



T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü



YAĞIŞ BENZETİCİ KOŞULLARINDA FARKLI MALÇ MALZEMELERİNİN DRENAJ, YÜZEY AKIŞ VE TOPRAK KAYBI ÜZERİNE ETKİLERİ

Doktora Tezi

Houndonougbo Marius HOUNDONOUGBO

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

İzmir
2024

T.C.
EGE ÜNİVERSİTESİ
Fen Bilimleri Enstitüsü

**YAĞIŞ BENZETİCİ KOŞULLARINDA FARKLI
MALÇ MALZEMELERİNİN DRENAJ, YÜZEY AKIŞ
VE TOPRAK KAYBI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Houndonougbo Marius HOUNDONUGBO

Danışman: Prof. Dr. Gökçen YÖNTER

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı
Toprak Bilimi Doktora Programı

İzmir
2024

EGE ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI

EÜ Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliğinin ilgili hükümleri uyarınca Doktora Tezi olarak sunduğum “Yağış Benzetici Koşullarında Farklı Malç Malzemelerinin Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Üzerine Etkileri” başlıklı bu tezin kendi çalışmam olduğunu, sunduğum tüm sonuç, doküman, bilgi ve belgeleri bizzat ve bu tez çalışması kapsamında elde ettiğimi, bu tez çalışmasıyla elde edilmeyen bütün bilgi ve yorumlara atıf yaptığımı ve bunları kaynaklar listesinde usulüne uygun olarak verdiğimi, tez çalışması ve yazımı sırasında patent ve telif haklarını ihlal edici bir davranışımın olmadığını, bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya diğer bir üniversitede başka bir tez çalışması içinde sunmadığımı, bu tezin planlanmasından yazımına kadar bütün safhalarda bilimsel etik kurallarına uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim.

01/08/2024

Houndonougbo Marius HOUNDONUGBO

ÖZET**YAĞIŞ BENZETİCİ KOŞULLARINDA FARKLI MALÇ
MALZEMELERİNİN DRENAJ, YÜZEY AKIŞ VE TOPRAK KAYBI
ÜZERİNE ETKİLERİ**

HOUNDONUGBO, Houndonougbo Marius

Doktora Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Gökçen YÖNTER

Temmuz 2024, 89 Sayfa

Bu çalışmada, laboratuvar koşullarında, yağış benzetici altında farklı malç malzemelerinin drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Malç malzemeleri olarak biyokömür, vermikompost ve buğday samanı kullanılmıştır. Denemeler, %9 eğim, 100 mm.h⁻¹ yağış şiddeti, Fulljet 50WSQ püskürtücü ve killi tın bünyeli toprak ile kontrollü yapay yağış altında gerçekleştirilmiştir. Bu koşullarda farklı dozlarda, biyokömür (1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹), vermikompost (1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹) ve saman (0.25 - 0.50 - 1.00 t.da⁻¹) malç malzemeleri toprağa karıştırma ve serme şeklinde uygulanmıştır.

Sonuçlar, farklı malç malzemelerinin drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerinde önemli farklılıklar yarattığını göstermiştir. Özellikle, saman malçı, yüzey akışı azaltarak drenajı artırmış, aynı zamanda toprak kaybını da önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, saman malçının uygulama dozlarının 0.5 t.da⁻¹'ya ulaştığında yüzey akış ve toprak kaybının sıfırlandığı gözlemlenmiştir. Biyokömür ve vermikompost malçları ise samana göre, drenaj ve yüzey akışını daha az etkilemiş, fakat toprak kaybını önemli ölçüde azaltmıştır. Ayrıca, biyokömür ve vermikompost, toprağa serme şeklinde uygulandığında, 5.0 t.da⁻¹ uygulama dozuyla yüzey akışı ve toprak kaybını engellediğini göstermiştir. Bu bulgular, erozyon kontrolü ve su yönetimi stratejilerinde malç kullanımının önemini vurgulamaktadır.

Bu çalışmanın erozyon kontrol yöntemlerinin geliştirilmesine ve toprak koruma stratejilerinin iyileştirilmesine katkı sağlaması beklenmektedir.

Anahtar sözcükler: Biyokömür, Vermikompost, Saman malçı, Drenaj, Yüzey akış, Toprak kaybı ve Yağış benzetici.

ABSTRACT**EFFECTS OF DIFFERENT MULCH MATERIALS ON DRAINAGE,
RUNOFF AND SOIL LOSS UNDER RAIN SIMULATOR CONDITIONS**

HOUNDONOUGBO, Houndonougbo Marius

PhD's Thesis in Department of Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Prof. Dr. Gökçen YÖNTER

July 2024, 89 pages

In this study, the effects of various mulch materials on drainage, runoff and soil loss under rainfall simulator were investigated under laboratory conditions. Biochar, vermicompost and wheat straw were used as mulch materials. The experiments were conducted under controlled artificial rainfall with 9% slope, 100 mm/h rainfall intensity, Fulljet 50WSQ nozzle and clay loam soil. Under these conditions, different doses of biochar (1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹), vermicompost (1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹) and straw (0.25 - 0.50 - 1.00 t.da⁻¹) mulch materials were applied by mixing and laying on the soil.

The results showed that different mulch materials produced significant differences in drainage, runoff and soil loss. In particular, straw mulch improved drainage by reducing surface runoff, but also significantly reduced soil loss. It was also observed that when the application doses of straw mulch reached 0.5 t.da⁻¹, runoff and soil loss were zero. Biochar and vermicompost mulches affected drainage and runoff less than straw, but significantly reduced soil loss. Furthermore, biochar and vermicompost, when applied as mulches, completely prevented runoff and soil loss at an application rate of 5.0 t.da⁻¹. These findings emphasize the importance of mulch in erosion control and water management strategies.

This study is expected to contribute to the improvement of erosion control methods and soil conservation strategies.

Keywords: Biochar, Vermicompost, Straw mulching, Drainage, Runoff, Soil Loss and Rainfall simulator.

ÖNSÖZ

Toprak erozyonunu azaltmak, su tutma kapasitesini arttırmak ve bitki büyümesini desteklemek malç malzemelerinin üstlendiği rollerden bazılarıdır. Farklı malç malzemelerinin etkinliğinin değerlendirilmesi sürdürülebilir tarım uygulamaları ve toprak yönetimi açısından önemlidir. Bu çalışma, yağış benzetici koşullarında farklı malç malzemelerinin drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerine etkilerini incelemek amacıyla hazırlanmıştır.

Araştırmamın ilk aşamasında, laboratuvar koşullarında yağış benzetici kullanarak farklı malç malzemelerinin drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkileri incelenmiştir. Daha sonra, elde edilen veriler, istatistiksel olarak değerlendirilmiş ve tarım alanlarında malç kullanımının su yönetimi ve toprak koruma açısından etkinliği ortaya koymayı amaçlanmıştır.

Bu çalışmanın gerçekleştirilmesi birçok kişi ve kurumun katkısıyla mümkün olmuştur. Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı ve Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (Proje No: 23206), araştırmamıza maddi ve manevi destek sağlamışlardır.

Bu çalışmanın sonuçları tarım ve çevre bilimlerinde gelecekte yapılacak araştırma ve uygulamalara ışık tutacaktır.

İZMİR

01/08/2024

Houndonougbo Marius HOUNDONOUGBO

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ETİK KURALLARA UYGUNLUK BEYANI.....	ix
ÖZET	vii
ABSTRACT	ix
ÖNSÖZ	xi
İÇİNDEKİLER	xiii
ŞEKİLLER DİZİNİ	xv
TABLolar DİZİNİ.....	xvii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ	xviii
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR TARAMASI	5
2.1. Biyokömürün Tanımı, Üretimi, Tarımsal ve Çevresel Önemi	5
2.2. Türkiye'de Biyokömür Kullanımı	7
2.3. Vermikompostun Tanımı, Üretimi, Toprak Sağlığına Etkileri	7
2.4. Saman Malçının Tanımı, Kullanımı, Tarımsal ve Ekolojik Etkileri	10
2.5. Biyokömür, Vermikompost ve Saman Üzerindeki Çalışmalar	11
2.6. Yağış Benzeticinin Tarımsal Araştırmalarda Kullanımı	21
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Malç Malzemelerinin Temini ve Denemeye Hazırlanması.....	23
3.2. Toprak Örneğinin Alınması ve Analizlere Hazırlanması	24

İÇİNDEKİLER (devam)

3.3. Toprak Örneğinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri	24
3.4. Erozyon Parsellerinin Hazırlanması	27
3.5. Yağış Benzetici Düzenegi ve Yağışların Uygulanması	33
3.6. Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Saptanması.....	34
3.7. Denemelerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	39
4.1. Araştırma Toprağının Fizikokimyasal Göstergeleri ve Değerlendirilmesi.....	39
4.2. Deneme Verilerinin Dağılım Normalligi Denetlenmesi	42
4.3. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Miktarları ve Değerlendirilmesi.....	44
4.3.1. Drenaj miktarları ve değerlendirilmesi	44
4.3.2. Yüzey akış miktarları ve değerlendirilmesi	48
4.3.3. Toprak kaybı miktarları ve değerlendirilmesi.....	51
4.4. Farklı Malç Dozlarından Elde Edilen Sonuçların Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Arasındaki İlişkiler	54
4.5. Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Arasındaki İkili İlişkiler.....	60
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	62
KAYNAKLAR DİZİNİ	64
TEŞEKKÜR.....	86
ÖZGEÇMİŞ	87

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 2. 1. Biyokömür üretim şeması	5
Şekil 2. 3. Vermikompost üretim tesis modeli	8
Şekil 2. 4. Toprakların metabolik onarımı.....	10
Şekil 2. 5. Kirlilik ve tarımın çevre üzerindeki etkileri	11
Şekil 3. 1. Saman malçının hazırlanmasına ait görüntüler	23
Şekil 3. 2. Uygulama dozlarına göre hazırlanmış saman, biyokömür ve vermikompost malç malzemeleri.....	24
Şekil 3. 3. Araştırmada kullanılan metal erozyon parselinin şematik görünüşü ...	27
Şekil 3. 4. Araştırmada kullanılan metal erozyon parseli	28
Şekil 3. 5. Erozyon parselinin tabanına çakıl konulması ve yüzeyinin düzeltilmesi	28
Şekil 3. 6. Düzeltilmiş çakıl tabakası yüzeyine tülbent bezi serilmesi	29
Şekil 3. 7. Tülbent bezinin üzerine toprak örneği doldurulması ve %9'luk eğim tablası üzerine yerleştirilmesi	29
Şekil 3. 8. Toprak örneğine farklı dozlardaki biyokömürün serme şeklinde uygulanması.....	30
Şekil 3. 9. Toprak örneğine farklı dozlardaki biyokömürün karıştırma şeklinde uygulanması.....	30
Şekil 3. 10. Toprak örneğine farklı dozlardaki vermikompostun serme şeklinde uygulanması.....	30
Şekil 3. 11. Toprak örneğine farklı dozlardaki vermikompostun karıştırma şeklinde uygulanması.....	31
Şekil 3. 12. Toprak örneğine farklı dozlardaki saman malçının serme şeklinde uygulanması.....	31
Şekil 3. 13. Toprak örneğine farklı dozlardaki saman malçının karıştırma şeklinde uygulanması.....	31
Şekil 3. 14. Araştırmada kullanılan %9'luk eğim tablasının görüntüsü.....	32
Şekil 3. 15. Yağış benzeticinin şematik yapısı	33
Şekil 3. 16. Araştırmada kullanılan yağış benzeticinin görüntüsü	33

ŞEKİLLER DİZİNİ (devam)

Şekil 3. 17. Drenaj, yüzey akış ve toprak kayıplarının belirlenmek deneme düzeneği	35
Şekil 3. 18. Yağış uygulamasından sonra toplanan drenaj suyuna ait görüntü.....	36
Şekil 3. 19. Yağış uygulamasından sonra toplanan yüzey akış ve sediment kapları	36
Şekil 3. 20. Etüvde kurutulmak üzere cam beherlere aktarılan sedimentler	37
Şekil 4. 1. Toprak bünye üçgenine göre toprak örneğinin bünyesi.....	41
Şekil 4. 2. Drenaj Bakımından Q-Q Plot Grafiği	42
Şekil 4. 3. Yüzey Akış Bakımından Q-Q Plot Grafiği	43
Şekil 4. 4. Toprak kaybı Bakımından Q-Q Plot Grafiği	43
Şekil 4. 5. Saman malçı uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları.....	45
Şekil 4. 6. Biyokömür uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları	46
Şekil 4. 7. Vermikompost uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları	47
Şekil 4. 8. Saman malçı uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları.....	48
Şekil 4. 9. Biyokömür uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları	50
Şekil 4. 10. Vermikompost uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları ..	51
Şekil 4. 11. Saman malçı uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları ..	52
Şekil 4. 12. Biyokömür uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları	53
Şekil 4. 13. Vermikompost uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları	54
Şekil 4. 14. Drenaj değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar ...	56
Şekil 4. 15. Yüzey akış değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar	58
Şekil 4. 16. Toprak kaybı değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar.....	59
Şekil 4. 17. Drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler ve bu ilişkileri gösteren katsayılar.....	61

TABLÖLAR DİZİNİTabloSayfa

Tablo 4.1. Deneme Toprağının Fizikokimyasal Göstergeleri	39
Tablo 4.2. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Verilerin Shapiro-Wilk Normality Testi	44
Tablo 4.3. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Sonuçların Kruskal Wallis-H Testi	55



SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
AR-GE	Araştırma ve geliştirme
C	Karbon
EC	Elektriksel İletkenlik
EEA	European Environment Agency
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü (Food and Agriculture Organisation)
GHG	Sera Gazları (Greenhouse Gases)
OM	Organik Madde
ORCID	Open Researcher and Contributor ID
PAM	Poliakrilamid
Q-Q	Quantile–Quantile
SOC	Toprak organik karbonu (Soil Organic Carbon)
SOM	Toprak organik maddesi (Soil Organic Matter)
STR	Saturasyon
TÜBİTAK	Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WSQ	Wide Square Spray (Geniş Kare Püskürtme)

1. GİRİŞ

Tarımsal alanlarda, şiddetli yağışlar toprakta erozyona neden olur, derin oluklar açılır ve toprağın verimli unsurları taşınır. Yüzey akışla sedimentlerin hareketi ve su kalitesinin bozulması, tarım arazilerinin erozyonundan kaynaklanmaktadır. Toprağın su erozyonuna duyarlılığı, yağmurun etkisi altında toprak parçacıklarının bozulmasına, stabilitesine ve tutunmasına bağlıdır (Zhang et al., 2015a).

Dünyanın en ciddi çevre sorunlarından biri toprak erozyonudur. Toprağın bozulmasına ve toprak verimliliğinin azalmasına yol açtığı gibi, taşkınlar, nehirlerin sedimentle dolması ve kirlitici maddelerden kaynaklanan su kirliliği gibi diğer birçok çevresel soruna da yol açar (Zhang et al., 2015b). Son zamanlarda, araştırmalar toprak erozyonunun küresel ısınmaya neden olabileceğini göstermiştir (Li et al., 2017). Toprağın verimliliğinin yeniden kazanılması ve ekolojik çevrenin korunması açısından toprağın su tarafından erozyona uğratılmasının önlenmesi önemlidir. Su erozyonu, yağmur damlalarının enerjisinden ve agregatların bunlara direnme kararlılığından kaynaklanır (Kukal and Sarkar, 2010). Toprak restorasyonu için farklı yöntemler vardır. Bu kapsamda, toprağın korunması için çeşitli malçlar uygulanmıştır (Ruy et al., 2006).

Malçların toprak erozyonunu kontrol etme potansiyeli önemlidir. Bitki örtüsünün olmadığı durumlarda toprağı yağmurdan korumak için organik malçlar kullanılabilir. Yağmur damlası erozyonu, toprağın durumu, eğim ve eğim uzunluğu, malç uygulama oranı ve türü malçlamanın etkinliğini etkileyen faktörlerden bazılarıdır (Poesen and Lavee, 1991; Smets et al., 2008).

Toprak erozyonunun önlenmesinde samanla malçlama çok etkili olabilir. Saman malç yağmurun etkisini absorbe etmeye yardımcı olabilir. Saman malçlama kök bölgesinde kaybedilen su miktarını azaltır. Malçlar toprağı düzeltmek için kullanılır (Kukal and Sarkar, 2010). Saman ile yapılan malçlama, iyi bir toprak koruma uygulamasıdır (Morgan, 2005). Saman malçı, yağmurun enerjisini absorbe ederek toprak yüzey yapısını korumak mümkündür. Saman malcı kök bölgesindeki

suyunu buharlaşmadan koruyarak kuraklık stresi altında bitki büyümesini sağlar (Lin et al., 2015).

Toprağa biyokömür uygulamasının Çin'de bulunan ultisoller gibi aşırı derecede yıpranmış topraklarda toprak verimliliğini arttırdığı bildirilmiştir (Lehmann, 2007). Toprağı biyokömürle destekleyen önceki çalışmalar, genellikle toprak verimliliğini, ürün miktarını ve biyokömürün toprağın fiziksel özellikleri üzerine etkilerine odaklanmıştır. Birkaç çalışma, biyokömürün toprak erozyonu üzerine etkisine, özellikle de farklı biyokömür uygulama oranlarının ve tanecik boyutunun toprak erozyonu üzerindeki etkisine değinmiştir. Son zamanlarda yapılan bazı araştırmalarda, toprağa biyokömür eklenmesinin toprak kaybını ve yüzey akışı önemli ölçüde azaltılabileceğini belirlemiştir (Abrol et al., 2016; Sadeghi et al., 2016). Bununla birlikte, bu çalışmalar, esas olarak toprağın fizikokimyasal özelliklerindeki gelişmeleri analiz etmeye odaklandıklarından, toplam erozyonla ilgili yalnızca sınırlı veriler sunduğundan ve biyokömürü toprağa, toprağın kendisine dahil etmediklerinden sınırlı kalmıştır. Aynı zamanda, Peng et al. (2016), biyokömürün yüzey akışını ve toprak kaybını etkilemedeki rolünün karmaşık olduğunu ve bu nedenle daha fazla çalışma gerektirdiğini belirtmiştir.

Son zamanlarda, erozyonla bozulan topraklarda verimliliği ve bitki büyümesini yeniden sağlamak için kuzey Vietnam'da vermikompost kullanılmıştır (Jouquet et al., 2011; Ngo et al., 2011 ; Doan et al., 2013a ; Doan et al., 2013b). Organik madde değişikliğinin sudaki mineral azot ve bakterilerin transferi üzerindeki olumsuz etkisini azaltmak için vermikompost kullanılmaktadır (Jouquet et al., 2011; Amossé et al., 2013 ; Doan et al., 2014). Yakın zamanda yapılan çalışmalar, biyokömürün stabilitesini artırmak ve organik maddenin çözünürlüğünü azaltmak için vermikompost ile birlikte kullanılabileceğini de ortaya koymuştur (Ngo et al., 2013; Doan et al., 2014).

