5) değerlerine genel etkileri

Araştırma uygulamalarının toprakta elektriksel iletkenliğe genel etkilerinin yer aldığı Şekil 4.17'e göre, KS'siz ve KS'li tüm SG uygulamalı toprakların EC değeri önemli derecede ($p < 0.05$) artışlara neden olmuştur. Çiftlik gübresi (ÇG) uygulamaları ise KS eklemeleriyle EC değerlerinin artmasına neden olmuş fakat bu artışlar SG uygulamalarından daha düşük seviyelerde olmuştur. KS eklenmiş SG varyantlarındaki en yüksek EC artışları KS3 dozunda belirlenmiştir.

Araştırma uygulamalarının EC sonuçları üzerindeki günlerle değişim değerleri Şekil 4.18'de verilmiştir. Bu sonuçlara göre Uygulamaların EC değerleri ilk 30 gün boyunca yüksek sonuçlar vermiş ve 60.gün ve sonraki ölçümlerde daha düşük değerler vermiştir.



Şekil 4.18. Farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılmış organik gübre (SG- G) uygulamaların farklı günlerde toprak EC (1:5) değerlerine genel etkileri

Yapılan çeşitli çalışmalar zeytin karasuyu uygulamalarının toprak verimliliği ve bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkilerini olduğunu rapor etmiştir. Barbera ve ark. (2013)  st toprakta yayılan karasuyun bitki büyümesi için besin maddesi temini gibi faydalı etkilere sahip olabileceğini bildirmiştir. Ayrıca, Chaari ve ark. (2014, 2015), artan karasu oranları ile toprak pH, elektriksel iletkenlik, organik madde, toplam azot, fosfor, sodyum ve potasyum içeriğinin arttığını belirlemişlerdir.

Magdich ve ark. (2013) tarafından Tunus'ta yapılan bir araştırmada zeytin karasuyu uygulama dozlarının ve uygulama aralıklarındaki değişimlerin toprak kimyasal ve mikrobiyal özellikleri üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Yapılan araştırmada karasu dozları 50-100-200 m³ ha⁻¹ yıl⁻¹ olarak 3 yıl boyunca topraklara uygulanmıştır. Araştırma bulgularına göre pH değerleri düşerken EC, organik madde, N, Na ve K değerlerinin karasu uygulamaları ile arttığı belirlenmiştir. Toprakta fosfor içeriklerinde önemli farklılıklar oluşmazken, Ca ve Mg içeriklerinde düşük artışlar belirlenmiştir. Kontrol topraklarına göre zeytin karasuyu uygulanan topraklarda aerobik bakteri ve mantarlarda artışlar tespit edilmiştir. Toprak mineral element içerikleri ile toprak mikrobiyal aktiviteler arasında güçlü bir korelasyon olduğu bildirilmiştir. Bununla beraber bu korelasyon ilişkide P ve pH sonuçlarının etkili olmadığı belirlenmiştir.

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu araştırmada farklı oranlarda zeytinyağı atığı karasu (KS) karıştırılıp inkübe edilen solucan (SG) ve çiftlik gübrelerinin (ÇG) topraklardaki organik madde (TOM), bazı mikrobiyal (CO_2 , DHA, MBC) ve kiyasal özelliklere (pH, EC) etkileri belirlenmiştir. Araştırmada kullanılan uygulamalar karasu eklenmiş ve eklenmemiş solucan ve çiftlik gübresinden oluşmaktadır. Uygulamaların karşılaştırılması için aynı koşullarda sıfır uygulama toprakları bulunmaktadır. Yapılan araştırma sonuçlarına göre, KS eklenmemiş SG uygulamaları, CO_2 , DHA, MBC, TOM ve EC değerlerini önemli derecede artırmıştır. Bununla beraber pH değerlerinin de düşmesine neden olmuştur. Benzer şekilde KS eklenmemiş ÇG uygulamaları da aynı parametrelerde artışlara neden olmuş ve pH değerlerinin düşmesine neden olmuştur. SG ve ÇG uygulamalarının, incelenen parametreler üzerindeki etkileri benzetmekle beraber etki miktarları ve oranları önemli derecede değişimler göstermiştir. T0 sonuçlarına göre SG-ÇG uygulamalarıyla değişen CO_2 , DHA, MBC, TOM ve EC değerleri arasında tespit edilen farklar sırasıyla, 111-117, 17-24, 137-475, 1.70-1.43, 1151-91 olarak kaydedilmiştir. Bu sonuçlara göre solucan ve çiftlik gübresi uygulanmış toprakların CO_2 , MBC, TOM değerleri birbirine yakın sonuçlar verirken MBC sonuçlarında ÇG uygulamalarıyla daha fazla artışlar olmuş ve EC sonuçlarında da SG uygulamalarıyla daha fazla artışlar belirlenmiştir. Özellikle elektriksel iletkenlik değerlerinin SG uygulamalarıyla çok fazla artış göstermesi bu organik gübre ile yapılacak tarımsal uygulamalar için önemli bir bilgi olarak tespit edilmiştir. Bu tür uygulamalarda SG'nin tuzluluğu artırma potansiyeli dikkate alınmadan yapılacak uygulamalar topraklara ve ürüne zarar verebilir.