Bir tarım bölgesinde toprak erozyonunu etkili bir şekilde sınırlamak için hatırlanması gereken temel ilkeler şunlardır: (1) Hem yüzey akış oluşumu hem de erozyon açısından baskın süreçlere göre farklı bölgelerin tanımlanması, (2) Toprağın yağmur etkisinden korunması, (3) Yüzey akış oluşumunun geciktirilmesi

ve azaltılması: infiltrasyon kapasitesinin ve depolama kapasitesinin arttırılması, (4) Hızını ve konsantrasyonunu sınırlayarak sedimentlerin aşınma ve taşınma kapasitesinin azaltılması (Derancourt, 1995).

Erozyonla mücadelele yönelik bir programın uygulanması, çok sayıda tarımsal paydaşın müdahalesini gerektirir (çiftçiler, mühendisler, seçilmiş yetkililer, teknisyenler, araştırmacılar, vb.). Tarım arazilerinde çözümler çiftçilerin kendileri tarafından, meslek kuruluşlarının (Ziraat Odası vb.) tavsiyesi ile uygulanmalıdır. Tarımsal parsellerin dışında, kırsal alan söz konusu ise tarım ve orman müdürlüklerinin, kentsel alanın korunması söz konusu ise Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığına bağlı müdürlüklerin ortak yönetimi ile çözümler hayata geçirilmelidir. İki husus dikkate alınmalıdır: (1) Tarımsal önleyici yön (Toprağın yapısında yapılan herhangi bir değişikliğin zaman içindeki stabilitesinde ve yağışa ilişkin davranışında bir değişikliğe yol açması nedeniyle yetiştirme tekniklerini içermektedir), (2) Hidrolik iyileştirici yön (Çeşitli düzenlemeler) (Derancourt, 1995).

Sıfır toprak işleme, bazı durumlarda yağmur damlalarının etkisini sınırlandırabilir ve yüzey akışı önemli ölçüde azaltabilir. Bitki kalıntılarının yüzeyde kalıcılığı (malç etkisi) toprak yüzeyini çok iyi korumaktadır. Toprak işlemesiz koşullarda yüzey pürüzlülüğünün düşük olması nedeniyle yüzey akışının toplam miktarı bazen daha yüksek olur, bu da daha düşük yüzey tutulmasına neden olmaktadır. Hasat artıklarının gömülmemesi aynı zamanda organik maddenin toprak profiline dönüşünü de engellemektedir. Son olarak, toprak işlemesiz, tekerlek izlerinin kaldırılmasına izin vermemektedir, bu da yüzey akışın hızlı bir şekilde başlamasını teşvik eder. Sonuç olarak, toprak işlemenin ortadan kaldırılması, günümüzde su erozyonuna karşı çok etkili görünmektedir; yoğunlaşmış akışın neden olduğu erozyonun hakim olduğu bir bağlamda bu durum biraz daha az gibi görünmektedir. Bu yöntemin doğru uygulanması için, yüzey hidrolojisi ve erozyon açısından farklı rollere sahip olan mekânsal alt birimlerin bir havza içindeki varlığının dikkate alınması gerekmektedir (Derancourt, 1995).

Malçlama, yağmur damlalarının etkisiyle (sıçrama etkisi) etkili bir şekilde mücadele etmeyi mümkün kılmaktadır. Koruyucu bir perde teşkil ederek yüzey pürüzlülüğü oluşturmakta, yüzey akışın kinetik enerjisini kırarak suyun akışını yavaşlatmakta ve böylece toprak kayıpları önemli ölçüde azalmaktadır (Derancourt, 1995).

Bu tez çalışmasında, farklı malç malzemelerinin yağış benzetici koşullarında, 100 mm/h yağış şiddetinde, Fulljet 50WSQ püskürtücü ve killi tın bünyeli toprak ile drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkileri belirlendikten sonra, toprak ve su korunumunda doz ve uygulama şekliyle birlikte kullanılabilecek en uygun malç malzemelerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı dozlarda, malç malzemeleri toprağa serme ve karıştırma şekilde uygulanmıştır. Daha sonra, deneme parsellerine 100 mm.h^{-1} şiddetinde yağış uygulanmış ve yağış uygulamalarından elde edilen sonuçlara göre, toprak ve su korunumunda kullanılan malzemelerin etkinliği analiz edilmiştir.

2. LİTERATÜR TARAMASI

2.1. Biyokömürün Tanımı, Üretimi, Tarımsal ve Çevresel Önemi

Biyokömür, biyokütlenin pirolizi (300-1000°C) ile üretilen C açısından zengin bir maddedir. Hem tarımsal hem de çevresel açıdan çok özelliğe sahiptir. Biyokömür, tarımsal kalıntılar, odun atıkları veya diğer bitki biyokütleleri gibi organik maddelerin pirolizi ile elde edilen bir kömür şeklidir. Bu dönüşüm biyokütleyi, esas olarak C'dan oluşan ve toprağa dahil edilebilen stabil bir malzemeye dönüştürür (Sohi et al., 2009).

Piroliz, biyokömür üretiminde en yaygın yöntemdir (Şekil 2.1). Biyokütle çok az oksijenle veya hiç oksijen olmadan 300°C ile 1000°C arasında ısıtılır. Bu işlem organik maddeyi sentez gazı, biyo-yağ ve biyokömür'e parçalar. Katı biyokömür diğer gaz ve sıvı yan ürünlerden ayrılır. Bu yan ürünler de enerji veya kimyasal kaynağı olarak kullanılabilir. Piroliz, düşük sıcaklık (300-500°C) ve yüksek sıcaklık (500-1000°C) olmak üzere iki ana kategoriye ayrılmaktadır. Düşük sıcaklık piroliz, yüksek C verimine sahip, stabil ve toprak iyileştirme için ideal bir biyokömür üretir. Yüksek sıcaklık piroliz ise besin maddelerinin ve kirleticilerin adsorpsiyonunu destekleyen daha geniş bir spesifik yüzey alanına ve daha fazla gözenekliliğe sahip bir biyokömür üretir (Carrillo, 2021).



Şekil 2. 1. Biyokömür üretim şeması (Carrillo, 2021)

Biyokömürdeki gözenekler suyu tutarak bitkiler için su kullanılabilirliğini artırır. Biyokömür, toprak sıkışmasını azaltmaya yardımcı olur ve daha iyi havalandırmayı sağlayarak kök büyümesini kolaylaştırır. Geniş spesifik yüzey alanı ve katyon değişim kapasitesi sayesinde biyokömür besin maddelerini tutabilir ve bunları kademeli olarak bitkilere bırakabilir. Biyokömür topraktaki besin maddelerini stabilize ederek kimyasal gübre ihtiyacını azaltabilir, böylece çiftçiler için maliyetleri düşürür ve nitrat ve fosfat sızıntısından kaynaklanan kirlilik riskini sınırlandırır. Biyokömür çok kararludur ve yüzyıllar boyunca C tutabilir, böylece atmosferdeki sera gazlarının azaltılmasına yardımcı olur. Biyokömür toprağa karıştırıldığında, tarımsal faaliyetler sonucu ortaya çıkan iki güçlü sera gazı olan metan ve azot oksit emisyonlarını azaltabilir. Biyokömür üretimi, aksi takdirde yakılacak veya düzenli depolanacak olan organik atıkların geri dönüştürülmesini mümkün kılarak daha sürdürülebilir bir atık yönetimi çözümü sunmaktadır. Biyokömür, atık su ve kirli topraklardaki kirleticileri filtrelemek ve adsorbe etmek, su kalitesini ve ekosistemlerin sağlığını iyileştirmek için kullanılabilir (Sohi et al., 2009; Singh et al., 2010; Jeffery et al., 2011; Carrillo, 2021; Mandal et al., 2016).

Sonuç olarak biyokömür, tarım ve çevre için önemli faydalar sunmaktadır. Kararlı bir C'lu malzeme olarak toprak kalitesinin iyileştirilmesine yardımcı olurken C tutma ve atık yönetimine de katkıda bulunur. Üretimi ve kullanımı, daha sürdürülebilir tarım ve çevresel etkilerin etkili bir şekilde azaltılması için umut verici bir yol sunmaktadır. Biyokömür, tarımsal toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini iyileştirmek için kullanılır, bozulmuş toprakları restore etmek ve maden sahalarını rehabilite etmek için kullanılır, kirleticileri adsorbe etme özelliği sayesinde biyokömür su arıtma sistemlerinde kullanılır ve piroliz yan ürünleri yenilenebilir enerji kaynağı olarak kullanılabilir. Bu nedenle biyokömür, tarımsal uygulamaların sürdürülebilirliğini artırmak ve iklim değişikliğini hafifletmeye yardımcı olmak için umut verici bir teknolojiyi temsil etmektedir (Lehmann and Joseph, 2015; Florine, 2024; Woolf et al., 2010; Jeffery et al., 2011; Schmidt and Shackley, 2016; Kammann et al., 2012).

2.2. Türkiye'de Biyokömür Kullanımı

Türkiye'de biyokömürün kullanımı, tarımsal ve çevresel alanlardaki potansiyelini keşfetmeye yönelik hem akademik hem de girişimlerle hızla yaygınlaşıyor. Dinamik bir tarım sektörüne ve artan çevresel kaygılara sahip olan Türkiye, biyokömürü toprak verimliliğini arttırmak, organik atıkları yönetmek ve sera gazı emisyonlarını azaltmak için bir çözüm olarak görmektedir (Sümer vd., 2016; Önal and Saral, 2020).

Türkiye'de, tarımsal topraklarda biyokömür kullanımı, özellikle kuraklık veya toprak bozulmasından etkilenen alanlarda verimliliği artırmak için araştırılmaktadır. Örneğin İstanbul Üniversitesi, Ankara Üniversitesi ve Ege Üniversitesi gibi birçok üniversite ve araştırma enstitüsünde, biyokömürün farklı toprak türleri ve ürünler üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar yürütülmektedir. Türkiye'de yerel girişimler tarımsal atıkları biyokömüre dönüştürerek atık hacmini azaltmakta ve faydalı bir toprak iyileştirici sağlamaktadır. Örneğin İzmir Belediyesi, biyokömür üretmek için yeşil atıkların pirolizini denemektedir. Bu projelerin amacı sadece atıkları verimli bir şekilde yönetmek değil, aynı zamanda yüksek kaliteli bir toprak iyileştirici üretmektir (Sümer vd., 2016; Önal and Saral, 2020).

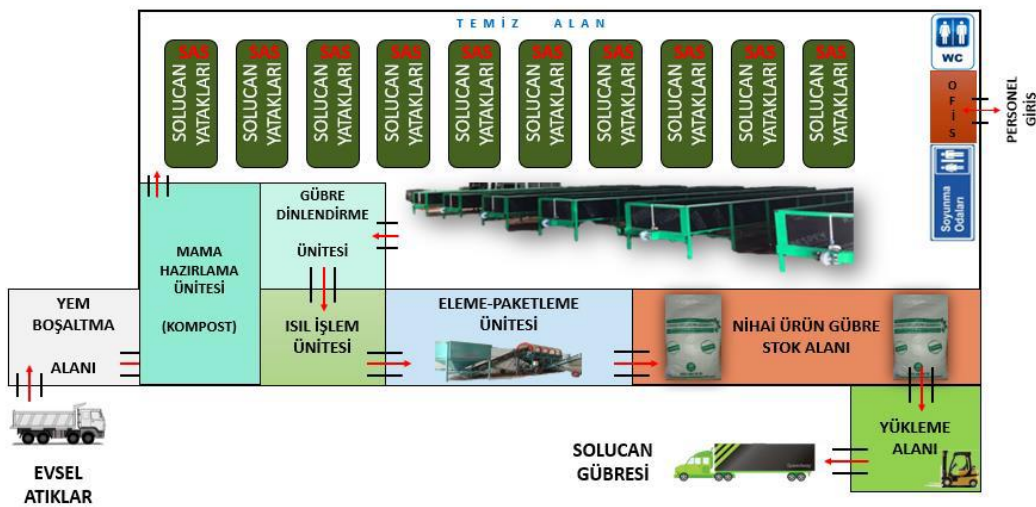
Türkiye'de biyokömür kullanımı, tarımı geliştirmek ve çevresel sürdürülebilirliğe katkıda bulunmak için önemli bir potansiyele sahiptir. Araştırmacıların, çiftçilerin ve yerel yönetimlerin ortak çabaları bu potansiyelin kullanılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Bu alanda gelecekte kaydedilecek gelişmeler, farkındalığın artırılmasına, üretim maliyetlerinin düşürülmesine ve uygun destek politikalarının uygulanmasına bağlı olacaktır (Sümer vd., 2016; Önal and Saral, 2020).

2.3. Vermikompostun Tanımı, Üretimi, Toprak Sağlığına Etkileri

Vermikompost olarak da bilinen solucan gübresi, vermikompostlama olarak bilinen bir süreçte, genellikle *Eisenia fetida* veya *Eudrilus eugeniae* türlerinden

olan toprak solucanlarının etkisiyle üretilen bir kompost türüdür. Esas olarak mikrobiyal ayrışmaya dayanan geleneksel kompostlamanın aksine, vermikompostlama organik maddenin ayrışmasını hızlandırmak için solucanların sindirim kapasitelerinden yararlanır (Singh et al., 2010).

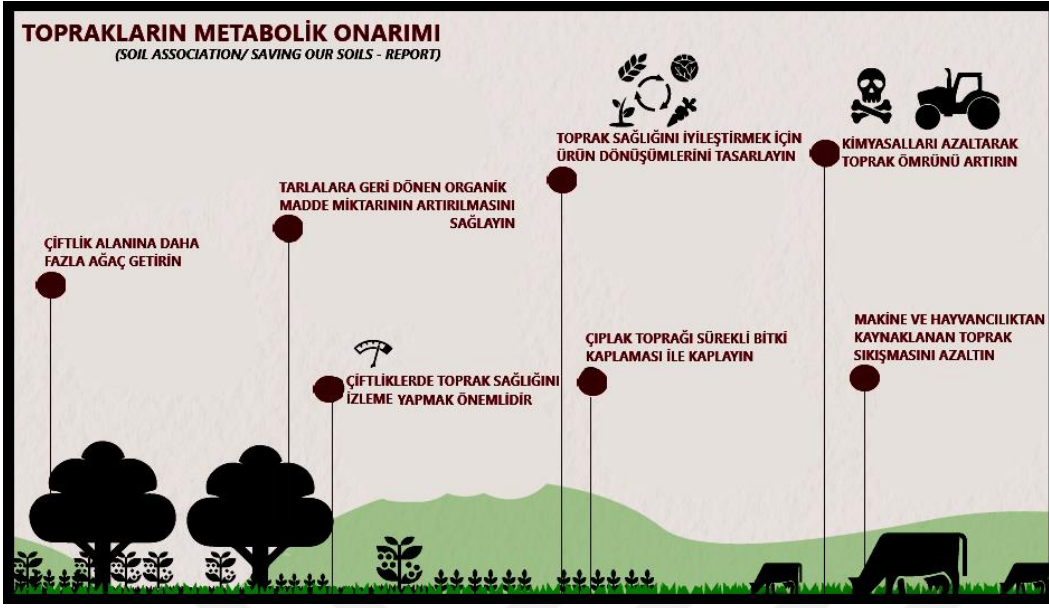
Vermikompost üretim süreci, mutfak artıkları ve bahçe atıkları gibi organik atıkların toplanmasıyla başlar. Haşereleri çekebilecek ve kötü kokulara neden olabilecek süt ürünleri, et ve yağlardan kaçınmak önemlidir. Solucanlar, rendelenmiş kâğıt, karton, ölü yapraklar ve yaş gübre gibi malzemeleri içerebilen bir yatak ortamına yerleştirilir. Bu malzeme sadece solucanlar için bir taban sağlamakla kalmaz, aynı zamanda kompostun nemini ve dokusunu dengelemeye de yardımcı olur. Solucanlar organik atıkları tüketir ve sindirir. Sindirim sistemlerindeki mikroorganizmalar, karmaşık maddelerin daha basit bileşiklere ayrılmasında önemli bir rol oynar. Organik madde solucanların sindirim sisteminden geçer ve vermikast olarak bilinen dışkı şeklinde dışarı atılır. Bu vermikastlar besin maddeleri ve toprak için faydalı mikroorganizmalar açısından zengindir. Birkaç ay sonra olgun vermikompost hasat edilir. Son ürün, toprak iyileştirici olarak kullanılabilen koyu renkli, ufalanan, kokusuz bir malzemedir (Lalitha et al., 2000; Edwards and Arancon, 2004). Şekik 2.2’te vermikompost üretim tesis modeli sunulmuştur.



Şekil 2.2. Vermikompost üretim tesis modeli (Solucan gübresi kooperatifi, 2020)

Vermikompost, azot, fosfor, potasyum ve çeşitli mikro besinler dahil olmak üzere temel bitki besinleri açısından zengindir. Bu elementler bitkiler tarafından kolayca asimile edilebilecek formlarda mevcuttur. Organik maddeleri parçalamaya ve besin maddelerini geri dönüştürmeye yardımcı olan bakteri ve mantar gibi faydalı mikro organizmaları bol miktarda içerir. Bu, topraktaki biyolojik aktiviteyi artırır ve daha iyi bitki büyümesini destekler. Vermikompost, su tutma kapasitesini ve havalandırmayı artırarak toprak yapısını iyileştirir. Bu, özellikle sıkışabilen ağır, killi topraklar için faydalıdır. Vermikompost uygulanması, solucanlardan faydalı bakteri ve mantarlara kadar çok çeşitli toprak organizmaları için bir yaşam alanı ve besin kaynağı sağlayarak topraktaki biyolojik çeşitliliği teşvik eder. Organik maddeyi faydalı bir ürüne dönüştürerek, vermikompost daha sürdürülebilir tarım ve bahçe uygulamalarını destekler. Vermikompost kullanımı kimyasal gübreye olan bağımlılığı azaltarak toprak ve su kirliliği riskini azaltır. Sonuç olarak vermikompost, organik atıkların işlenmesi için çevre dostu bir çözüm sunarken, toprak sağlığını birçok yönden iyileştiren son derece faydalı bir toprak iyileştiricidir. Toprağı temel besin maddeleri ve mikro organizmalarla zenginleştirirken, sürdürülebilir tarım ve bahçeciliği teşvik etmek için etkili bir yöntemdir (Atiyeh et al., 2000; Gülsün, 2021).

Soil Association'un 2016 yılında hazırladığı Toprakları Korumanın 7 Yolu raporunun üzerine geliştirdiği 2021'deki agroekolojik tarım dönüşümü temalı Topraklarımızı Korumak: Toprak Sağlığı, Doğa ve İklim Raporu, iklim, doğa, çevre ve canlı sağlığı konusunda önemli bağlantılar kurmaktadır. Agroekolojik yaklaşım, toprak sağlığına ihtiyaç duyulan bütünlüklü bir çiftçiliğin oluşturulmasına yardımcı envanter sunmaktadır (Şekil 2.3).



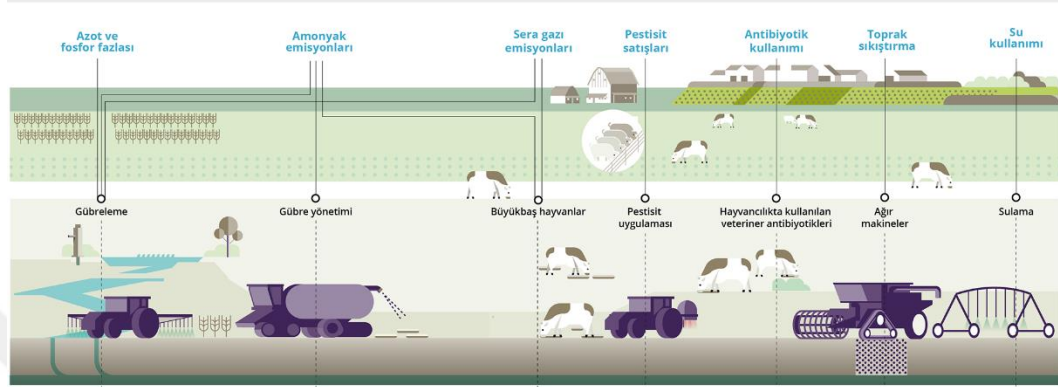
Şekil 2.3. Toprakların metabolik onarımı (Soil Association, 2016)

2.4. Saman Malçının Tanımı, Kullanımı, Tarımsal ve Ekolojik Etkileri

Saman malçı, buğday, arpa, yulaf veya çavdar gibi tahılların kurutulmuş sap ve yapraklarından yapılır. Hasattan sonra, bu ürün artıkları genellikle çeşitli uygulamalar için malç olarak kullanılır (Akalin, 2015; EEA, 2023).

Saman malçı, toprağı örtmek ve ekinleri rüzgar ve yağmur gibi kötü hava koşullarından korumak için kullanılır. Suyun topraktan buharlaşmasını azaltmaya yardımcı olarak nemin daha iyi tutulmasını sağlar ve sulama sıklığını azaltır. Saman malçı, ışığın toprağı ulaşmasını engelleyerek yabancı otların çimlenmesini ve büyümesini azaltır. Toprağı daha sabit bir sıcaklıkta tutarak genç bitkiler için faydalıdır. Saman ayrıştıkça toprağı organik madde ile zenginleştirerek yapısını ve verimliliğini artırır. Toprağı samanla örtterek rüzgar ve suyun neden olduğu erozyonu sınırlanır. Saman malçı, toprağı rüzgar ve yağmurun neden olduğu erozyondan korur. Yüzey akışları sınırlandırarak, besin maddelerinin ve pestisitlerin komşu su yollarına taşınmasını ve böylece su kirliliğini azaltır. Saman ayrıştıkça toprağı organik madde ekler, bu da C'un yakalanmasına ve depolanmasına yardımcı olur (Akalin, 2015; EEA, 2023).

Sonuç olarak su tasarrufu, toprağın korunması ve verimliliğin artırılması saman malçlarının faydalarından sayılmaktadır. Ancak potansiyel olumsuz etkilerini en aza indirecek şekilde yönetilmesi gerekmektedir. Şekil 2.4'te, kirlilik ve tarımın çevre üzerindeki etkileri sunulmuştur.



Şekil 2.4. Kirlilik ve tarımın çevre üzerindeki etkileri (European Environment Agency, 2023)

2.5. Biyokömür, Vermikompost ve Saman Üzerindeki Çalışmalar

Toprak erozyonu, küresel çevreyi etkileyen en ciddi sorunlardan biridir (Zhao et al., 2018). Toprak erozyonunun etkileri arasında, tarımsal üretimin azalmasına, toprak özelliklerinin bozulmasına ve düşük su kalitesine yol açan arazi bozulması, sediment ve besin taşınması yer almaktadır (Pimentel et al., 1995). Uygun olmayan toprak yönetimi uygulamaları ve arazi kullanımı, genel olarak, artan erozyon oranları gibi topraklar üzerinde bu etkilere neden olmaktadır (FAO, 1998; Lucas-Borja et al., 2019 ; Shabanpour et al., 2020).

Olası bir çözüm, farklı malç malzemelerinin kullanılmasıdır (Prats et al., 2017). "Malç" terimi, toprak yüzeyinde kalıcı veya yarı kalıcı bir koruyucu örtü görevi gören toprak veya canlı bitki örtüsü dışındaki malzemeleri ifade etmektedir. Malç, toprağı yağmur damlalarının etkisine karşı korur, yüzey akışın hem oranını hem de hızını azaltır, daha iyi infiltrasyon kapasitesi sağlar ve su alımını ve depolanmasını artırmaktadır. Malçların bu faydalı etkileri, su ve toprak kaybı oranlarını önemli ölçüde azaltır (Tarolli et al., 2015). Biyokömür, vermikompost ve saman malçlarının drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkileri hakkında

yapılan araştırmalar, bu malzemelerin tarımsal ve çevresel faydalarını vurgulamaktadır.

Yapılan araştırmalara göre, biyokömür, toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirerek su tutma kapasitesini artırır ve toprak yoğunluğunu azaltmaktadır. Bu zelliklerin toprak kaybını azaltmaya yardımcı olduğu bildirilmiştir. Biyokömür uygulamaları, özellikle kaba dokulu ve kumlu topraklarda daha etkili bulunmuştur. Toprak agregat stabilitesini artırarak, toprağın su infiltrasyonunu iyileştirir ve böylece erozyon riskini azalttığını bildirilmiştir. Biyokömürün etkinliği, uygulama oranı ve parçacık boyutuna bağlı olduğu vurgulanmıştır. Çok disiplinli uygulama potansiyeli nedeniyle biyokömür, küresel gıda güvensizliği, baş gösteren iklim değişikliği sorunlarıyla mücadele etmek ve evre sorunlarını ele almak için maddi inovasyonun n saflarında yer almaktadır (Oni et al., 2019; Das et al., 2021; Nepal et al., 2023 ; Matisic et al., 2024).

Biyokömür, yüksek C içeriği, yüksek gözenekliliği ve spesifik yüzey alanı nedeniyle uygulanması toprak iyileştirici olarak çok sayıda fayda sunabilmektedir (Lehmann, 2007; Oni et al., 2019; Das et al., 2021). Biyokömürün toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiği, özellikle uzun süreli uygulamalarda, tarımsal verimliliği artırdığı bildirilmiştir (Joseph et al., 2010; Burrell et al., 2016; Zhang et al., 2021; Joseph et al., 2021; Diatta et al., 2020).

Genel olarak, biyokömürün yararı, toprağın fiziksel özelliklerini iyileştirdiği ve su tutmayı artırdığı için kaba dokulu kumlu topraklar için iyi bir şekilde gösterilmiştir (Das et al., 2021 ; Joseph et al., 2021). Toprak iyileştiricisi olarak uygulanan biyokömürün en önemli etkilerinden biri toprak agregat stabilitesinin iyileştirilmesidir (Herath et al., 2013 ; Liu et al., 2014 ; Burrell et al., 2016 ; Du et al., 2017 ; Bai et al., 2019 ; Zhang Q. et al., 2020a ; Islam et al., 2021). 6 yıl boyunca, saman ve samandan elde edilen biyokömürün sürekli olarak değiştirilmesi, piriç-buğday rotasyon sisteminde st 0-40 cm'de toprak agregasyonunu artırmıştır (Bai et al., 2019 ; Zhang Q. et al., 2020b). Kolza tohumu ve patates ekim sisteminde 1 yıl boyunca kırmızı dağ toprağına uygulanan buğday saman biyokömürü (pH 10.35, uygulama oranı 2-40 t/ha) toprak agregat stabilitesini, mikroagregat içeriğini

artırırken kolza tohumu ve tatlı patates verimini de artırdığı bildirilmiştir (Liu et al., 2014). Biyokömür uygulamasının, artan gözenek boyutu ve agregat stabilitesi yoluyla toprağın hacim ağırlığı ve toprağın su tutmasını iyileştirdiği de bildirilmiştir (Hardie et al., 2014; Rasa et al., 2018; Wang et al., 2019; Razzaghi et al., 2020; Kang et al., 2022). Biyokömürün bir diğer faydası da toprak sıkışmasının azaltılması olabilmektedir, ancak bu etki kısa ömürlü (< 2 yıl) ve daha yüksek biyokömür uygulama oranlarında (> 10 ton/ha) daha etkili görünmektedir (Verheijen et al., 2019; Blanco-Canqui, 2021).

Mahsul artıklarından elde edilen biyokömür, toprak sıkışmasını azaltma konusunda daha belirgin bir etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Bhattarai et al., 2015; Blanco-Canqui, 2021). Uzun vadeli deneyler, kısa vadeli laboratuvar ve saha deneylerine kıyasla toprağın fiziksel özelliklerinde genellikle minimum değişiklik olduğunu bildirmiştir (Blanco-Canqui, 2017; Islam et al., 2021). Biyokömür kontrolü ve daha büyük partikül boyutu fraksiyonu ile karşılaştırıldığında, küçük ve orta ölçekli partiküllere sahip biyokömür değişikliği toprağın hacim ağırlığı önemli ölçüde azaltmış ve genel gözenekliliği, toprak pH'ını ve elektrik iletkenliğini iyileştirmiştir (Zeeshan et al., 2020). Biyokömürün genel olarak fiziksel toprak ortamını iyileştirdiği, uzun süreli uygulamalar sırasında kum bünyeli topraklarda daha fazla olduğu bildirilmiştir; toprak-ürün sistemi için uygun yönetim yaklaşımını belirlemek amacıyla yalnızca farklı göstergeler üzerindeki etkiyi kesin olarak ölçmek için daha uzun süreli uygulama oranlarına ihtiyaç duymaktadır (Blanco-Canqui, 2017).

Biyokömür, yüzey özellikleri ve bağlı fonksiyonel grupları nedeniyle besin maddeleri ve kirleticiler için mükemmel bir adsorban olarak işlev gördüğü bildirilmiştir (Carey et al., 2015; Gong et al., 2019 ; Yuan et al., 2019). Bu nedenle biyokömür, toprağın besin maddelerini ve tarımsal kimyasalları emme ve tutma kabiliyetini artırırken buharlaşmalarını ve yüzey ve yeraltı sularına sızmalarını azalttığı, böylece toprağın besin maddesi tutma oranını artırdığı bildirilmiştir. Daha önce de belirtildiği gibi biyokömür, toprak hacim ağırlığı azaltarak (sıkıştırma), su tutma, drenaj, havalandırma ve kök penetrasyonunun yanı sıra düşük su içeriği

nedeniyle toprağın su tutma kapasitesini ve işlenebilirliğini geliştirerek fiziksel toprak ortamını iyileştirdiği bildirilmiştir (Downie et al., 2012). Biyokömür, kalıcılığı nedeniyle, potansiyel olarak binlerce yıl boyunca daha uzun C yarı ömrü nedeniyle toprak kalitesi ve C birikimi üzerinde kalıcı bir etki sağladığı bildirilmiştir (Lehmann et al., 2003 ; Oliveira et al., 2017). Jones et al. (2011, 2012) biyokömürün hacim ağırlığı, toprak organik maddesinin bozulması ve organik C salınımı gibi toprağın fiziksel özelliklerini değiştirdiğini ve potansiyel bir toprak C’u tutma yöntemi olduğunu öne sürmüştür. Küçük ve orta büyüklükteki partiküllerle biyokömür ilavesi, toprak pH’sını ve elektrik iletkenliğini önemli ölçüde azaltmıştır (Zeeshan et al., 2020). Buna ek olarak, küçük partikül boyut fraksiyonu toprak organik madde (OM) içeriğini ve doygunluğunu önemli ölçüde iyileştirmiştir (Gorovtsov et al., 2020 ; Han et al., 2022).

Genel olarak, kimyasal bileşimi ve özellikleri nedeniyle biyokömür, özellikle faydalı olabileceği zayıf verimli ve bozulmuş topraklarda tarımsal üretimi artırmak için kullanılabilir. Biyokütle atıklarından elde edilen biyokömür, toprağın su tutma kapasitesini artırmış ve tarımsal ilaç ve gübre akışını azaltmıştır (Woolf et al., 2010; Verheijen et al., 2019). Biyokömürün, öncelikle alkali pH ve yapısı nedeniyle temel toprak biyolojik özelliklerini geliştirdiği, toprak gözenekliliğini, agregasyonunu ve su tutma kapasitesini iyileştirdiği, böylece toprak besin biyoyararlanımını ve mikrobiyal büyümeyi teşvik ettiği bildirilmiştir (Lehmann, 2007; Warnock et al., 2007; Joseph et al., 2010; Lehmann et al., 2011; Beheshti et al., 2018). Bununla birlikte, biyokömürün partikül boyut fraksiyonu toprak özelliklerini önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Mevcut durumda, biyokömürün toprağın biyolojik ortamını iyileştirdiği kabul edilse de, bunun başlıca nedeni biyokömürün alkali pH’ı ve agregasyon kapasitesi olduğu bildirilmiştir (Lehmann et al., 2011; Joseph et al., 2021); biyokömürün özellikle toprak verimliliğini ve kalitesini artırmak için daha çok toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine odaklanmıştır, ancak toprağın biyolojik etkisi, özellikle toprak mikroorganizmaları ve faunası üzerindeki etkisi, gelecekte daha fazla araştırılması gereken önemli bir husus olmaktadır.

Biyokömür, gözenekli yapısı sayesinde suyun toprakta daha iyi dağılmasını ve infiltrasyonunu teşvik etmektedir. Biyokömür, toprağın su tutma kapasitesini artırarak yüzey akışını azaltabilmektedir. Daha fazla su toprak tarafından emildiği için yüzey akışı ve buna bağlı erozyon riski azalmaktadır. Biyokömürün toprağa eklenmesi, toprak yapısını iyileştirir ve toprağın erozyona karşı direncini artırmaktadır. Toprak agregatlarını stabilize eder ve bu da toprak kaybını azaltmaktadır (Sohi et al., 2010). Biyokömürün toprağa sürdürülebilir şekilde dahil edilmesi, toprağın organik madde içeriğini artırmada ve çıplak toprak koşullarında bile erozyonu azaltmada etkili olduğu bildirilmiştir (Jien et Wang, 2013; Verheijen et al., 2015 ; Abrol et al., 2016; Smith, 2016; Verheijen et al., 2019).

Rumpel et al. (2015), biyokömürün karbonize edilmemiş bitki organik maddesine göre erozyona ne ölçüde daha duyarlı olduğunun yeterince açık olmadığı sonucuna varmıştır. O zamandan beri, orman yangınından sonra tarlaya odun malç ve biyokömür uygulayan tek çalışma Rhoades et al. (2017), bir biyokömür-odun malçının toprak N mevcudiyetini ve su mevcudiyetini arttırdığını, ancak erozyon üzerindeki etkileri ölçmediğini bulmuştur. Sadeghi et al. (2016), ince dokulu topraklarda biyokömür uygulamasını kullanarak karışık sonuçlar bulmuştur, Jien and Wang (2013) ise esas olarak biyokömür kullanarak artan agrega stabilitesine bağlı erozyonda azalmalar bulmuşlardır.

Bu tanım, toprakların gelecek nesiller için kullanılabilir olmasını sağlayacak şekilde yönetilmesini vurgulamaktadır. Fiziksel, kimyasal ve biyolojik göstergeler farklı toprak yönetimini değerlendirmek için kullanılmaktadır ve bunların tümü biyokömür uygulamasından önemli ölçüde etkilenebilmektedir (Cardoso et al., 2013 ; Das et al., 2021). Biyokömür, bitkiler için geliştirilmiş besin biyoyararlanımı, yapısal agregasyon, su tutma kapasitesi ve faydalı mikrobiyal aktivite ile optimum biyolojik aktivite elde etmek için toprak kalitesini iyileştirmek için bir toprak ıslahı olarak kullanılabilir (Doran and Zeiss, 2000 ; Das et al., 2021; Tan et al., 2022). Toprak organik maddesi (SOM) ve besin depolama ve değişim alanları olarak hizmet eden kil mineralleri, toprak sağlığının temel unsurlarıdır ve biyokömür toprağa dahil edilir edilmez önemli ölçüde etkilenecek

toprak sağlığını etkilemektedir (Joseph et al., 2010; Amonette et al., 2021). Zenginleştirilmiş mikrobiyal çeşitliliğe ve aktiviteye sahip topraklar genellikle yönetim uygulamalarına karşı daha dirençli olduğu ve bu durum biyokömür uygulamaları ile farklı topraklarda gösterildiği bildirilmiştir (Beheshti et al., 2018; Wang et al., 2019 ; Diatta et al., 2020 ; Palansooriya et al., 2022).

Biyokömür, mahsul kalıntıları, odun yongaları, hayvan gübresi, katı yan ürünler vb. dahil olmak üzere çok çeşitli hammaddelerden yerel ve ticari olarak retilbildiğinden, toprakta ve suda emici olarak kullanım için nispeten ucuz bir seçenek olmaktadır. Son zamanlarda, istenen fiziksel ve kimyasal özellikleri içeren biyokömür üretimini optimize edebilen bir teknoloji sayesinde, biyokömür, toprak kirliliğinin arıtılması, metallerin (loidler) ve kirleticilerin topraktan uzaklaştırılması dahil olmak üzere çok sayıda çevresel uygulama için optimize edilebilmektedir (Zhou et al., 2021).