Karasu (KS) eklenmiş SG uygulamaları, karasuyun 3 farklı dozuna göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirme genel ortalama sonuçlarına göre SG ile birlikte uygulanan karasuyun KS1, KS2 ve KS3 dozları CO_2 değerlerini T0 ve KS'siz SG topraklarına göre artırmıştır. DHA değerleri ise SG uygulamalarında artan KS dozlarıyla azalmıştır. Bu durumda SG, CO_2 ve DHA değerlerini arttırırken, KS eklenmesi halinde DHA değerleri düşmüştür. Başka bir ifade ile KS'li SG uygulamaları DHA değerlerini olumsuz yönde etkilemiştir. MBC sonuçları, SG uygulamasında artan KS uygulamalarıyla artmıştır. Organik madde sonuçları SG varyantına eklenen KS dozlarıyla azalmıştır. pH değerleri KS uygulamalarıyla düşerken EC değerleri yükselmiştir. EC değerlerindeki en yüksek artışlar SGKS3 varyantında belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre

SG ve birlikte uygulanan KS, toprak tuzluluğunun artmasına neden olabilmektedir. Bu bilgiler ışığında tarımsal uygulamalar yapılmadığı takdirde toprak tuzluluk sorunu oluşabilir.

Karasu eklenmiş ÇG uygulamalarında tespit edilen CO₂ değerleri, artan KS dozlarıyla azalmıştır. Bununla beraber T0 değerlerinden daha yüksek sonuçlara neden olmuşlardır. DHA değerleri KS dozlarının artışıyla yüksek değerler vermiştir. Bu durum SG uygulamalarında DHA parametresi için tersi bir duruma neden olmuştur. Bu durumun olası nedeni SG'nin ÇG'ye göre daha ileri düzeyde ayrışmış olması ve daha fazla çözülmüş minerallerden oluşmuş olmasıdır. Ayrışma derecesi farklı seviyelerde olan SG ve ÇG'nin KS ile olan interaksiyonu da olası nedenler arasında sayılabilir. ÇG uygulanmış topraklardaki MBC sonuçları artan KS dozlarıyla düşmüştür. Bu durum CO₂ sonuçlarıyla benzerlik göstermiştir. TOM değerleri ise aynı varyantta artan KS dozlarıyla düşmüştür. Bununla beraber T0 uygulamalarından daha yüksek sonuçlar vermiştir. Toprakta pH ve EC değerleri KS uygulamalarıyla düşmüştür.

Farklı dozlarda karasu eklenmiş SG-ÇG KS1, KS2 ve KS3 varyantlarının CO₂ değerlerinde oluşturduğu T0 varyantından farkları sırasıyla, 125-87, 115-69 ve 132-83 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre CO₂ değerleri karasuyun olumsuz yanlarından en az SG uygulamalarından etkilenmiştir. Bu farkların uygulamalar ve T0 oranı yüzdelik olarak sırasıyla, % 30-23, % 29-19 ve %32-23 olarak belirlenmiştir. KS'ye rağmen SG uygulamalarının CO₂ değerlerini arttırma oranı ÇG'den daha fazla olarak belirlenmiştir.

DHA değerleri için T0'a göre artışlar SG-ÇG uygulamalarında KS1, KS2 ve KS3 farkları sırasıyla, 8-27, 11-26 ve 14-28 ve bu farkların uygulama/T0 oranları yüzde olarak, 31-59, 37-59 ve 44-60 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre KS'nin artan dozlarıyla tespit edilen DHA değerlerinin hem artış miktarı hem de artış oranı ÇG uygulamalarında SG'den daha yüksek bulunmuştur. Aynı sıralamayla SG-ÇG varyantlarının MBC genel ortalama değerleri için KS1, KS2 ve KS3 farkları sırasıyla, 464-264, 217-323 ve 264-247 ve bu fark oranları % 78-67, % 63-71 ve % 71-66 olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre MBC değerleri KS1 ve KS3 dozunda SG uygulamalarıyla artmış, KS2 dozunda ÇG uygulamalarıyla daha fazla miktar ve oranda artışlar göstermiştir. Artan karasu dozlarıyla değişen TOM içeriklerinin T0 varyantından farkı, 1.33-1.19, 1.54-1.28 ve 1.51-1.01 ve bu fark miktarlarının yüzdelik oranları aynı sıralama ile %47-44, %50-46 ve %50-40

olarak hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre KS'nin TOM üzerindeki etkileri SG uygulamalarıyla önemli artışlara neden olmuştur.

Yapılan bazı araştırmalarda tarımsal alanlara karasu uygulamalarının uygun oranlarda kontrollü yayılmasının toprağın verimliliğini artırdığını ve çeşitli bileşikler geri dönüştürdüğü belirlenmiştir. Yüksek miktarda organik madde ve makro besin maddeleri (özellikle potasyum) içermeleri nedeniyle, karasu yararlı, düşük maliyetli bir ıslah ve gübre olarak düşünülebilir (Proietti ve diğerleri, 1988; Bonari ve ark., 1993).

Birçok ülkede karasu uygulamaları kısıtlı olarak topraklara verilebilmektedir. Örneğin İtalya'da karasuyun topraklara uygulanma dozu yıllık $80 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. Türkiye'de ise karasuyun topraklara uygulanması yasaktır. Yapılan birçok araştırma sonuçlarına göre, zeytin yağı atığı olan karasu uygulamaları buğdayda ürün verimini N, P, K alımını artırmaktadır. Bununla beraber toprak organik maddesi ve N, P, K içerikleri ile KDK, organik karbon ve strüktür stabilitesi karasu uygulamaları ile önemli derecelerde artmıştır (Colucci ve ark., 2002; Lopez-Pineiro ve ark., 2006).

Bu araştırma ve benzer birçok araştırma sonuçlarına göre, zeytin karasuyu içerdiği birçok fenolik materyal nedeniyle saflaştırılması ve kullanımı zor bir materyaldir. Saf olarak kullanımı tehlikeli olan bu atığı tarımsal açıdan değerlendirmenin yollarından biri toprağa uygulamaktır. Toprağa doğrudan uygulamanın birçok olası zararlarını azaltmak için zararsız bazı organik materyallerle karıştırılarak ya da zararlı materyalleri ayrıştırılarak verilmesi daha uygun olduğu sonucuna varılmıştır.

Araştırmanın genel sonuçlarına göre SG ve ÇG uygulamaları toprak mikrobiyal aktivitesini önemli ölçülerde artırmıştır. SG ve ÇG uygulamaları KS'un olumsuz etkilerini önemli derecelerde baskılamıştır. Bununla birlikte solucan gübresi ve karasu uygulamalarının bazı dozlarının neden olduğu bazı olumsuzluklar belirlenmiştir. Bu olumsuz durumların tarımsal faaliyetlere zarar vermemesi için her toprak ve ürün için mutlaka uygun dozların ön denemelerle belirlenmesi gerekmektedir. Çiftlik gübresi uygulamaları, SG uygulamalarına göre KS'un olumsuz etkilerini daha iyi bertaraf etmiştir. Organik materyallerle birlikte uygulanması yapılacak karasu çalışmalarında ÇG'nin SG'den daha iyi sonuçlar vereceği düşünülmekte ve önerilmektedir.

KAYNAKLAR

- Agbede, T.M., 2010. Tillage and fertilizer effects on some soil properties, leaf nutrient concentrations, growth and sweet potato yield on an Alfisol in southwestern. **Nigeria. Soil & Tillage Research**, 110: 25–32.
- Aktas, E.S., Imre, S. and Ersoy, L., 2001. Characterization and lime treatment of olive mill wastewater. **Water Res** 35: 2336–2340.
- Alagöz, Z., Yılmaz E. ve Öktüren, F., 2006. Organik materyal ilavesinin bazı fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine etkileri. **Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19(2): 245-254.
- Aşkın, T., Kızılkaya, R., Gülser, C., Bayraklı, B., 2004. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Kampus Topraklarının Bazı Mikrobiyolojik Özellikleri, **Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi**, 19(1), 31-36.
- Ayoub, S., Al-Absib, K., Al-Shdiefata, S., Al-Majalia, D., Hijazeen, D., 2014. Effect of olive mill wastewater land-spreading on soil properties, olive tree performance and oil quality. **Scientia Horticulturae** 175 (2014) 160–166.
- Azarmi, R., Giglou, M.T. and Taleshmikail, R.D. 2008. Influence of vermicompost on soil chemical and physical properties in tomato (*Lycopersicum esculentum*) field. **African Journal of Biotechnology**, 7(14), 2397-2401.
- Azbar, N., Bayram, A., Filibeli, A., Muezzinoglu, A., Sengul, F., Ozer, A., 2004. A review of waste management options in olive oil production. **Crit. Rev. Environ. Sci. Technol.** 34, 209–247.
- Azbar, N., Şenel, H., Ateş, E., Keskin, T., Yürüyen, A., 2006. Zeytin Karasuyunun Ortak Besi Maddesi Etkisi İle Biyolojik Parçalanabilirliğinin İyileştirilmesi. **TÜBİTAK TOVAG-105O001. Sonuç Raporu.**
- Baddi, A., G., Cegarra, J., Merlina, G., Revel, J.C., Hafidi, M., 2009. Qualitative and quantitative evolution of polyphenolic compounds during composting of an olive-mill waste-wheat straw mixture. **Journal of Hazardous Materials** 165 (2009) 1119-1123.
- Barbera, C., Maucieri, C., Cavallaro, V., Ioppolo, A., Spagna, V., 2013. Effects of spreading olive mill wastewater on soil properties and crops, a review. **Agric. Water Manag.** 119, 43–53.
- Bargougua, L., Guerguebb, Z., Chaieba, M., Brahamb, M., Mekki, A., 2019. Agro-physiological and biochemical responses of *Sorghum bicolor* in soil amended by olive mill wastewater. **Agricultural Water Management** 212 (2019) 60–67.
- Battistoni, F., Platero, R., Noya, F., Arias, A., Fabiano, E., 2001. Intracellular Fe Content Influences Nodulation Competitiveness of *Sinorhizobium meliloti* Strains as Inocula of Alfalfa. **Soil Biology & Biochemistry** 34: 593-597.
- Belaqziz, M., Lakhal, E.K., Mbouobda, H.D., Hadrami, I.E., 2008. Land spreading of olive mill wastewater: effect on maize (*Zea mays*) crop. **J. Agron.** 7, 297–305.
- Bell, T., Newman, J.A., Silverman, B.W., Turner, S.L. and Lillay, A.K., 2005. The contribution of species richness and composition to bacterial services. **J. Nature** 436: 1157–1160.
- Ben Rouina, B., Gargouri, K., Abichou, M., Taamallah, H., 2006. **Mill wastewater as an ecological fertilizer for olive tree orchards.** In: Proceeding of Second International Seminar on 'Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin', vol. 2, pp. 139–142.