Vermikompostun toprak kalitesi üzerindeki etkilerini araştıran son çalışmalarda, farklı topraklar ve uygulama süreleri üzerindeki etkilerini vurgulayan çeşitli sonuçlar ortaya çıkmıştır. Rivier et al. (2022), kumlu ve killi topraklara arıtma çamuru ve organik kalıntılardan elde edilen kompost ve vermikompostun eklenmesinin 30 gün içinde olumlu bir etki yarattığını göstermiştir. Bu alışma, bu değişikliklerin nispeten kısa bir süre içinde toprak kalitesi üzerindeki yararlı etkisini vurgulamıştır. Vermikompost, toprak yapısını iyileştirir, su tutma kapasitesini artırır ve toprak agregat stabilitesini geliştirmektedir. Bu, yüzey akışı azaltır ve toprağın suyu daha iyi emmesini sağlar, böylece erozyon riskini düşürmektedir.

Ayrıca, vermikompostun içerdiği besin maddeleri bitki büyümesini teşvik eder ve toprak biyolojisini zenginleştirmektedir (Matisic et al., 2024). Vermikompost malı, toprak yapısını ve su tutma kapasitesini iyileştirerek drenajı olumlu yönde etkilemektedir. Organik maddeler ve mikroorganizmalarca zengin olan vermikompost, toprağın gözenekliliğini artırarak suyun daha iyi infiltre olmasını sağladığı ve suyun yüzeyde birikmesini önlediği ve böylece bitkilerin kök bölgesine daha verimli ulaşmasını sağladığı bildirilmiştir (Rehman et al., 2023). Yapılan alışmalar, vermikompost malın uygulandığı alanlarda yüzey akışın ve

toprak kaybının önemli ölçüde azaldığını göstermektedir. Vermikompost malçı, toprağın organik madde içeriğini artırarak toprak agregatlarının stabilitesini geliştirmektedir. Bu, toprağın su ve rüzgâr erozyonuna karşı direncini artırmaktadır. (Gao et al., 2022; Rehman et al., 2023)

Vermikompostun toprağa eklenmesi, toprak agregat stabilitesini artırarak erozyonu azaltır ve yüzey akışını kontrol ettiği, ayrıca, topraktaki organik madde miktarını artırarak su tutma kapasitesini iyileştirdiği ve drenajı düzenlediği ve bitki büyümesini teşvik eden besin maddelerini ve mikrobiyal aktiviteyi artırdığı bildirilmiştir (Tavalı vd., 2014).

Vermikompost, organik madde içeriği sayesinde toprağın yapısını iyileştirmekte ve su infiltrasyonunu artırmaktadır. Bu, toprakta suyun daha iyi hareket etmesini sağlamaktadır. Vermikompost, toprak yüzeyinde bir bariyer oluşturarak suyun hızla akmasını engeller ve yüzey akışını azaltmaktadır. Ayrıca, suyun toprağa daha iyi nüfuz etmesini sağlamaktadır. Vermikompost, toprak agregatlarını stabilize edip toprak erozyonunu azaltmaktadır. (Dominguez and Edwards, 2011). Yakın zamanda yapılan çalışmalar, biyokömürün stabilitesini artırmak ve organik maddenin çözünürlüğünü azaltmak için vermikompost ile birlikte kullanılabileceğini de ortaya koymuştur (Ngo et al., 2013; Doan et al., 2014).

Sonuç olarak, vermikompost malçı kullanımı, tarımda sürdürülebilirlik sağlamak ve çevresel etkileri minimize etmek için etkili bir yöntem olarak öne çıkmaktadır. Bu uygulama, hem su yönetimini iyileştirmekte hem de toprak erozyonunu azaltarak toprağın verimliliğini korumaktadır.

Saman malçı, yağmur damlalarının toprağa doğrudan çarpmasını önler, bu da toprağın yerinden erozyonunu azaltmaktadır. Saman uygulaması toprağın üst katmanında bitki örtüsünü destekleyerek, köklerin toprağı daha iyi tutmasını ve toprak kaybını azaltmasını sağlamaktadır (Rehman et al., 2023). Ayrıca, saman malçı tabakası, suyun yüzeyde akmasını engelleyerek suyun toprağa daha fazla nüfuz etmesini sağlamaktadır. Saman malçı, toprak sıcaklığını düzenlediği ve bitki

köklerinin daha iyi gelişmesini sağladığı, ve yüzey akışı ve toprak kaybını azaltmada çok etkili olduğunu gösterilmiştir (Gao et al., 2022 ; Matisic et al., 2024).

Saman malçı, toprak nemini koruyarak buharlaşma yoluyla su kaybını önlediği, toprağın su tutma kapasitesini artırdığı ve aynı zamanda organik madde sağlayarak toprak yapısını iyileştirdiği ve biyolojik aktiviteyi artırdığı bildirilmiştir (Tavalı vd., 2014). Saman malçı, toprağın yüzeyini koruyarak suyun hızla akmasını engeller ve yüzey akışını azaltmaktadır; böylece su, saman malçının altındaki toprağa daha yavaş bir şekilde nüfuz etmektedir. Saman malçı, toprak yüzeyini koruyarak rüzgâr ve su erozyonunu azaltmaktadır. Toprak yüzeyini kapladığı için suyun toprağı aşındırmasını ve taşınmasını engellemektedir. (Blanco-Canqui and Lal, 2009).

Sadeghi et al. (2015) toprak kaybının gelişiminde sırasıyla 500, 300 ve 50 g.m⁻² oranlarında saman malçı, gübre ve poliakrilamidin (PAM) etkinliğini incelemiştir. Denemeler, kuzey İran'daki killi tınlı toprakta gerçekleştirilmiştir. Deneyler, yağış şiddeti 30, 50, 70 ve 90 mm.h⁻¹ ve eğimi %30 olan laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar, saman malçının tanık parsellerine kıyasla toprak erozyonunu %45.60 oranında azalttığını ve gübre (%8.98 azalma) ve PAM'dan (%4.74 azalma) daha iyi sonuçlar verdiğini göstermiştir. Çıplak toprak ve üç farklı toprak örtüsü dikkate alınarak, eğimi ayarlanabilir bir toprak kanalı ve bir yağmur simülatörü kullanılarak deneysel denemeler yapılmıştır. Deneysel sonuçlar, aynı malç uygulama oranı için (ağırlıkça), daha küçük malç boyutlarının (yani, yüksek alan kaplama yüzdesi) daha az toprak kaybı sergilediğini göstermiştir. Örneğin, daha küçük boyutlardaki pirinç saman malçıları için toprak kaybında %90'lık bir azalma ve daha büyük boyutlar için %80'lik bir azalma elde edilmiştir. Bu çalışmanın sonuçları, küçük havzalarda toprak kaybı sürecinin anlaşılmasına ve ilgili toprak koruma önlemlerinin parsel / tarla ölçeğinde tanımlanmasına önemli bir katkı bulunmaktadır. Genel olarak saman malçı, besin maddelerinin ve toprak organik C'unun yüzey akış yoluyla taşınmasını, ardından kuru ot malç uygulamalarını azaltmaktadır. Su kaynaklarının korunması açısından saman malçı

uygulamasının türü ve oranı dikkatli seçilmesi gerekmektedir (Selma ve Halil, 2021).

Malç türleri, toprak erozyonunu kontrol etme ve hafifletmede, ve hatta toprak özelliklerini iyileştirmede değişen düzeylerde etkinliğe sahip olmaktadır (de Lima et al., 2019). Jordan et al. (2010) tarafından belirtildiği gibi, bitkisel kalıntılar malç olarak kullanıldığında toprak OM içeriğini artırmak özellikle önemli olabilmektedir. Yaprak çöpü, kesilmiş çalı bariyerleri, ağaç yongaları, mahsul artıkları ve saman gibi bitki malç türleri genellikle toprak erozyon oranlarını etkilemede önemli bulunmuştur (Jordán et al., 2010). Örneğin, Liu et al. (2013) pirinç saman malçının sediment verimini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir. Bununla birlikte, literatürde bitkisel malç uygulamasının toprakların koruyucu kapasitesi üzerinde bazı olumsuz etkileri bulunmuştur. Örneğin, malçlanmamış topraklara kıyasla, toprağı samanla malçlamak şiddetli yağışlar altında erozyonu artırabilmektedir. (Rahma et al., 2017).

Misag et al. (2021), pirinç saman malçının, laboratuvar koşullarında yüksek ve düşük frekanslı yağış olaylarına (98 mm/h yoğunluk) maruz bırakarak tınlı toprağın hidrolojik tepkisini azaltmadaki etkinliğini değerlendirmiştir. Organik toprak düzenleyici olarak kullanılan pirinç saman malçı sayesinde, toprak erozyonu ve yüzey akışın önemli ölçüde azaldığı ve toprak bozulması riskini azaltmaya yardımcı olduğu sonucuna varılmıştır.

Biyokömür, vermikompost ve saman malçı malzemelerinin drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu malzemelerin tarımsal ve çevresel sürdürülebilirliği artırmada önemli rol oynayabileceğini göstermektedir. Yapılan çalışmalar, bu üç malzemenin tarımsal alanlarda toprağın korunması, verimliliğinin artırılması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesinde önemli katkılar sağladığını göstermektedir. Bu malzemeler, doğru ve etkin kullanıldığında, hem çevresel hem de ekonomik açıdan faydalı olabilmektedir. Önemli araştırmalar, çeşitli yüzey malç malzemesinin toprak parçacıklarının ayrılmasını ve agregaların toprak yüzeyinde çökme yoluyla ayrışmasını önlemede ve böylece erozyon riskini azaltmada etkinliğini göstermiştir

(Prosdociami et al., 2016 ; Persyn et al., 2004 ; Risse et al., 2002). Ek olarak, yüzey malçlarının kayısı bahçeleri, üzüm bağları (Prosdociami et al., 2016), hurma (Cerde et al., 2016) ve patates (Rees et al., 2002) tarlaları dahil olmak üzere diğer sıra bitkilerinde etkili bir erozyon kontrolü yöntemi olduğu kanıtlanmıştır. Faucette et al. (2009a) ve Persyn et al. (2004), bitki örtüsü oluşturmada önce çıplak toprak eğimlerinde toprak erozyonunu etkin bir şekilde kontrol etmek için hem saman hem de kompost kullanmıştır.

Toprak koruma uygulamaları arasında malçlama, yangından etkilenen alanlar, tarım arazileri, antropojenik alanlar ve meralar dahil olmak üzere çeşitli ortamlarda toprak ve su kaybını azaltmada etkili olmuştur (Prosdociami et al., 2016). Malçlama, yağışı durdurarak, yağmur damlalarının enerjisini emerek ve dolayısıyla su geçirmezliği ve yüzey akışı azaltarak ve yüzey akış hızını ve fiziksel toprak hareketini azaltarak erozyonu geciktirerek toprağı erozyondan korumaktadır. Malç uygulamalarının etkinliği, toprak durumu, yağmur damlalarının aşındırıcılığı, eğim derecesi, ayrıca malç tipi ve uygulama oranı gibi çeşitli faktörlere bağlı olmaktadır. Malçlamanın diğer faydaları toprak suyunun korunması, buharlaşmanın azaltılması, toprak sıcaklığının düzenlenmesi, yabancı ot büyümesinin en aza indirilmesi, toprak sıkışmasının en aza indirilmesi, toprak sağlığının iyileştirilmesi ve besin durumunun artması olmaktadır (Safari et al., 2016).

Toprak ve su kaynaklarının korunması, dünyanın erozyon tehdidi altındaki bölgelerinde sürdürülebilirlik için çok önemlidir. Malçlamanın faydalı etkilerinin bilinmesine rağmen, özellikle toprak erozyonunun önemli bir tehdit olduğu bölgelerde bunları ölçmek için daha fazla çalışmaya ihtiyaç duymaktadır (Prosdociami et al., 2016).

Türkiye, dünyadaki birçok ülke gibi, toprak erozyonunun etkilerinden ve buna bağlı toprak verimliliğinin kaybı ve su kaynaklarının kirlenmesinden kaynaklanan sorunlardan ciddi şekilde etkilenmektedir (Özyuvacı, 1978; Özsoy et al., 2012). Bu nedenle, su erozyonu ile artık büyük çapta mücadele edilmektedir. Dünya çapında malçlamanın toprak erozyonu üzerindeki etkileri konusunda çeşitli çalışmalar olmasına rağmen (Montenegro et al., 2013; Wang et al., 2016),

Türkiye'de bu konuda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Yönter ve Uysal, 2015). Türkiye'deki çoğu çalışma, malçlamanın toprak nemi ve ürün verimi üzerindeki etkilerine odaklanmıştır (Kara ve Atar, 2013).

Malçların etkinliği, malç tipi, boyut, oran, kaplama yüzdesi ve mekansal tekdüzeliğin dağılımı gibi çeşitli faktörlerden etkilenmektedir (Poesen et al., 1994; Smets et al., 2008; Jordán et al., 2010; Prats et al., 2017). Toprağa su infiltrasyon hızı, yağışın yoğunluğuna ve süresine, arazinin eğimine, toprak yüzeylerinin doğasına ve toprağın fiziksel özelliklerine bağlı olmaktadır. Toprak yüzeyini malçlamak veya bir bitki kalıntısı tabakası ile kaplamak, yüzey akışı azalttığı ve toprağa su sızmasını arttırdığı için etkili bir su koruma yöntemi bulunmaktadır. Malçlama ayrıca buharlaşmayı bastırdığı için kök bölgesindeki su tüketimini de azaltmaktadır. Ek olarak, malçlama, yağmur damlalarının kinetik enerjisini emerek erozyonu azaltan yağış etkisi nedeniyle toprak kabuklanmasını azaltmaktadır (Schwab et al., 1993).

Son araştırmalar, malçlama orman kalıntılarının toprak organik C'ü koruyabildiğini ve 5 yıla kadar daha kararsız C formlarını artırabildiğini göstermiştir. Bununla birlikte, malçlamanın iklim düzenlemesinin (C dengesi) rolü ve ekosistem hizmetlerinin diğer rolleri için olumlu veya olumsuz etkileri ne ölçüde tetiklediği henüz belirlenmemiştir. Bazı araştırmacılar, malçlama maliyetlerinin, alanın her yerine bantlar halinde uygulanmasıyla azaltılabileceğini öne sürmüşlerdir. Bununla birlikte, şerit malçlamanın toprak erozyonunu azaltmadaki etkinliği üzerindeki etkileri düşük bulunmuştur (Cook et al., 2018).

2.6. Yağış Benzeticinin Tarımsal Araştırmalarda Kullanımı

Yağış benzeticileri tarımsal araştırmalarda çok önemli bir rol oynamakta ve yağışın mahsuller, toprak ve çevrenin çeşitli yönleri üzerindeki etkisinin daha iyi anlaşılmasını sağlamaktadır. Yağış benzeticileri, yağmur damlalarının yoğunluğunu modüle edecek şekilde ayarlanabilir, böylece hafif yağmurdan sağanak yağışlara kadar farklı yağış türlerinin uygulanması mümkün olur (Goudie, 2014).

Yağış benzeticileri genellikle farklı yağış koşulları altında toprak erozyonunu incelemek için kullanılır. Toprakların infiltrasyon kapasitesini ölçmek için kullanılabilir. Örneğin, Zhang et al. (2019), yağış benzeticilerini kullanarak çeşitli toprak işleme yöntemlerinin erozyona etkisini araştırmıştır. Houndonougbo ve Yönter (2020), yağış benzeticisi kullanarak farklı yağış basınçlarda veejet ve fulljet püskürtücü tipi başlıkların yağış şiddeti, Christiansen katsayısı, yüzey akış ve toprak kayıpları üzerine etkilerini araştırmıştır. Yönter ve Houndonougbo (2020), yağış benzeticisi kullanarak sıvılaştırılmış hümit madde, PAM ve PVA'nın yüzey akış ve toprak kayıpları üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Yönter ve Houndonougbo (2022a), laboratuvar tipi yağış benzeticisinde kullanılan farklı fulljet başlıkların bazı yağış özellikleri üzerine bir araştırma yapmıştır. Yönter ve Houndonougbo (2022b), yağış benzeticisi ve fulljet başlık kullanılarak bazı formüllerle hesaplanan kinetik enerjilerin karşılaştırılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu cihazlar, farklı yağış yoğunlukları ve süreleri altında toprağın tepkisini gözlemlemek için kullanılmaktadır. Bu sayede, toprak erozyonunu önlemek için etkili yöntemler geliştirilebilmektedir (Goudie, 2014).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Malç Malzemelerinin Temini ve Denemeye Hazırlanması

Araştırmada malç malzemesi olarak biyokömür, vermikompost ve buğday samanı malçı kullanılmıştır. Saman malcı Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü'nden temin edilmiş, vermikompost ahır gübresinden elde edilmiş, biyokömür ise 550°C'de piroliz yoluyla zeytin budama artıklarından elde edilmiştir. Çuvallara konulan biyokömür, vermikompost ve saman materyalleri, çalışmanın yürütüleceği Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü'ne nakledilmiştir.

Araştırmada öngörülen biyokömür, vermikompost ve saman malçı dozları esas alınarak bu malzemeler tartılıp naylon torbalarda saklandıktan sonra malç ve yağmur uygulamasına kadar kuru ortamda muhafaza edilmiştir. Bu işlem yapılmadan önce biyokömür ve vermikompost malç materyalleri 8 mm'lik elekten elenmiş, saman ise bir makas yardımıyla 5-10 cm boyutlarda parçalanmıştır. Araştırmada kullanılan biyokömür, vermikompost ve saman materyalleri Şekil 3.1 ve 3.2'de sunulmuştur.



(a)

(b)

Şekil 3. 1. Saman malçının hazırlanmasına ait görüntüler; a) samanın makas yardımıyla 5-10 cm boyutlarda parçalanması, b) samanın uygulama dozlarına göre tartılması ve poşetlenmesi



Şekil 3. 2. Uygulama dozlarına göre hazırlanmış saman, biyokömür ve vermikompost malç malzemeleri

3.2. Toprak Örneğinin Alınması ve Analizlere Hazırlanması

Araştırmada kullanılan toprak örneği Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü Zeytin Deneme Alanından alınmıştır. Toprak örnekleri alınmadan önce çöp, yabancı ot ve taşlar temizlenmiştir. Arazinin üst katmanından (0-30 cm) alınan toprak örneği, çakıl ve bitki köklerinin uzaklaştırılması için 8 mm'lik elekten elenmiştir. Elenen topraklar çuvalara doldurulduktan sonra laboratuvara götürülmüştür. Laboratuvara getirilmiş toprak örneği hava kurusu haline (%2 nem altında) gelinceye kadar bekletilmiştir (Taysun, 1981).

3.3. Toprak Örneğinin Fiziksel ve Kimyasal Analizleri

Bu araştırmada kullanılan toprak örneğinin 1.5-2 kg'lık bir kısmı 2 mm'lik elekten elenmiş, diğer bir kısmı da 8 mm'lik elekten elenmiş fizikokimyasal ve erozyonla ilgili analizlerde kullanılmıştır (Richards, 1954).

pH: Saf su ile sature hale getirilecek toprak macununda, cam elektrotlu pH-metre ile saptanmıştır (Richards, 1954).