- Ben Sassi, A., Boularbah, A., Jaouad, A., Walker, G., Boussaid, A., 2006. A comparison of olive oil mill wastewaters (OMW) from three different processes in Morocco. **Process Biochemistry** 41: 74-78.
- Bender, D., Erdal, İ., Dengiz, O., Gürbüz, M., ve Trakçioğlu, C., 1998. Farklı Organik Materyallerin Killi Bir Toprağın Bazı Fiziksel Özellikleri Üzerine Etkisi. M. Şefik Yeşilsoy. **International Symposium on Arid Soil**. S: 506-511. Menemen İzmir.
- Bernal, M.P., Sanchezmonedero, M.A., Paredes, C., Roig, A., 1998. Carbon Mineralization from Organic Wastes at Different Composting Stages During Their Incubation with Soil Agriculture, **Ecosystems & Environment**, 69(3), 175-189.
- Birch, H.F. and Friend, M.T., 1956. The organic matter and nitrogen status of East **African soils**. **J. Soil Sci.** 7, 156-67.
- Bonari, E., Macchia, M., Angelini, L.G., Ceccarini, L., 1993. The waste waters from olive oil extraction: their influence on the germinative characteristics of some cultivated and weed species. **Agricoltura Mediterranea** 123, 273-280.
- Carter, M.R., 2005. Long-term tillage effects on cool-season soybean in rotation with barley, soil properties and carbon and nitrogen storage for fine sandy loams in the humid climate of Atlantic Canada. **Soil and Tillage Research** 81(1): 109-120.
- Cassa, R., D'Annibale, A., Pieruccetti, F., Stazi, S.R., Sermanni, G.G., Lo Cascio, B., 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.
- Cayuela, M.L., Millner, P.D., Meyer, S.L.F., Roig, A., 2008. Potential of olive mill waste and compost as biobased pesticides against weeds, fungi, and nematodes. **Science of the Total Environment** 399 (2008) 11-18.
- Cereti, C.F., Rossini, F., Federici, F., Quarantino, D., Vassilev, N., Fenice, M., 2004. Reuse of microbially treated olive mill wastewater as fertiliser for wheat (*Triticum durum* Desf.). **Bioresource Technol.** 91, 135-140.
- Chaari, L., Elloumi, N., Mmseddi, S., Gargougri, K., Ben rouina, B., Mechichi, T., Kallel, M., 2014. Effects of olive mill wastewater on soil nutrients availability. **Int. J. Interdiscip. Multidiscip. Stud.** 2 (1), 175-183.
- Chaari, L., Elloumi, N., Mmseddi, S., Gargougri, K., Ben rouina, B., Mechichi, T., Kallel, M., 2015. Changes in soil macronutrients after a long-term application of olive mill wastewater. **J. Agric. Chem. Environ.** 4, 1-13.
- Chaouil, H.I., Zibilske, L.M. and Ohno, T., 2003. Effects of earthworm casts and compost on soil microbial activity and plant nutrient availability. **Soil Biology & Biochemistry**, 35: 295-302.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M., Stefanoudaki, E., 2006. **Application of olive mill wastewater on olive orchards: effects on soil properties, plant performance and the environment**. In: Proceeding of Second International Seminar on 'Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin', vol. 2, pp. 37-42.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M., Stefanoudaki, E., 2010. Application of olive mill wastewater to a Cretan olive orchard: effects on soil properties, plant performance and the environment. **Agric. Ecosyst. Environ.** 138, 293-298.

- Colucci, R., Bari, V.D., Ventrella, D., Marrone, G., Mastroilli, M., 2002. The effect of oilmill effluents on soil aggregation properties. In: Pagliai, M., Jones, R. (Eds.), *Sustainable Land Management-Environmental Protection. A Soil Physical Approach. Adv. Geocol.*, 35, pp. 91–100.
- Cooper, J.M. and Warman, P.R., 1997. Effects of three fertility amendments on soil dehydrogenase activity, organic C and pH. *Canadian Journal Of Soil Science*, 281-283.
- Çağlar, K.Ö., 1949. Toprak Bilgisi. *A.Ü. Zir. Fak. Yayınları*:10, s 230.
- Çengel, M., Ersaçan, Z., Acunaz, C., 1988. İncir, üzüm ve zeytinyağı işletme atıklarının toprakta mikrobiyolojik mineralizasyonu ve organizma grupları üzerine etkileri. **Tariş AR-GE. Proje no: 010**, İzmir.
- Çıtak, S., Sönmez, S., Koçak, F. ve Yasin, S., 2011. Vermikompost ve ahır gübresi uygulamalarının ıspanak (*Spinacia oleracea* L.) bitkisinin gelişimi ve toprak verimliliği üzerine etkileri. **Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi**, 28(1): 56-69.
- Çolak, A.K., 1980. Toprak biyolojisi Ders Notları. *Ç.Ü. Ziraat Fak. Yayınları*: 451.
- Dammak, I., Khoufi S., Sayadi S., 2016. A performance comparison of olive oil millwastewater enzymatic treatments. **food and bioproducts processing** 100 (2016) 61–71.
- Dammak, I., Nakajima, M., Sayadi, S., Isoda, S., 2015. Integratedmembrane process for the recovery of polyphenols from olivemill water. *J. Arid Land Stud.* 25–33, 85–88.
- Demir, H., Polat., E., Sönmez, İ., 2010. Ülkemiz için yeni bir organik gübre: solucan gübresi. **Tarım Aktüel** (14), 54-60, Nisan 2010.
- Doğan K., Ağca N., Karanlık S. 2020. Effect of Earth Worm (Annelida, Lumbricidae) And Organic Adding On Soil Microbial Activities in Presence Of Olive Mill Wastewater. **Fresenius Environmental Bulletin**. Volume 29. No: 07/2020. pp. 4930-4938.
- Doğan, K., Gök, M., Coşkan, A., 2006. **Denitrification Rated Soil Respiration with Respect to Organic Substrate Applications in Çukurova Region**. Proceedings of the Workshop for the Research Project on the Impact of Climate Changes on Agricultural Production System in Arid Areas (ICCAP). March 9-10, 2006. Kyoto, JAPAN. P. 42-45.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Ağca, N., 2016. Zeytin Karasuyunun Ekolojik Yollarla Bertaraf Edilmesi ve Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi. **Çukurova Tarım Gıda Bil. Dergisi**. 31(3): 7-12.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Coşkan, A., 2016. Contribution Of Green Manure, Rhizobium And Humic +Fulvic Acid On Recovering Soil Biologic Activity Of Olive Mill Wastewater Contaminated Soil. **Scientific Papers. Series A. Agronomy**, Vol. LIX, p. 63-68.
- Doğan, K., Sarioğlu, A., Şakar, E., Karanlık, S., 2018. Zeytin Karasuyu, Isıl İşlem Görmüş Solucan Gübresi Ve Çiftlik Gübresi Uygulamalarının Toprak Mikrobiyal Aktivite Değişimlerine Etkisi. Süleyman Demirel Üniversitesi **Ziraat Fakültesi Dergisi** 1. Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı 151-159.
- Durrant, M.C., 2001. Controlled Protonation of Iron-Molybdenum Cofaktör by Nitrogenase: A structural and theoreticel Analysis. **Department of Biological**

- Chemistry**, John Innes Centre, Norwich Research Park, Colney, Norwich NR4 7UH, U.K.
- Ekenler, M. and Tabatabai, M.A., 2002. b-Glucosaminidase activity of soils: effect of cropping systems and its relationship to nitrogen mineralization, **Biol Fertil Soils** (2002) 36:367–376.
- Erdem, S., Yarımtepe, C.C. ve Ayman Öz, N., 2015. Zeytin Karasuyunun Arıtım Yöntemleri. **Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi** 2015:1, 81-110.
- Ergene, A., 1987. **Toprak Biliminin Esasları**. Atatürk Üniv. Yayınları. No. 635, Ders kitapları serisi. No. 47, 222-232
- Fernández, D.A., Roldán, A., Azcón, R., Caravaca, F., Bååth, E., 2012. Effects of water stress, organic amendment and mycorrhizal inoculation on soil microbial community structure and activity during the establishment of two heavy metal-tolerant native plant species. **Microb Ecol.** 2012;63(4):794–803. doi: 10.1007/s00248-011-9972-y.
- Ferreira, M.E., Cruz, M.C.P., da Da Cruz, M.C.P., 1992. Effects of compost from municipal wastes digested by earthworms on the dry matter production of maize and on soil properties. **Cientifica Jaboticabal**, 20 (1), 217-226.
- Fisher, R.F., 1995. Soil Organic Matter: Clue or Conundrum? P. 1-11.-In: W.W.McFee and J.M. Kely (eds.): Carbon Forms and Functions in Forest Soils. **Soil Science Society of America**, Madison, Wisconsin USA
- Galli, E., Rosique, J.C., Tomati, D., Roig, A., Senesi, N., Miano, T.M., 1992. Effect of humified materials on plant metabolism. Humic substances in the global environment and implications on human health. **Proceedings of the 6th International Meeting of the International Humic Substances Society**, Sept. 20-25, 595-600, Monopoli (Bari), Italy.
- Gök, M., Doğan, K., Coşkan, A., 2006. Effect of Divers Organic Substrate Applications on Denitrification and Soil Respiration Under Different Plant Vegetation in Cukurova Region. **International Symposium on Water and Land Management For Sustainable Irrigated Agriculture in memory of Prof. Dr. Osman Tekinel**. Cukurova Uni. April 4-8, 2006. Adana-TURKEY.
- Greco, Jr. G., Toscano, G., Cioffi, M., Gianfreda, L., Sannino, F., 1999. Dephenolisation of olive mill waste-waters by olive husk. **Water Research**, 33: 3046–3050.
- Haktanır, K., Arcak, S., 1997. **Toprak Biyolojisi**. Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Toprak Böl. Yayın No: 1486. Ders Kitabı: 447. ANKARA.
- Hernández, A.F., Roig, A., Serramiá, N., Civantos, C.G.O., Monedero, M.A.S., 2014. Application of compost of two-phase olive mill waste on olive grove: Effects on soil, olive fruit and olive oil quality. **Waste Management** 34 (2014) 1139–1147.
- Hernández, A., Mateos, R., García-Mesa, J.A., Beltrán Maza, G., Fernández-Escobar, R., 2010. Determination of mineral elements in fresh olive fruits by flame atomic spectrometry. **Span. J. Agric. Res.** 8 (4), 1183–1190.
- Hooper, D.U., Bignell, D.E., Brown, V.K., 2000. Interactions between aboveground and belowground biodiversity in terrestrial ecosystems: patterns, mechanisms, and feedbacks. **Bioscience** 50: 1049–1061.
- Hyde, K., Smith, A., Smith, M., Henningsson, S., 2001. The Challenge of waste minimization in the food and drink industry: a demonstration project in East Anglia, UK. **J. Clean. Prod.** 9 (1), 57e64.