Bünye Analizi: Kum, mil ve kil yüzdeleri hidrometre yöntemiyle belirlendikten sonra elde edilen sonuçlar, bünye analiz üçgenine uygulanarak toprak örneklerinin bünyeleri belirlenmiştir (Gee and Bauder, 1986).

EC (dS/m): Saturasyon macununun elektriksel iletkenliği aleti ile ölçülmüştür (Richards, 1954). Toprağın elektriksel iletkenlik (EC) değerinden faydalanılarak toprağın tuzluluk değeri tespit edilmiştir. Okunan EC değeri aşağıdaki formül ile toprağın %tuz miktarı belirlenmiştir.

$$\%Tuz = (EC \times \%STR \times 0.064)/100$$

$$EC = \text{Elektriksel iletkenlik değeri (ds/m)}$$

$$\%STR = \text{Saturasyonda harcanan su miktarı}$$

Hacim Ağırlık (g/cm³): 100 cm³ hacimli örnek kapları ile alınacak yapısı bozulmamış toprak örnekleri etüvde 105°C’de kurutulduktan sonra elde edilen kuru ağırlıkları kapların hacmine oranlanarak belirlenmiştir (Taysun, 1981).

$$Hacim Ağırlık (g/cm^3) = \frac{\text{Örneğin kuru ağırlığı}}{\text{Kap hacmi (100 cm}^3\text{)}} \times 100$$

İskelet Oranı (%): Belli miktardaki toprak örneği 2 mm’lik elek üzerinde basınçlı su altında elle dispers edilecek ve elekte kalan 2 mm’den büyük çaptaki primer taneciklerin ağırlığı, başlangıçtaki örnek ağırlığına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Anonymous, 1993).

$$İskelet (\%) = \frac{2 \text{ mm'den büyük fraksiyonların ağırlığı (g)}}{\text{Örnek ağırlığı}} \times 100$$

Kil Oranı (%): Bünye analizinden elde edilecek “% kum+% mil” toplamının, % kil miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Taysun, 1981).

$$Kil Oranı (\%) = \frac{(\% Kum + \% Mil)}{\% Kil} \times 100$$

Kireç (%): Scheibler kalsimetresiyle saptanmıştır (Nelson, 1982). Toprakta kireç tayininde kalsimetre düzeneği kullanılmış ve %kireç değeri kalsiyum karbonat (CaCO₃) cinsinden ifade edilmektedir.

Mil Oranı (%): Bünye analizinden elde edilen “% mil” miktarının, “% kil” miktarına bölünmesi ile hesaplanmıştır (Taysun, 1981).

$$Mil Oranı (\%) = (\% Mil / \% Kil) \times 100$$

Organik madde (%): Saturasyon macununun elektriksel iletkenlik kondüktivimetre ile ölçülmüştür (Richards, 1954).

Süspansiyon (%): Disperse edilmemiş toprak örneğinin hidrometre silindirinde 20 kez alt üst edilmesinden sonra yapılan 40. saniyedeki hidrometre okumalarından elde edilen ve düzeltilen değerler, örnek ağırlığına (50 g) bölünerek hesaplanmıştır (Yeşilsoy, 1968).

$$\text{Süspansiyon \% 'si} = \frac{40 \text{ sn 'de okunan ve düzeltilen hidrometre değeri}}{\text{Örnek ağırlığı (g)}} \times 100$$

Dispersiyon Oranı (%): Süspansiyon %'si değerlerinin, toplam “mil+kil”in %'si değerlerine bölünmesiyle hesaplanmıştır (Middleton, 1930; Yeşilsoy, 1968).

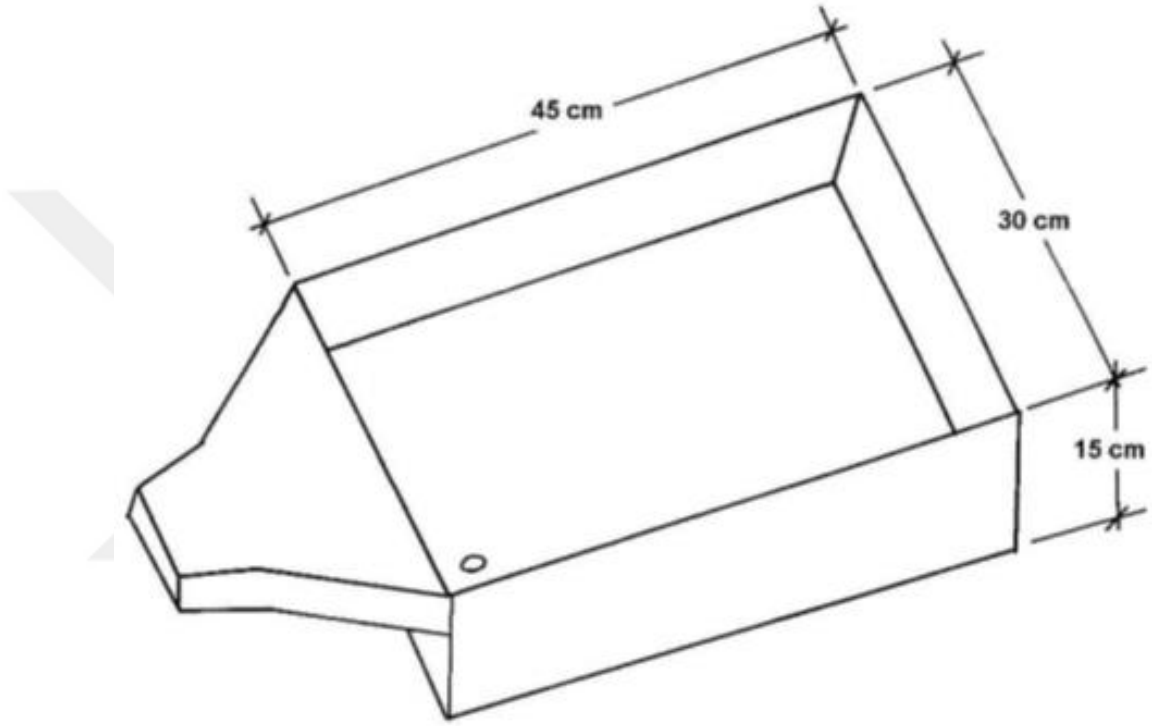
$$\text{Dispersiyon Oranı (\%)} = (\text{Süspansiyon \% 'si} / \text{Toplam Mil + Kil \% 'si}) \times 100$$

Suya Dayanıklı Agregatlar (%): 5, 3.15, 2, 1 ve 0.2 mm çaplı beşli elek seti ile Yoder'in ıslak eleme yöntemine göre saptanmış (Anonymous, 1954) ve agregat stabilitesi Kemper'in formülü yardımıyla hesaplanmıştır (Black 1965).

$$\text{Agregat Stabilitesi (\%)} = \frac{[\sum(\text{Agr.} + \text{Prm.}) + \sum(\text{Prm.})]}{[\text{Örnek Ağırlığı (g)} - \sum(\text{Prm.})]} \times 100$$

3.4. Erozyon Parsellerinin Hazırlanması

Yağış benzetici koşullarında yürütülen bu çalışma, toprak örneğinin ve malç malzemelerinin hazırlanmasında 30x45x15 cm boyutlarında olan erozyon parseli kullanılmıştır. Araştırmada kullanılan erozyon parseline ait genel görüntü Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3. 3. Araştırmada kullanılan metal erozyon parselinin şematik görünüşü

Alt kısmında drenaj deliği bulunan erozyon parselinin tabanına, önce 7 cm kalınlığında çakıl konularak yüzeyi düzeltilmiştir (Şekil 3.4 ve 3.5). Düzeltilmiş çakıl tabakası yüzeyine tülbent bezi serilmiş (Şekil 3.6) ve daha sonra tülbent bezinin üzerine yüzey akış çıkışına gelecek şekilde 5 cm kalınlıkta 8 mm'lik elekten elenmiş toprak örneği doldurularak üzeri dikkatli bir şekilde düzeltilmiştir (Şekil 3.7) (Yönter ve Uysal 2015). Düzeltilen toprak örneği üzerine 0.25, 0.50 ve 1.00 t.da⁻¹ üç farklı dozda Saman malçı ve 1.25, 2.50 ve 5.0 t.da⁻¹ üç farklı dozda biyokömür ve vermikompost malçları serme ve karıştırma şeklinde uygulanmıştır (Şekil 3.8, 3.9, 3.10, 3.11, 3.12 ve 3.13).



Şekil 3. 4. Araştırmada kullanılan metal erozyon parseli



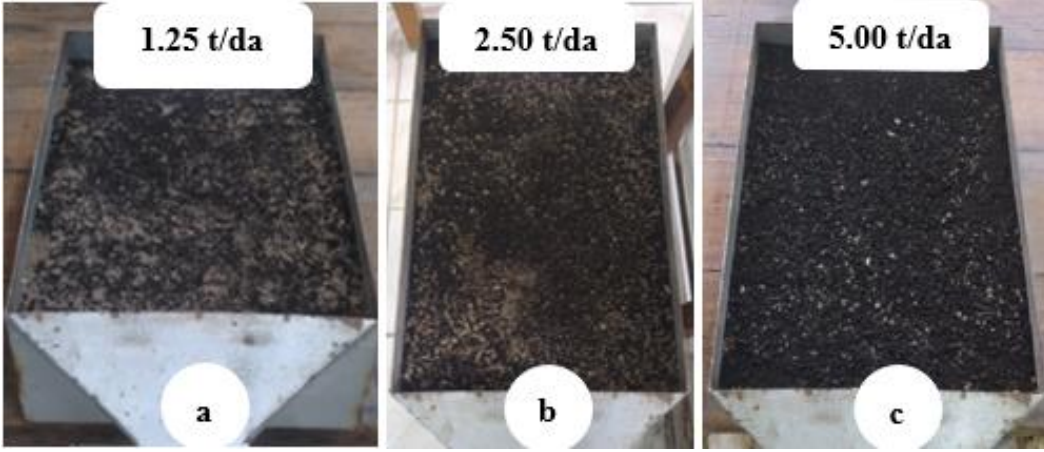
Şekil 3. 5. Erozyon parselinin tabanına çakıl konulması ve yüzeyinin düzeltilmesi



Şekil 3. 6. Düzetilmiş çakıl tabakası yüzeyine tülbent bezi serilmesi



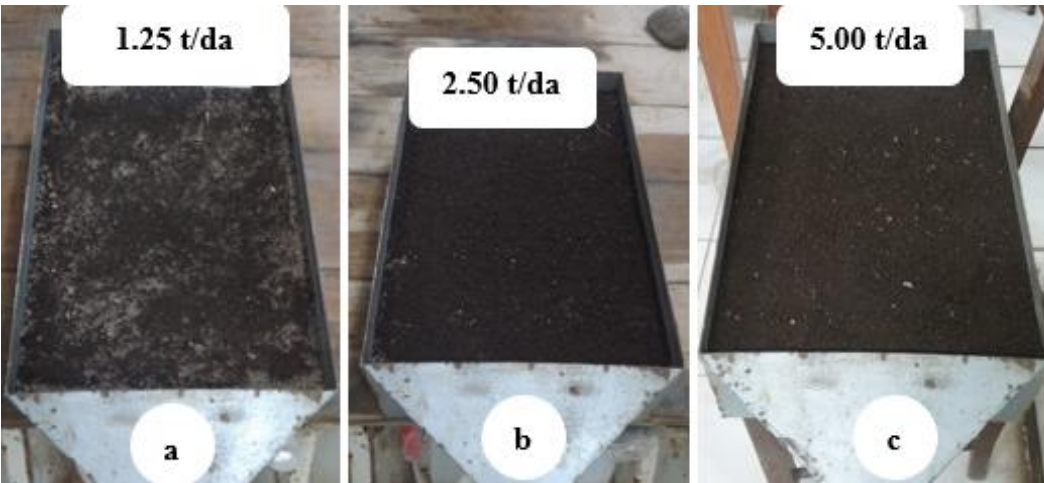
Şekil 3. 7. Tülbent bezinin üzerine toprak örneği doldurulması ve %9'luk eğim tablası üzerine yerleştirilmesi



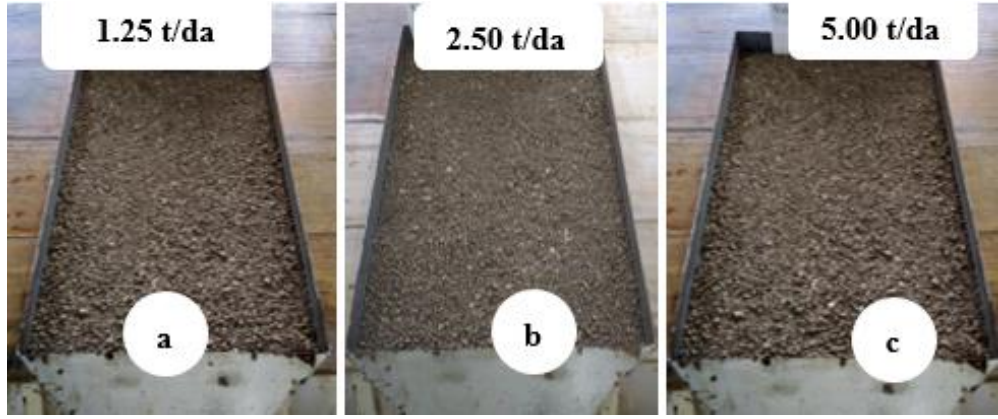
Şekil 3. 8. Toprak örneğine farklı dozlardaki biyokömürün serme şeklinde uygulanması (a), (b), (c)



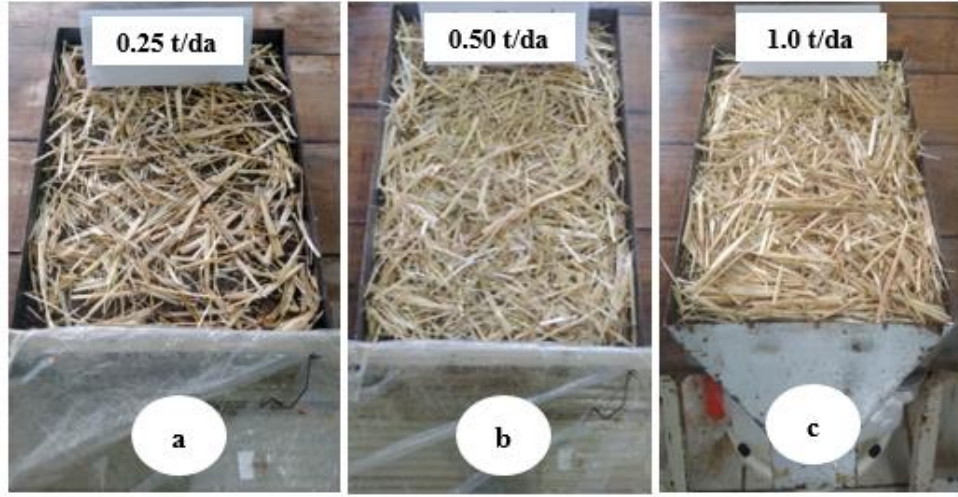
Şekil 3. 9. Toprak örneğine farklı dozlardaki biyokömürün karıştırma şeklinde uygulanması (a), (b), (c)



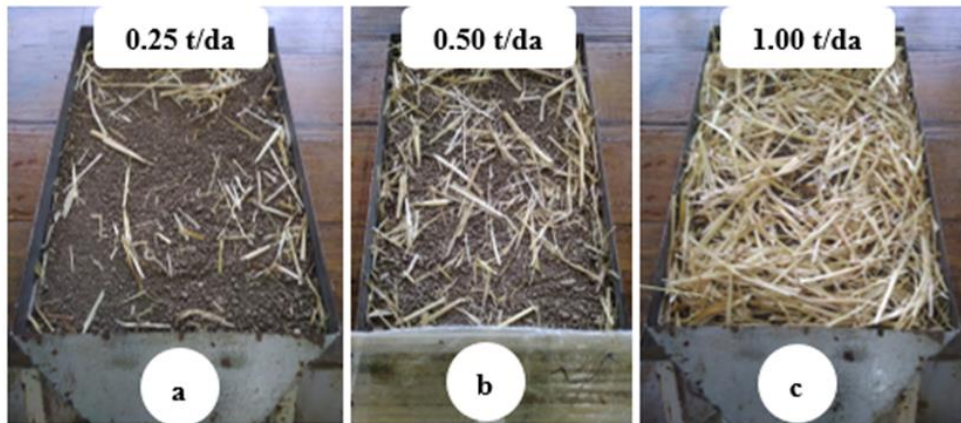
Şekil 3. 10. Toprak örneğine farklı dozlardaki vermikompostun serme şeklinde uygulanması (a), (b), (c)



Şekil 3. 11. Toprak örneğine farklı dozlardaki vermikompostun karıştırma şeklinde uygulanması (a), (b), (c)



Şekil 3. 12. Toprak örneğine farklı dozlardaki saman malçının serme şeklinde uygulanması (a), (b), (c)



Şekil 3. 13. Toprak örneğine farklı dozlardaki saman malçının karıştırma şeklinde uygulanması (a), (b), (c)

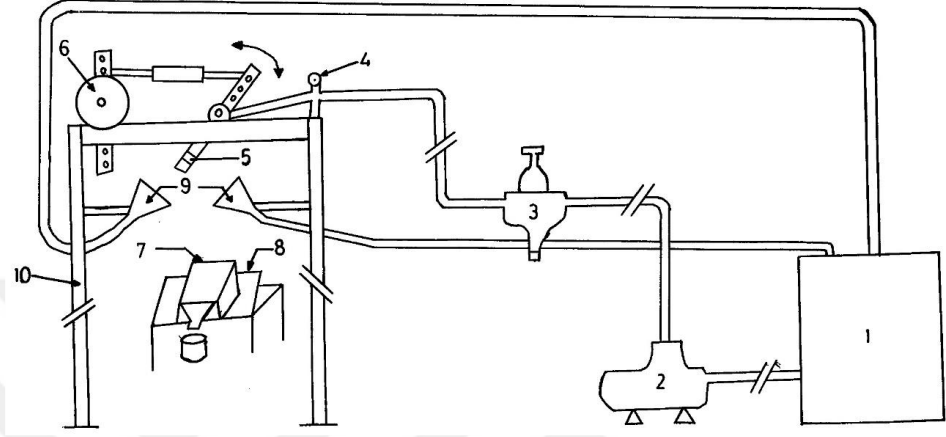
Hazırlanan bu deneme parselleri, %9 eğim verilmiş olan eğim tablası (Şekil 3.14) üzerine yerleştirildikten sonra 100 mm.h^{-1} yağış yoğunluğunda yapay yağış uygulanması yapılmıştır. Her bir malç dozunun uygulaması 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür.



Şekil 3. 14. Araştırmada kullanılan %9'luk eğim tablasının görüntüsü

3.5. Yağış Benzetici Düzenneği ve Yağışların Uygulanması

Bu tez çalışmasında kullanılan yağış benzeticinin şematik yapısı ve görüntüsü Şekil 3.15 ve Şekil 3.16’da sunulmuştur.



Şekil 3. 15. Yağış benzeticinin şematik yapısı (1: su rezervuarı, 2: su pompası, 3:su basıncı regülatörü, 4: basınçölçer, 5:püskürtücü meme, 6: elektrik motoru ve devir düşürücü redüktör, 7: erozyon parseli, 8: %9 eğimli tabla, 9:fazla suyu toplama hunileri, 10: yağmurlayıcının ana iskeleti)



Şekil 3. 16. Araştırmada kullanılan yağış benzeticinin görüntüsü

Yağış benzeticinin üst bölümünde Fulljet 50 WSQ tipi bir püskürtücü başlık takılmış, yüksek kinetik enerji ile çalışabilmektedir. Erozyon parsellerinin yüzeyinden yaklaşık 2 m yükseklikte olup düşey yönde ve sabit yağış yağdırmaktadır. Toprağa biyokömür, vermikompost ve saman malçları uygulanmış deneme parselleri %9 eğim verilmiş eğim tablası üzerine yerleştirildikten sonra parsellerin drenaj çıkışı ve yüzey akış çıkış ağzının alt bölümüne drenaj ve yüzey akış sularının ve taşınan toprağın birikeceği toplama kapları yerleştirilmiştir. Biyokömür, vermikompost ve saman malçları uygulanmış parsellerin üzerine 1 saat süresince 100 mm.h^{-1} yoğunlukta yağış uygulanmıştır.

3.6. Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kayıplarının Saptanması

Yağış uygulanması sırasında, deneme parsellerinde yüzey akışın başlangıç zamanları kaydedilmiştir. Yağış başlangıcından itibaren, drenaj, yüzey akış ve toprak kayıplarının belirlenebilmesi için yağışın uygulanması sırasında deneme parselinin yüzey akış çıkış ağzının altından her 10 dakikada bir alınmış, drenaj çıkış ağzının altından ise 1 saat tamamlandıktan sonra alınmıştır (Şekil 3.17; Şekil 3.18). Yağış sırasında alınan ve ağırlıkları bilinen kaplar tartılarak drenaj ve “yüzey akış + sediment” miktarları saptanmıştır (Şekil 3.19). Yüzey akış suları en az 16 saat bekletilerek çöktükten sonra sifonlanmış ve çöken sedimentler ise bir pisetle cam beherlere aktarılarak etüvde kurutulmuştur (Şekil 3.20). Daha sonra, kurutulmuş sedimentler tartılarak toprak kayıpları hesaplanmıştır. Sonuçta, yağış koşulları altında farklı dozlarda biyokömür, vermikompost ve saman malzemeleri uygulanmış parsellerden elde edilen drenaj miktarı, yüzey akış miktarı ve toprak kaybı miktarı raporlanmıştır.



Şekil 3. 17. Drenaj, yüzey akış ve toprak kayıplarının belirlenmek deneme düzeneği



Şekil 3. 18. Yağış uygulamasından sonra toplanan drenaj suyuna ait görüntü



Şekil 3. 19. Yağış uygulamasından sonra toplanan yüzey akış ve sediment kapları



Şekil 3. 20. Etüvde kurutulmak üzere cam beherlere aktarılan sedimentler

3.7. Denemelerden Elde Edilen Verilerin Değerlendirilmesi

Bu araştırmada, denemelerin sonunda elde edilen veriler, RStudio (R version 4.2.2) İstatistik Paket Programı kullanılarak istatistik analizleri yapılmıştır. İstatistiksel testlerin kullanımında normallik varsayımının değerlendirilmesi dikkate alınmıştır. Normallik için RStudio yazılımı tarafından sağlanan Q-Q Plot ve Shapiro-Wilk testleri uygulanmıştır (Ghasemi and Zahediasl, 2012). Ortalamalar arasındaki farklar Kruskal Wallis-H testi ile belirlenmiştir (Köklü vd., 2007). Kruskal Wallis-H testi, normal dağılım göstermeyen gruplarda üç veya daha fazla sayıda grubun ortalamaları arasındaki farklılığın anlamlılığını test amacıyla kullanılan bir teknik olmaktadır; Tek Yönlü Varyans (One-Way ANOVA) Analizi'nin non-parametrik karşılığı olmaktadır (Can, 2019; Büyüköztürk, 2010).

İstatistik uzmanlara göre, nicel verilerin analiz edilmeden önce normal dağılıma uygunluk açısından test edilmelidir. Merkezi eğilim ve dağılım ölçümlerinin normal dağılım gösterip göstermemesine bağlı olarak veriler özetlenir. Normal dağılım göstermeyen nicel veriler parametrik olmayan testlerle test edilir. Analiz sürecinde kullanılması gereken testin, verilerin normal dağılıma uygun olup olmadığı belirlenmelidir (Can, 2019; Büyüköztürk, 2010).

Bu araştırmada değişkenlere ait verilerin normal dağılım gösterip göstermediği değerlendirilmiştir. Normal dağılıma uygunluğu test etmek için en

yaygın testler Q-Q Plot ve Shapiro-Wilk testleridir (Can, 2019). Beklenen normal dağılım değerleri ile gözlemlenen değerler arasındaki ilişki Normal Q-Q Plot grafiğinde gösterilmektedir. Beklenen ve gözlemlenen değerler arasındaki ilişki örtüştüğünde 45 derecelik bir açı oluşur ve grafikteki noktaların 45 derece çizgisine yakın olması beklenmektedir (Can, 2019).

Shapiro-Wilk testinin normalliği sınamada daha güçlü bir test olduğu tespit edilmiştir. Uzmanlar, Shapiro-Wilk testinin sadece küçük örneklerde değil ($n < 30$) büyük örneklerde ($n \geq 30$) de normalliğin sınanmasında kullanılmasını önermektedirler (Razali et al., 2011). Field (2009), Shapiro-Wilk testinin normallikten farklılıkları tespit etmede daha güçlü bir test olduğunu belirtmiştir. Shapiro-Wilk testi normallik testi için yaygın olarak tavsiye edilmektedir ve diğer testlerden daha iyi güç sağlamaktadır (Ghasemi and Saleh 2012).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Araştırma Toprağının Fizikokimyasal Göstergeleri ve Değerlendirilmesi

Araştırma alanından alınmış toprak örneklerinde yüzey akış, toprak kaybı ve drenaj ölçümlerine başlamadan önce gerçekleştirilmiş fizikokimyasal analizler aşağıdaki Tablo 4.1’de sunulmuştur.

Tablo 4.1. Deneme Toprağının Fizikokimyasal Göstergeleri

pH	7.54
EC (dS/m) - Tuz (%)	1.079 – 0.0380
Kireç (%)	12.35
OM (%)	3.26
Kum (%)	26.44
Mil (%)	37.59
Kil (%)	35.97
Bünye sınıfı	Killi Tın
Kil Oranı	1.78
Mil oranı	1.05
Hacim ağırlık (g/cm ³)	1.24
İskelet (%)	4.42
Agregat Stabilesi (%)	39.16
Süspansiyon (%)	6.73
Dispersiyon (%)	70.76
Dispersiyon oranı	9.51

Araştırmada kullanılan toprağın fizikokimyasal göstergelere bakıldığında, toprağın pH’sı 7.54 olup 7.4-7.8 arasında olması, toprağın reaksiyon sınıfı, hafif alkali olarak sınıflanmaktadır.

Toprağın %tuz (0.0380) içeriğine göre tuzsuz derecede sınıflanmaktadır. Tarım topraklarında %tuz miktarının 0.00-0.15 arasında olması, yani toprağın tuzluluk derecesinin tuzsuz olması istenmektedir (Akalın, 1978).

Toprağın kireç kapsamı %12.35 olarak saptanmıştır. Araştırmaya alınan toprak, kireçli sınıfta yer almaktadır. Topraklarda kireç yüzdesinin kümeleşme olayında etkili olduğu ve Ca^{2+} katyonunun kümeleşmeyi artırarak agregatlaşmayı teşvik ettiği belirtilmiştir (Taysun, 1990).

Walkley-Black yöntemiyle OM tayininde elde edilen sonuç (%3.26) doğrultusunda toprağın OM içeriği yüksek olduğu görülmektedir. Bazı araştırmacılar üst toprak tabakasındaki OM miktarının toprağın erozyon derecesinin bir göstergesi olabileceğini bildirmişlerdir. Topraklardaki OM miktarlarının agregat stabilitesi ile önemli ilişkileri bulunması nedeniyle, tarım arazilerinde OM'nin azalması agregatlaşmayı zayıflatmakta ve dolayısıyla toprakların erozyona karşı direncini azaltmaktadır (Akalın, 1978).

Toprağın bünye sınıfı, mekanik analiz işlemine göre belirlenen kum (%26.44), mil (%37.59) ve kil (%35.97) oranlarının bünye üçgenindeki çakışım noktasına göre saptanmıştır. Bünye üçgeninde belirtildiği gibi araştırma toprağı killi tın bünye sınıfında yer almaktadır (Şekil 4.1).



Şekil 4. 1. Toprak bünye üçgenine göre toprak örneğinin bünyesi

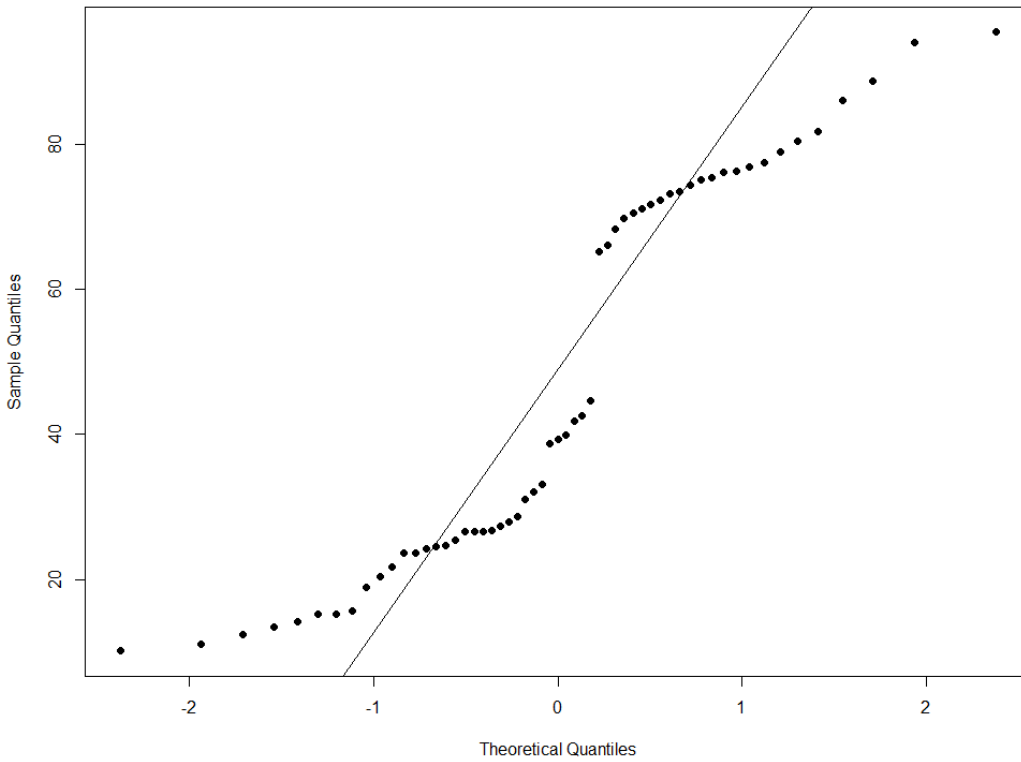
Toprağın kil ve mil oranları, sırasıyla 1.78 ve 1.05 olarak tespit edilmiştir. Bazı araştırmalarda, kil ve mil oranlarının erozyon üzerine önemli etkileri saptanmıştır. Kil oranı az olup mil oranı 2.5 değerinin altındaki topraklar erozyona karşı dayanıklı olarak tanımlanmaktadır (Taysun, 1984). Bu araştırmada kullanılan toprağın erozyona karşı dayanıklı olduğu anlaşılmaktadır.

Araştırma toprağının hacim ağırlığı 1.24 g.cm^{-3} , iskelet yüzdesi ise % 4.42 olarak saptanmıştır. Toprağın erozyona karşı dirençli olmasında en önemli özelliklerinden biri olarak gösterilen iskelet yüzdesi bu araştırmada büyük bir önem taşımaktadır. Toprak yüzeyinde bulunan iskelet materyalleri yağmur damlalarının çarpma enerjisini kırarak bir örtü tabakası gibi toprağın taşınmasına engel olmaktadır (Taysun, 1981).

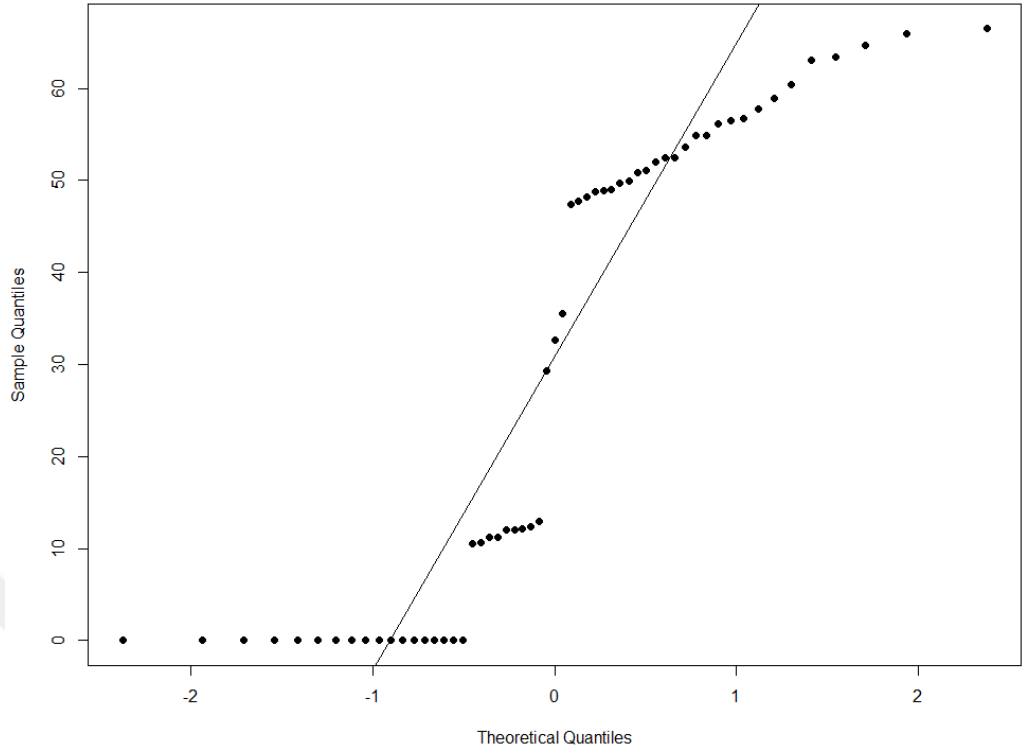
Toprağın agregat stabilitesi, süspansiyon ve dispersiyon yüzdeleri, sırasıyla %39.16, %6.73 ve %70.76 olarak saptanmıştır. Dispersiyon oranı ise %9.51 olarak tespit edilmiştir. Dispersiyon oranı %15'ten az olan topraklar erozyona karşı dirençlidir (Taysun, 1984).

4.2. Deneme Verilerinin Dağılım Normalliği Denetlenmesi

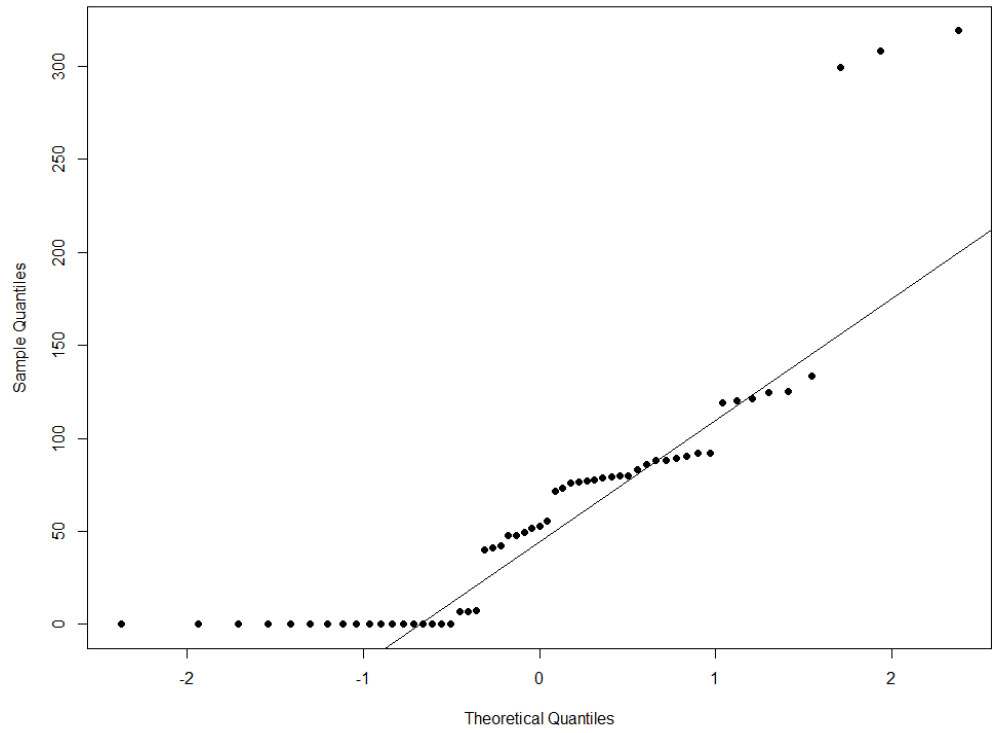
Laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada, denaj, yüzey akış ve toprak kaybı bakımından, farklı malç uygulamalarından elde edilen R'deki verilerin normal bir dağılıma uyup uymadığını kontrol etmek için Q-Q plot (Şekil 4.2; Şekil 4.3; Şekil 4.4) ve Shapiro-Wilk normality (Tablo 4.2) testleri yapılmıştır.