- Ibarra, A., Sniderman, Z. 2008. Olive polyphenol concentrate. **US patent application** 20080014322 A1. January 17th.
- Isidori, M., Lavorgna, M., Nardelli, A., Parrella, A., 2005. Model study on the effect of 15 phenolic olive mill wastewater constituents on seed germination and *Vibrio fischeri* metabolism. **J. Agric. Food Chem.** 53, 8414–8417.
- İkizoğlu, E., Haskök, S., 2005. Zeytin karasuyunun fiziksel kimyasal ve ileri yükseltgeme yöntemleriyle arıtımı syf.8. Ege Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Biyomühendislik Bölümü. Kimya mühendisliği tmmob kimya mühendisleri odası **journal of chamber of chemical engineers** Nisan/Haziran 2005 Sayı: 167 48 s
- Jenny, H., Bingham, F. and Padilla-Sarava, B. (1948). Nitrogen and organic matter contents of equatorial soils of Colombia, **S.A. Soil Sci.** 66, 173-86.
- Jenny, H., Salem, A.E. and Wallis, J.R., 1968. **Interplay of soil organic matter and soil fertility with state factors and soil properties.** In 'Study Week on Organic Matter and Soil Fertility' pp. 5-36. Pontificae Academiae Scientiarum, Scripta Varia 31. (North Holland Publishing Co.: Amsterdam)
- Kacar, B., 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri: II. Bitki Analizleri, **Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Yayınları**: 453, Uygulama Klavuzu:155.
- Karaçal, İ., ve Tüfenkçi, Ş., 2010. Bitki Beslemede Yeni Yaklaşımlar ve Gübre Çevre İlişkisi, **Ziraat Mühendisliği VII.Teknik Kongresi**, 257-268, 11-15 Ocak, Ankara
- Karpouzias, D.G., Rousidou, C., Papadopoulou, K.K., Bekris, F., Zervakis, G.I., Singh, B.K., Ehaliotis, C., 2009. Effect of continuous olive mill waste water applications, in the presence and absence of nitrogen fertilization, on the structure of rhizosphere soil fungal communities. Federation of European Microbiological Societies Published by Blackwell Publishing Ltd. All rights reserved **FEMS Microbiol Ecol** 70 (2009) 388–401.
- Kocaer, F.O., Uçaroğlu, S., Başkaya, H.S., 2004. Karasuyun arazide arıtım yöntemiyle bertarafı **Uludağ Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi**, Cilt 9, Sayı 2, 2004 69s [http://kutuphane.uludag.edu.tr/Univder/PDF/muh/2004-9\(2\)/mak07.pdf](http://kutuphane.uludag.edu.tr/Univder/PDF/muh/2004-9(2)/mak07.pdf)
- Kokkoraa, M., Vyrlassa, P., Papaioannou, Ch., Petrotosb, K., Gkoutsidisa P., Leontopoulou, S. and Makridisa Ch., 2015. Agricultural use of Microfiltered Olive mill Wastewater: Effects on Maize Production and Soil Properties. **Agriculture and Agricultural Science Procedia** 4 (2015) 416 – 424.
- Kotsou, M., Mari, I., Lasaridi, K., Chatzipavlidis, I., Balis, C. and Kyriacou, A., 2004. The effect of olive mill wastewater on soil microbial communities and suppressiveness against *Rhizoctonia solani*. **Appl Soil Ecol** 26: 113–121.
- Köksal, S.B., Aksu, G. ve Altay, H., 2017. Vermikompostun Bazı Toprak Özellikleri ve Pazı Bitkisinde Verim Üzerine Etkisi. **ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.** 2017: 5 (2): 123–128 ISSN: 2147–8384
- Kurzatkowski, D., Martius, C., Hofer, H., Garcia, M., 2004. Litter decomposition, microbial biomass and activity of soil organisms in three agroforestry sites in central Amazonia. **Nutrient Cycling in Agroecosystems** 69, 257-267.
- Kuzyakov, Y., Subbotina, I., Chen, H., Bogomolova, I., Xingliang X., 2009. "Black carbon decomposition and incorporation into soil microbial biomass estimated by ¹⁴C labelling", **Soil Biology & Biochemistry** 41, 210-219.