Şekil 4. 2. Drenaj Bakımından Q-Q Plot Grafiği



Şekil 4. 3. Yüzey Akış Bakımından Q-Q Plot Grafiği



Şekil 4. 4. Toprak kaybı Bakımından Q-Q Plot Grafiği

Tablo 4.2. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Verilerin Shapiro-Wilk Normality Testi

Değişken	W	P-value
Drenaj	0.88113	4.397e-05
Yüzey Akış	0.81493	5.493e-07
Toprak Kaybı	0.75562	2.243e-08

Bu araştırmada farklı malç uygulamalarında elde edilen drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı verilerin Q-Q Plot grafikleri incelendiğinde, gözlemler düz bir doğru etrafında yayılım göstermediğinden, veri setlerinin dağılımının normal olmadığı sonucuna varılmıştır. Yapılan Shapiro-Wilk testlerinin P-value değerleri 0.05'in altında olmasına göre veriler normal dağılımdan önemli ölçüde sapmakta oldukları durumu onaylanmıştır (Ghasemi and Zahediasl, 2012).

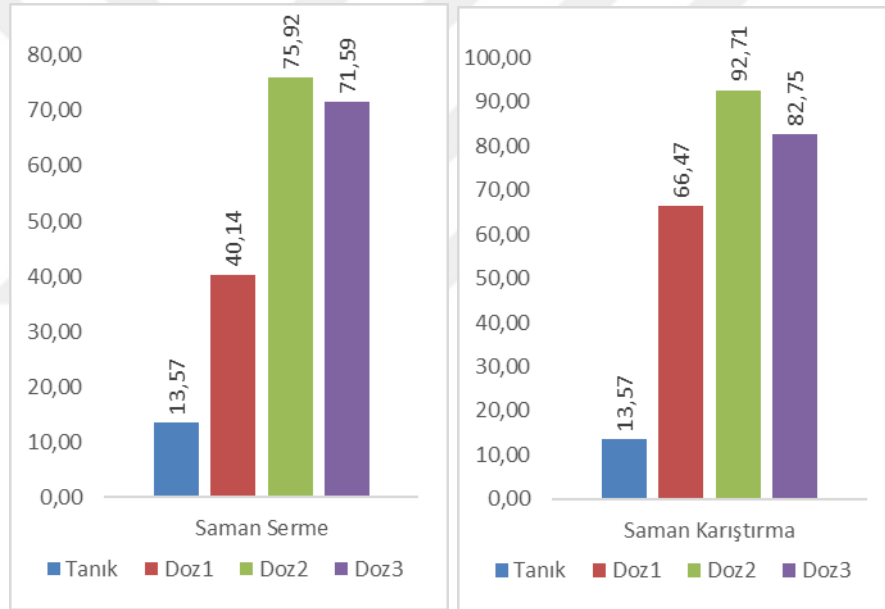
4.3. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Miktarları ve Değerlendirilmesi

Laboratuvar koşullarında yürütülen bu araştırmada, deneme parsellerine üç tekrarlı üç farklı malç dozu toprağa serme ve karıştırma şeklinde uygulanmıştır. Malç uygulamaları, Doz1 - Doz2 - Doz3 olarak; 0.25 - 0.5 - 1 t.da⁻¹ saman, 1.25 - 2.5 - 5 t.da⁻¹ biyokömür ve 1.25 - 2.5 - 5 t.da⁻¹ vermikompost şekilde düzenlenmiştir. Ayrıca üç tekrarlı malç uygulanmayan tanık (Doz0) parseller de hazırlanarak yağış uygulamasına alınmıştır. Drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı için 1 saatlik 100 mm.h⁻¹ yağış uygulamasında elde edilen drenaj (mm.h⁻¹), yüzey akış (mm.h⁻¹) ve toprak kaybı (kg.da⁻¹) miktarları her malç malzemesine ait miktarlar aşağıda ayrı grafikler halinde gösterilmiştir.

4.3.1. Drenaj miktarları ve değerlendirilmesi

Deneme parsellerine saman malçı uygulandığında, tanık (malçsız) (Doz0) parsellere göre daha yüksek drenaj meydana gelmiştir (Şekil 4.5). Bu uygulamada, tanık parsellerden 13.57 mm.h⁻¹ drenaj meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış saman malçının 0.25 t.da⁻¹, 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ dozların drenaj miktarları sırasıyla 40.14, 75.92 ve 71.59 mm.h⁻¹ meydana gelmiştir; karıştırma

şeklinde uygulanmış saman malçı ise 0.25 t.da^{-1} , 0.5 t.da^{-1} ve 1.0 t.da^{-1} dozların drenaj miktarları sırasıyla 66.47, 92.71 ve 82.75 mm.h^{-1} meydana gelmiştir. Yapılan ölçümlerde, serme ve karıştırma uygulama şekillerine bakıldığında, en yüksek drenaj miktarları serme şeklinde uygulanmış 0.5 t.da^{-1} (75.92 mm.h^{-1}) ve karıştırma şeklinde uygulanmış 0.5 t.da^{-1} (92.71 mm.h^{-1}) saman malçlarında meydana gelmiştir. Genel olarak bakıldığında, saman malçının uygulamalarından elde edilen maksimum drenaj miktarı, karıştırma şeklinde uygulanan 0.5 t.da^{-1} uygulamasında meydana gelmiştir. Saman malçının uygulamalarında 0.5 t.da^{-1} 'a kıyasla 1.0 t.da^{-1} 'da drenaj miktarlarındaki düşüş, samanın suyu emme özelliği ile doğrulanmaktadır; böylece drene olan su miktarı azalmıştır.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: 0.25 t.da^{-1}

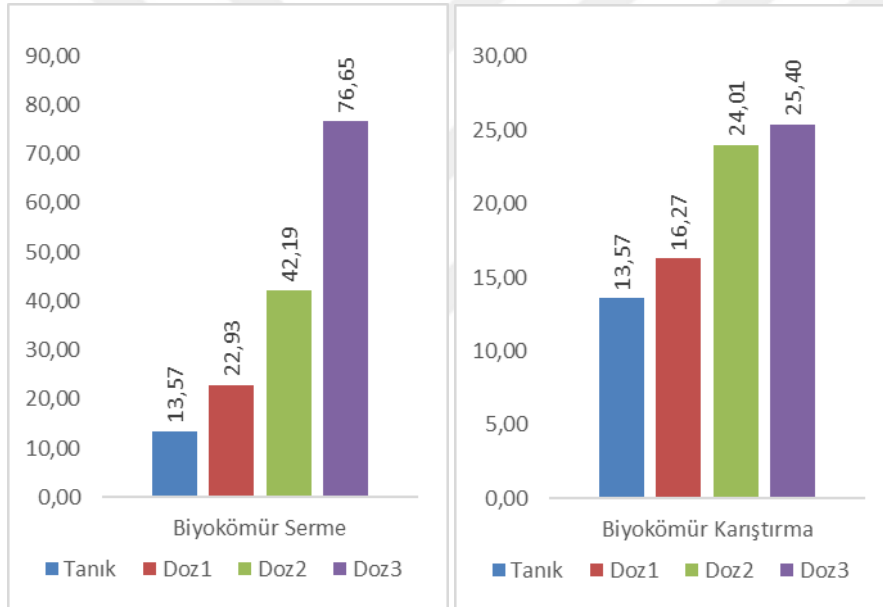
Doz2: 0.50 t.da^{-1}

Doz3: 1.00 t.da^{-1}

Şekil 4. 5. Saman malçı uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları (mm.h^{-1})

Biyokömür uygulamasıyla elde edilen drenaj miktarları tanık parsellere göre daha yüksek meydana gelmiştir (Şekil 4.6). Buna ek olarak uygulama dozunun artışına göre drenaj miktarının da arttığı görülmektedir. Biyokömür uygulamasında, tanık parsellerden 13.57 mm.h^{-1} drenaj meydana gelmişken, serme şeklinde

uygulanmış biyokömürün 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozlardan elde edilen drenaj miktarları sırasıyla 22.93, 42.19 ve 76.65 mm.h⁻¹ meydana gelmiştir ; karıştırma şeklinde uygulanmış biyokömür ise 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozların drenaj miktarları sırasıyla 16.27, 24.01 ve 25.40 mm.h⁻¹ meydana gelmiştir. Yapılan ölçümlerde, serme ve karıştırma uygulama şekillerine bakıldığında, en yüksek drenaj miktarları serme şeklinde uygulanmış 5.0 t.da⁻¹ (76.65 mm.h⁻¹) ve karıştırma şeklinde uygulanmış 5.0 t.da⁻¹ (25.40 mm.h⁻¹) biyokömür uygulamasında meydana gelmiştir. Genel olarak bakıldığında, biyokömür uygulamalarından elde edilen maksimum drenaj miktarı, serme şeklinde uygulanan 5.0 t.da⁻¹ uygulamasında meydana gelmiştir.



Doz0: Tanık (Malıcsız toprak)

Doz1: 1.25 t.da⁻¹

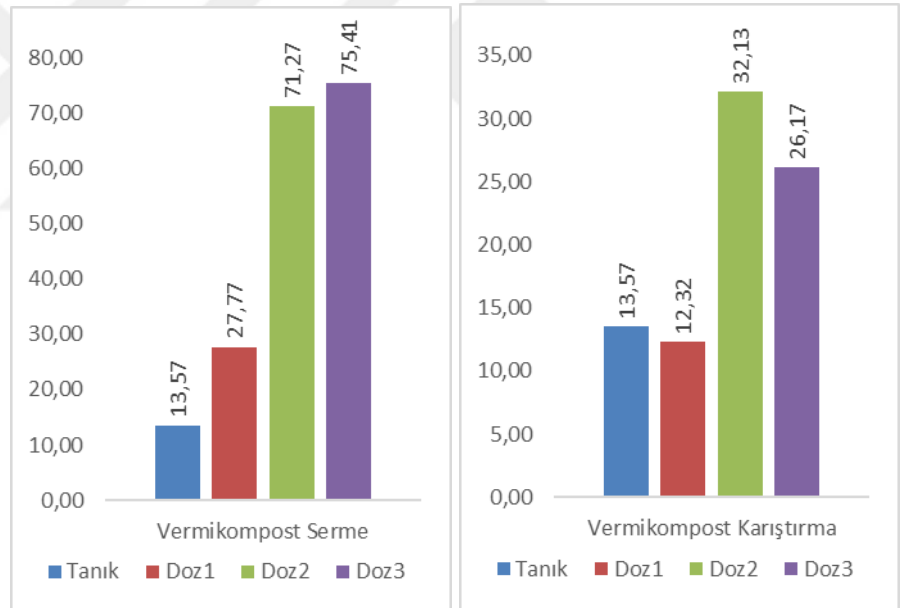
Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 6. Biyokömür uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları (mm.h⁻¹)

Vermikompostun serme şeklinde uygulanmasından elde edilen drenaj miktarları tanık parsellere göre daha yüksek meydana geldiği ve uygulama dozu arttıkça drenaj miktarı da arttığı tespit edilmiştir (Şekil 4.7). Ancak vermikompost toprağa karıştırma şeklinde uygulandığında, tanık parsellere göre 1.25 t.da⁻¹ uygulamasıyla daha düşük drenaj miktarı kaydedilmiştir ; 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹

uygulamaları ise daha yüksek drenaj miktarı saptanmıştır. Vermikompost uygulamasında, tanık parsellerden 13.57 mm.h⁻¹ drenaj meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış vermikompostun 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozlardan elde edilen drenaj miktarları sırasıyla 27.77, 71.27 ve 75.41 mm.h⁻¹ meydana gelmiştir ; karıştırma şeklinde uygulanmış vermikompost ise 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozların drenaj miktarları sırasıyla 12.32, 32.13 ve 26.17 mm/h meydana gelmiştir. Yapılan ölçümlerde, serme ve karıştırma uygulama şekillerine bakıldığında, en yüksek drenaj miktarları serme şeklinde uygulanmış 5.0 t.da⁻¹ (75.41 mm.h⁻¹) ve karıştırma şeklinde uygulanmış 2.5 t.da⁻¹ (32.13 mm.h⁻¹) vermikompost uygulamasında meydana gelmiştir. Genel olarak bakıldığında, vermikompost uygulamalarından elde edilen maksimum drenaj miktarı, serme şeklinde uygulanan 5.0 t.da⁻¹ uygulamasında meydana gelmiştir.



Doz0: Tanık (Malıcsız toprak)

Doz1: 1.25 t.da⁻¹

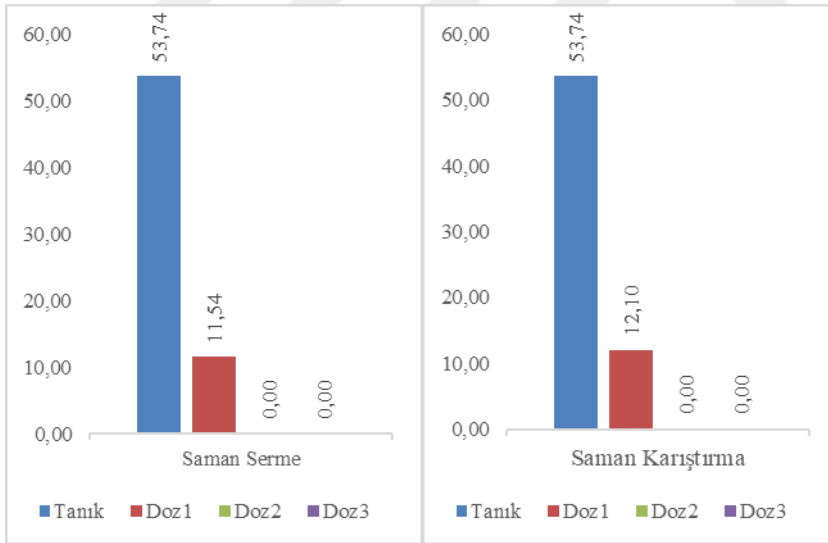
Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 7. Vermikompost uygulamalarından elde edilen drenaj miktarları (mm.h⁻¹)

4.3.2. Yüzey akış miktarları ve değerlendirilmesi

Deneme parsellerine saman malçı uygulandığında, tanık parsellere göre daha düşük yüzey akış meydana gelmiştir; ve malç miktarları arttıkça yüzey akışın büyük oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.8). Saman malçı uygulamalarında, tanık parsellerden 53.74 mm.h⁻¹ yüzey akış meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış saman malçının 0.25 t.da⁻¹, 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ dozların yüzey akış miktarları sırasıyla 11.54, 00.00 ve 00.00 mm.h⁻¹ saptanmıştır; karıştırma şeklinde uygulanmış saman malçı ise 0.25 t.da⁻¹, 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ dozların yüzey akış miktarları sırasıyla 12.10, 00.00 ve 00.00 mm.h⁻¹ tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlere göre, serme ve karıştırma şeklinde uygulanan 0.25 t.da⁻¹ saman parsellerinde, yüzey akış miktarı, tanık parsellere göre 5 kat azalmıştır. Samanın 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ ise yüzey akışı sıfırlayarak daha çok etkili olduğunu göstermiştir. Poesen ve Lavee (1991), saman malçının yüzey akışı azaltmada olağanüstü bir potansiyele sahip olduğunu belirtmişlerdir.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

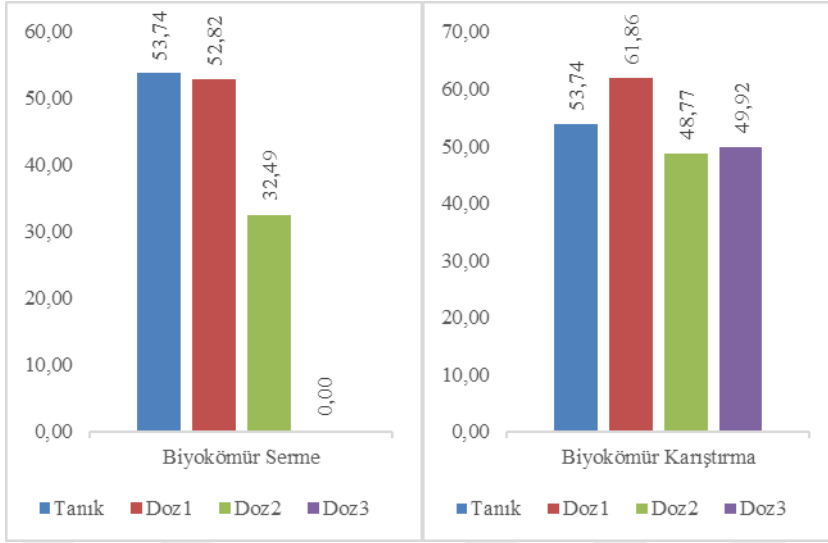
Doz1: 0.25 t.da⁻¹

Doz2: 0.50 t.da⁻¹

Doz3: 1.00 t.da⁻¹

Şekil 4. 8. Saman malçı uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları (mm.h⁻¹)

Biyokömürün toprağa serme şeklinde uygulandığında, malçsız topraklara göre daha düşük yüzey akış meydana geldiği ve biyokömür dozları arttıkça önemli oranda yüzey akış miktarı azaldığı görülmüştür (Şekil 4.9). Biyokömürün toprağa karıştırma şekilde uygulanmasıyla farklı uygulama dozları malçsız topraklara göre kararsız şekilde etkili bulunmuştur. Biyokömür uygulamalarında, tanık parsellerden 53.74 mm.h^{-1} yüzey akış meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış biyokömürün 1.25 t.da^{-1} , 2.50 t.da^{-1} ve 5.0 t.da^{-1} dozlarının yüzey akış miktarları sırasıyla 52.82 , 32.49 ve 00.00 mm.h^{-1} saptanmıştır ; karıştırma şeklinde uygulanmış biyokömür ise 1.25 t.da^{-1} , 2.5 t.da^{-1} ve 5.0 t.da^{-1} dozların yüzey akış miktarları sırasıyla 61.86 , 48.77 ve 49.92 mm.h^{-1} tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerde, serme şeklinde uygulanan biyokömürün 5.0 t.da^{-1} , yüzey akışı sıfırlayan doz olarak tespit edilmiştir. Biyokömür, karıştırma şeklinde toprağa uygulandığında, tanık parsellere göre kararsız bir şekilde etkili olmuştur. Bu uygulamada biyokömür'ün 1.25 t.da^{-1} tanık parsellere göre daha yüksek yüzey akış saptanmıştır. Biyokömür'ün 2.5 t.da^{-1} ve 5.0 t.da^{-1} uygulamalarında tanık parsellere göre daha düşük yüzey akış miktarı meydana gelmiş olsa da 5.0 t.da^{-1} 'ın yüzey akış miktarı 2.5 t.da^{-1} 'a göre yüksek olması kararsız bir etki göstermiştir. Son zamanlarda yapılan bazı araştırmalarda, toprağa biyokömür eklenmesinin toprak kaybını ve yüzey akışı önemli ölçüde azaltabileceğini belirlemiştir (Sadeghi et al., 2015). Aynı zamanda, Peng et al. (2016), biyokömürün yüzey akışı etkilemedeki rolünün karmaşık olduğunu ve bu nedenle daha fazla çalışma gerektirdiğini belirtmiştir.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: 1.25 t.da⁻¹