- Lal, R., 2020., Soil organic matter and water retention. **Agronomy Journal**. 2020; 112: 3265– 3277. <https://doi.org/10.1002/agj2.20282>.
- Laudelout, H., Meyer, J. and Peeters, A. (1960). Les relations quantatives entre le teneur en matière organique du sol et le climat. **Agricultura, Louvain** 8, 103-40.
- Levi-Minzi R., Riffaldi R., Saviozzi A. 1990. Carbon mineralization in soil amended with different organic materials. **Agriculture, Ecosystems and Environment** 31, 325-335
- Lopez-Pineiro, A., Fernandez, J., Nunes, J., García-Navarro, A., 2006. Response of soil and wheat crop to the application of two-phase olive mill waste to Mediterranean agricultural soils. **Soil Sci.** 171, 728–736.
- Lorenz, K., 2001. **The role of microorganisms and organic matter quality for nutrient mineralization and Carbon composition of organic layers in forests as influenced by site properties and soil management**, Hohenheimer bodenkundliche Hefte, Hohenheim Uni. Stuttgart
- Magdich, S., Ben Ahmed, C., Jarboui, R., Ben Rouina, B., Boukhris, M., Ammar, E., 2013. Dose and frequency dependent effects of olive mill wastewater treatment on the chemical and microbial properties of soil. **Chemosphere** 93 (2013) 1896–1903
- Magdicha, S., Abida, W., Boukhris, M., Ben Rouinab, B., Ammar, E., 2016. Effects of long-term olive mill wastewater spreading on the physiological and biochemical responses of adult Chemlali olive trees (*Olea europaea* L.). **Ecological Engineering** 97 (2016) 122–129
- Malayoğlu, H.B. ve Aktaş, B., 2011. Zeytin Yağı İşleme Yan Ürünlerinden Zeytin Yaprağı ile Zeytin Karasuyunun Antimikrobiyal ve Antioksidan Etkileri. **Hayvansal Üretim** 52(1):49-58.
- Markin, D., Duek, L. 2003. Berdicevsky, I. In vitro antimicrobial activity of olive leaves. **Mycoses** 46: 132-136.
- Marschner, P., Kandeler, E. and Marschner, B., 2003. Structure and Function of The Soil Microbial Community in a Long Term Fertilizer Experiment. **Soil Biology & Biochemistry** 35, 453-461.
- Marsilio, V., Di Giovacchino, L., Costantini, N., Di Serio, M., Vito, R., 2006. Effect of the olive mill wastewater (OMW) spreading for many years on olive trees and grapevine cultivations. In: **Proceeding of Second International Seminar on 'Biotechnology and Quality of Olive Tree Products Around the Mediterranean Basin'**, vol. 2, pp. 545–548.
- Mechri, B., Ben Mariem, F., Braham, M., Ben Elhaj, S., Hammami, M., 2008. Change in soil properties and soil microbial community following land spreading of olive mill wastewater affects olive trees key physiological parameters and abundance of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biol. Biochem.** 40, 152–161.
- Mekki, A., Dhoub, A., Sayadi, S., 2006. Changes in microbial and soil properties following amendment with treated and untreated olive mill wastewater. **Microbiological Research** 161 (2006) 93-101.
- Mekki, A., Dhoub, A., Feki, F., Sayadi, S., 2013. Review: effects of olive mill wastewater application on soil properties and plants growth. **Int. J. Recycl. Org. Waste Agric.** 2, 15.

- Mulinacci, N., Romani, A., Galardi, C., Pinelli, P., Giaccherini, C., Vincieri, F.F., 2001. Polyphenolic content in olive oil waste waters and related olive samples. **J. Agri. Food Chem.** 49, 358–3514.
- Olsen, S.R., V. Cole, F.S. Watanabe and L.A. Dean, 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. **U.S. Dept. of Agric. Circ.** 939.
- Oruç, N., 2012. Zeytinyağı Fabrikası Atığı Karasu Ekolojik Kirlilik Yerine Toprak Düzenleyici Olabilir. **SAÜ Fen Edebiyat Dergisi** (2012-1). Sf. 35-45.
- Oved, T., Shaviv, A., Goldrath, T., Mandelbaum, R.T., Minz, D., 2001. Influence of effluent irrigation on community composition and function of ammoniaoxidizing bacteria in soil. **Appl. Environ. Microbiol.** 67, 3426–3433.
- Paredes, C., Cegarra, J., Roig A, Sanchez-Monedero, M.A., and Bernel, M.P., 1999. Characterization of olive mill wastewaters (alpechin) and its sludge for agricultural purposes. **Bioresource Technol** 67: 111–115.
- Perucci, P., 1992. Eynzyme activity and microbial biomass in a field soil amended with municipal refuse. **Biology and Fertility of Soils**, 14, 55-60.
- Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M.A. and Gianfreda, L., 2006. Shortterm effects of olive mill wastewater (OMW) on chemical and biochemical properties of a semiarid Mediterranean soil. **Soil Biol Biochem** 38: 600–610.
- Piotrowska, A., Iamarino, G., Rao, M.A., Gianfreda, L., 2006. Short-term effects of olive mill waste water on chemical and biochemical properties of a semiaridMediterranean soil. **Soil Biol. Biochem.** 38, 600–610.
- Proietti, P., Cartechini, A., Tombesi, A., 1988. Influenza delle acque reflue di frantoio oleari su olivi in vaso e in campo. **L'Informatore Agrario** 45, 87–91.
- Püskülcü, G., Dikmelik, Ü., Akıllıoğlu, A., 1995. **Karasudan elde edilen tortunun zeytinde gübre olarak kullanılması üzerinde bir araştırma**. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü. Proje kod no:14-2-06-3, Zeytincilik Araştırma Enstitüsü, Bornova, İzmir.
- Ramirez, D.S., Espinoza, Y. and Martinez, V.A., 2007. Land use effects on microbial biomass C, β -glucosidase and β -glucosaminidase activities, and availability, storage, and age of organic C in soi. **Biology and Fertility of Soils**, 45 (5);487-497. L.
- Reed, H.E. and Martiny, J.B.H., 2007. Testing the functional significance of microbial composition in natural communities. **FEMS Microbiol Ecol.** 62: 161–170.
- Rinaldi, M., Rana, G., Introna, M., 2003. Olive-mill wastewater spreading in southern Italy: effects on a durum wheat crop. **Field Crops Res.** 84, 319–326.
- S'Habou, R., Zairi, M., Dhia, H.B., 2005. Carcterisation et impacts environnementaux du stockage des eaux residuaires d'extraction d'huile d'olive. **Environ. Technol.** 26, 35–45 (in French, with English abstract).
- Sarioğlu, A., Doğan, K., Kızıltuğ, T., Coşkan, A., 2017, Organo-Mineral Fertilizer Applications For Sustainable Agriculture. Scientific Papers. **Series A. Agronomy**, Vol. LX, ISSN 2285-5785, 161-166.
- Scalia, G.L., Micale, R., Cannizzaro, L., Marra, F. P., 2017. A sustainable phenolic compound extraction system from olive oil mill wastewater. **Journal of Cleaner Production** 142 (2017) 3782e3788.
- Serio, M.G., Lanza, B., Mucciarella M.R., Russi F., Iannucci E., Marfisi P., Madeo A., 2008. Effects of olive mill wastewater spreading on the physico-chemical and

- microbiological characteristics of soil. **International Biodeterioration & Biodegradation** 62 (2008) 403–407.
- Sinsabaugh, R.L., Lauber, C.L., Weintraub, M.N., Ahmed, B., Allison, S.D., Crenshaw, C., 2008. Stoichiometry of soil enzyme activity at global scale. **Ecology Letters** 11, 1252–1264.
- Sousa, A., Ferreira, ICFR., Calhelha, R., Andrade P.B., Valentão, P., Seabra, R. 2006. Phenolics and antimicrobial activity of traditional stoned table olives “alcaparra”. **Bioorg. Med. Chem.** 14: 8533- 8538.
- Spain, A.V., Isbell, R.F. and Probert, M.E. (1983). **Soil organic matter**. In: ‘Soils: an Australian viewpoint’, Division of Soils, CSIRO, pp. 551-563. (CSIRO: Melbourne/Academic Press: London).
- Sparling, G.P. and Ross, D.J. 1993. **Biochemical methods to estimate soil microbial biomass**: current developments and applications. In: Mulongoy K, Merckx R (eds) *Soil organic matter dynamics and sustainability of tropical agriculture*. Wiley-Sayce, Leuven, Belgium, pp 17–21.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., Beaton, J.D., Havlin, J.L., 2004. Toprak Verimliliği ve Gübreler. Çev. Nuri Güzel. 6. Baskı. **Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No. 246. Ders Kitapları** Yayın No. A-80.
- U.S. Salinity laboratory staff, 1954. **Diagnosis and Improvement of Saline and Alkaline Soils**, USDA No: 6.
- Wang, B., Allison, S.D., 2019. Emergent properties of organic matter decomposition by soil enzymes. **Soil Biology and Biochemistry** 136 (2019) 107522.
- Wang, B., Lerdau, M., He, Y., 2017. Widespread production of non-microbial greenhouse gases in soils. **Global Change Biology** 23, 4472–4482.
- Werner, D., 1987. **Pflanzliche und Mikrobielle Symbiosen**. Georg Thieme Verlag Stuttgart. New York.
- Zenjari, B., Nejmeddine, A., 2001. Impact of spreading olive mill wastewater on soil characteristics: **laboratory experiments**. **Agronomie** 21, 749–755.
- Zirehpour, A., 2012. Jahanshahi M, Rahimpour A. Unique membrane process integration for olive oil mill wastewater purification. **Sep Purif Technol.** 2012; 96:124-7.