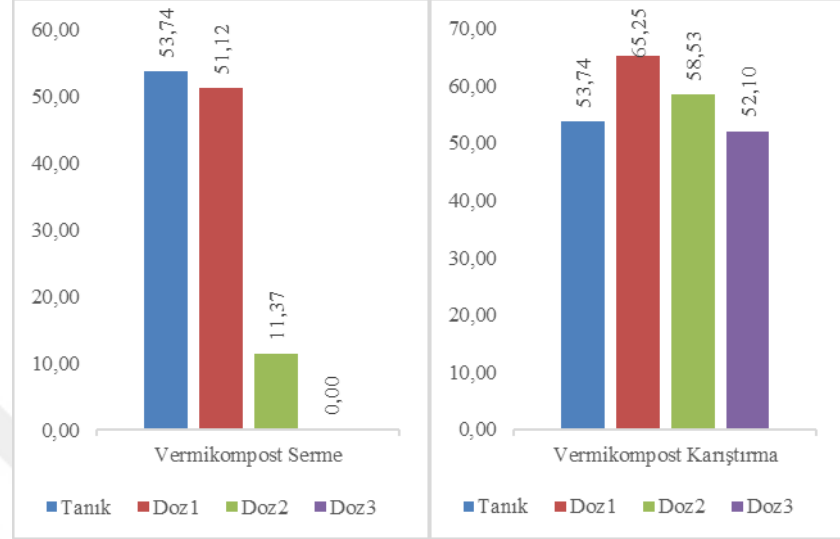
Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 9. Biyokömür uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları (mm.h⁻¹)

Deneme parsellerine vermikompostun serme şeklinde uygulandığında tanık parsellere göre yüzey akış miktarlarına etkili olduğu ve uygulama miktarları arttıkça yüzey akışın büyük oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.10). Serme şeklinde uygulanan vermikompostun 5.0 t.da⁻¹, yüzey akışı sıfırlayan doz olarak tespit edilmiştir. Vermikompost, karıştırma şeklinde toprağa uygulandığında, tanık parsellere göre kararsız bir şekilde etkili olmuştur. Bu uygulamada vermikompostun 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ dozlarıyla tanık parsellere göre daha yüksek yüzey akış saptanmıştır. Vermikompostun karışık şekilde 5.0 t.da⁻¹ uygulamasıyla tanık parsellere göre çok az yüzey akış azalması kaydedilmiştir. Yapılan ölçümlerden, vermikompost uygulamalarında, tanık parsellerden 53.74 mm/h yüzey akış meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış vermikompostun Doz1, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozlarının yüzey akış miktarları sırasıyla 51.12, 11.37 ve 00.00 mm.h⁻¹ saptanmıştır ; karıştırma şeklinde uygulanmış vermikompost ise 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozların yüzey akış miktarları sırasıyla 65.25, 58.53 ve 52.10 mm.h⁻¹ tespit edilmiştir. Birkaç çalışmada, farklı vermikompost uygulama oranlarının toprak erozyonu üzerindeki etkisine değinmiştir. Bu araştırmalarda,

toprağa vermikompostun uygun şekilde eklenmesinin yüzey akışı önemli ölçüde azalttığını belirlemiştir (Sadeghi et al., 2015).



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: 1.25 t.da⁻¹

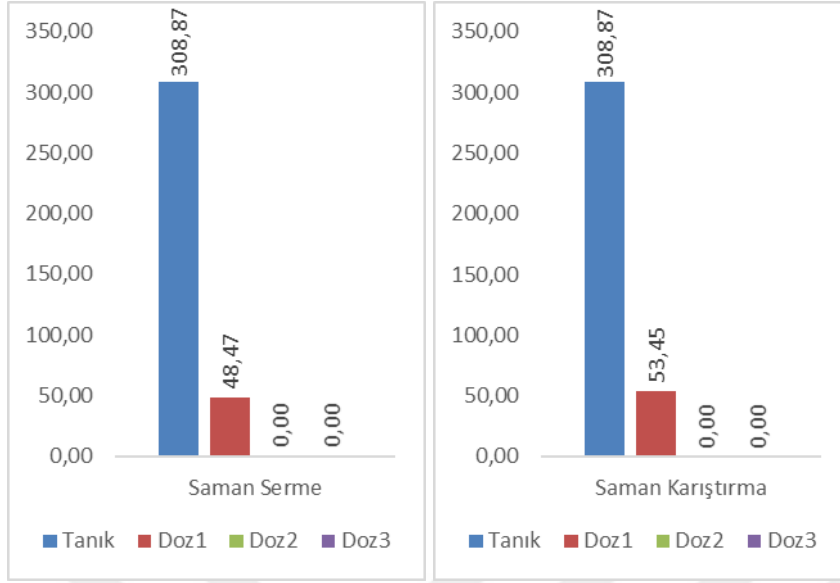
Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 10. Vermikompost uygulamalarından elde edilen yüzey akış miktarları (mm.h⁻¹)

4.3.3. Toprak kaybı miktarları ve değerlendirilmesi

Serme ve karıştırma şekillerinde saman malçı uygulamalarının toprak kayıplarına etkili olduğu ve saman malçı miktarları arttıkça toprak kayıplarının büyük oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.11). Yapılan ölçümlerden saman malçı uygulamalarında, tanık parsellerden 308.96 kg.da⁻¹ toprak kaybı meydana gelmişken, serme ve karıştırma şekillerinde uygulanmış saman malçının 0.25 t.da⁻¹ dozların toprak kaybı miktarları sırasıyla 48.47 ve 53.45 kg.da⁻¹ saptanmıştır; serme ve karıştırma şekillerinde uygulanmış 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ dozları ise hiç bir toprak kaybı miktarı tespit edilmemiştir. Saman malçı uygulamalarında 0.5 t.da⁻¹ ve 1.0 t.da⁻¹ dozları toprak kayıplarını sıfırlayan doz olarak tespit edilmiştir.



Doz0: Tanık (Malcsız toprak)

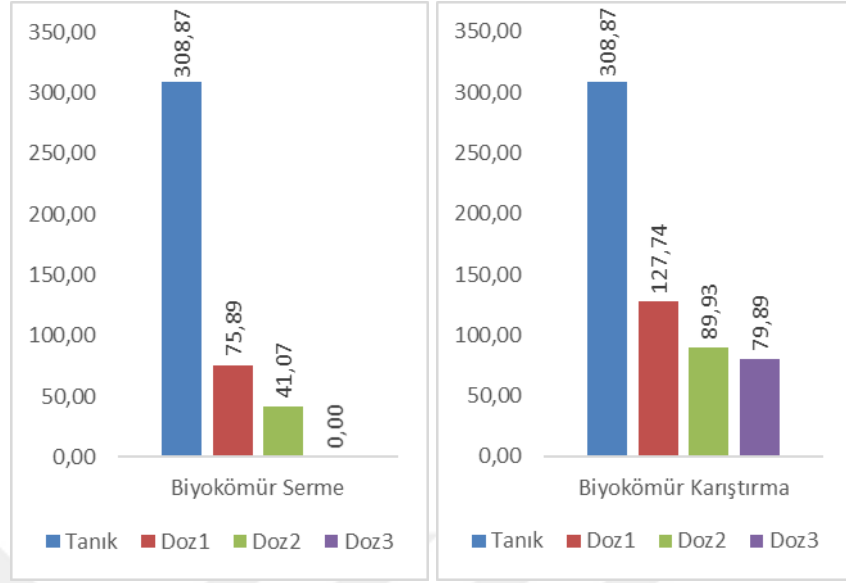
Doz1: 0.25 t.da⁻¹

Doz2: 0.50 t.da⁻¹

Doz3: 1.00 t.da⁻¹

Şekil 4. 11. Saman malçı uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları (kg.da⁻¹)

Serme ve karıştırma şekillerinde biyokömür uygulamalarının toprak kayıplarına etkili olduğu ve biyokömür miktarları arttıkça toprak kayıplarının önemli oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.12). Yapılan ölçümlerden biyokömür uygulamalarında, tanık parsellerden 308.96 kg.da⁻¹ toprak kaybı meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış biyokömürün 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ uygulamalarının toprak kaybı miktarları sırasıyla 75.89, 41.07 ve 00.00 kg.da⁻¹ saptanmıştır ; karıştırma şeklinde uygulanmış biyokömürün 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozlarından ise sırasıyla 127.74, 89.93 ve 79.89 kg.da⁻¹ toprak kaybı miktarı tespit edilmiştir. Biyokömür uygulamalarında 5.0 t.da⁻¹'in toprağa serme şeklinde uygulandığında toprak kaybını sıfırladığı gösterilmiştir.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

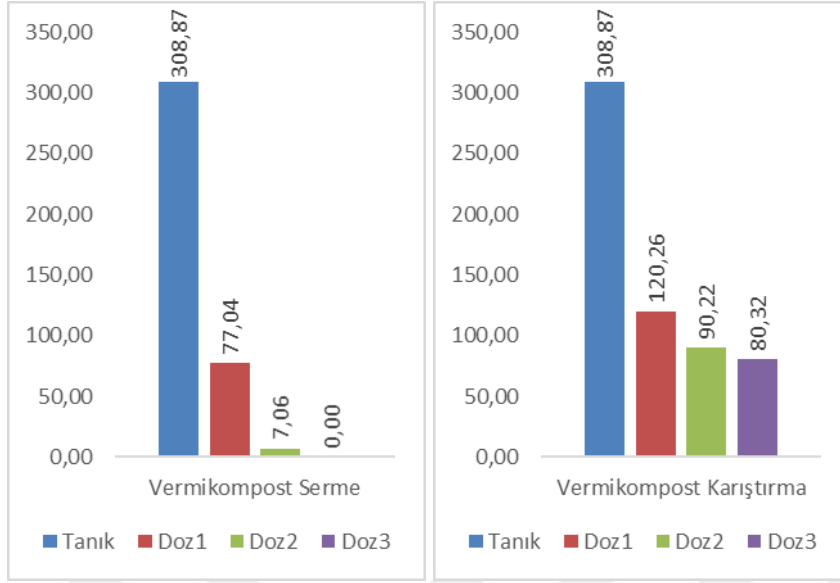
Doz1: 1.25 t.da⁻¹

Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 12. Biyokömür uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları (kg.da⁻¹)

Serme ve karıştırma şeklinde vermikompost uygulamalarının toprak kayıplarına etkili olduğu ve vermikompost miktarları arttıkça toprak kayıplarının önemli oranda azaldığı görülmüştür (Şekil 4.13). Aynı zamanda serme olarak uygulanmış 5.0 t.da⁻¹ vermikompostlu parsellerde toprak kayıplarının sıfırlandığı tespit edilmiştir. Yapılan ölçümlerden vermikompost uygulamalarında, tanık parsellerden 308.96 kg/da toprak kaybı meydana gelmişken, serme şeklinde uygulanmış vermikompostun 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ uygulamalarının toprak kaybı miktarları sırasıyla 77.04, 07.06 ve 00.00 kg.da⁻¹ saptanmıştır; karıştırma şeklinde uygulanmış vermikompostun 1.25 t.da⁻¹, 2.5 t.da⁻¹ ve 5.0 t.da⁻¹ dozlarından ise sırasıyla 120.26, 90.22 ve 80.32 kg.da⁻¹ toprak kaybı miktarı tespit edilmiştir.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: 1.25 t.da⁻¹

Doz2: 2.5 t.da⁻¹

Doz3: 5.0 t.da⁻¹

Şekil 4. 13. Vermikompost uygulamalarından elde edilen toprak kaybı miktarları (kg.da⁻¹)

Sonuç olarak, laboratuvar koşullarında, serme ve karıştırma şeklinde saman, biyokömür ve vermikompost malçlarının uygulandığı deneme parsellerinde, saman malçının drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerine en fazla etkili olduğu bulunmuştur. Biyokömür ve vermikompost malçları ise toprağa serme şeklinde uygulandığında daha etkili bulunmuşlardır. Poesen and Lavee (1991), malçlar toprak erozyonunu kontrol etmede ve yüzey akışı azaltmada olağanüstü bir potansiyele sahip olduğunu belirtmiştir.

4.4. Farklı Malç Dozlarından Elde Edilen Sonuçların Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Arasındaki İlişkiler

Bu çalışmada serme ve karıştırma şeklinde saman, biyokömür ve vermikompost malç uygulamalarından elde edilen sonuçların drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı değişkenlerine göre farklılıkları Kruskal Wallis-H testi ile belirlenmiş ve elde edilen sonuçlar Tablo 4.3'te verilmiştir.

Farklı malç uygulamalarından elde edilen sonuç ortalamaları drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı değişkenlerine göre istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmuştur ($P<0.01$) (Tablo 4.3). Bu işlemten sonra Kruskal Wallis-H testi sonrasında belirtilen anlamlı farklılığın hangi uygulama dozlarından kaynaklandığını belirlemek için tamamlayıcı karşılaştırma tekniklerine geçilmiştir. Bu amaçla kullanılan özel bir test tekniği bulunmadığından tercih edilen grafik karşılaştırmalar uygulanmıştır (Can, 2019 ; Büyüköztürk, 2010).

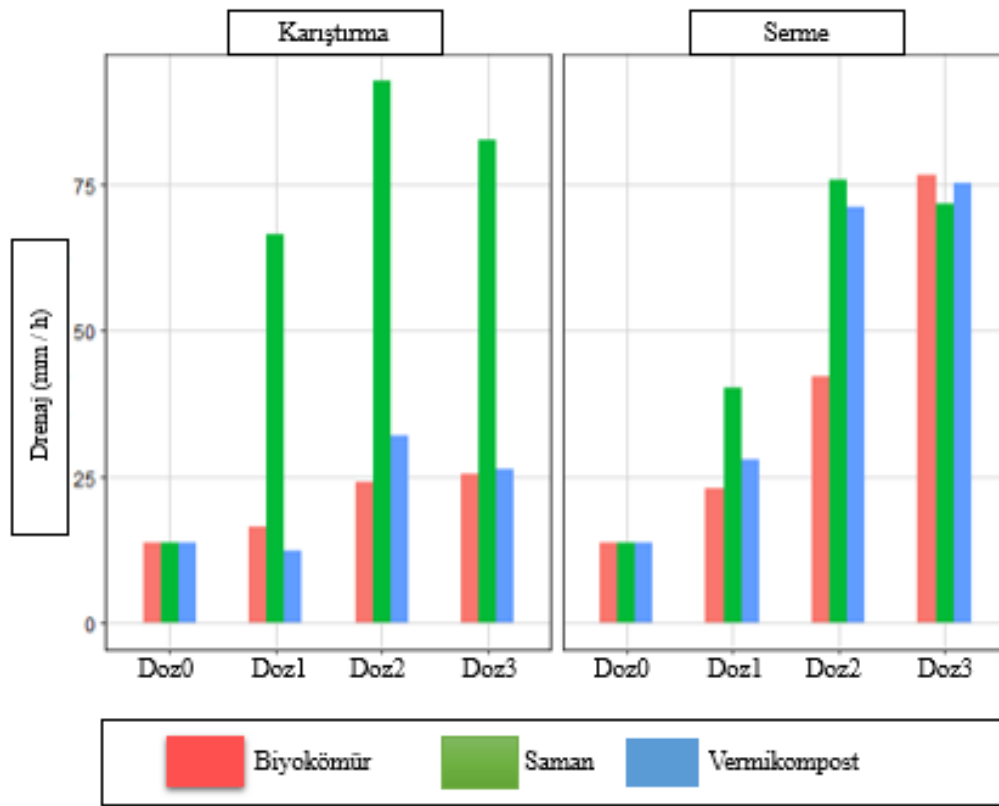
Tablo 4.3. Malç Uygulamalarından Elde Edilen Sonuçların Kruskal Wallis-H Testi

Değişken	N (Örnek büyüklüğü)	H	Serbestlik Derecesi	P
Drenaj	57	55,2	18	0.000012**
Yüzey Akış	57	54,4	18	0.0000157**
Toprak Kaybı	57	55,4	18	0.0000109**

** : Ortalamalar arasında istatistiksel anlamda fark ($P<0.01$) bulunmaktadır.

Serme ve karıştırma şeklinde uygulanan saman, biyokömür ve vermikompost malç malzemelerinin farklı doz uygulamalarından elde edilen sonuçlarının drenaj değişkenine göre, ortalamaların arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.14). Yapılan ölçümlerde, karıştırmalı Doz1 malçların uygulamasında, tanık (Doz0) parsellere göre daha yüksek drenaj meydana gelmiştir. Bu uygulamada maksimum drenaj miktarı samanla elde edilmiş, bunu biyokömür ve vermikompost takip etmiştir. Karıştırma olarak uygulanan Doz2 malçların drenaj değerlerine göre yine en yüksek değer samanla kaydedilmiş; fakat bu uygulamada ikinci ve üçüncü sırada, sırasıyla Vermikompost ve Biyokömür gelmiştir. Karıştırma şeklinde uygulanan Doz3 malçların drenaj değerleri bakıldığında biyokömür ve vermikompost malçları neredeyse aynı seviyede etkili olmuşken saman onlara göre en az 3 kat fazla etkili bulunmuştur. Bir bütün olarak incelendiğinde, karıştırma şeklinde malçların uygulanmasında drenaj açısından saman daha etkili bulunmuştur. Farklı malçların serme şeklinde uygulanması tanık parsellere göre daha yüksek drenaj oluşturmuştur. Bu uygulamada Doz1 ve Doz2 drenaj sonuçlarına göre, en yüksekten en düşüğe sıralamada sırasıyla saman, vermikompost ve biyokömür bulunmuştur. Fakat Doz3 sonuçlarında göre ters senaryo gösterilmiştir. Doz3 ile maksimum drenaj değeri Biyokömür ile

kaydedilmiş, ardından sırasıyla vermicompost ve saman gelmiştir. Malçlar genellikle gözenekli yapıları nedeniyle suyun daha iyi infiltrasyonunu sağlar ve suyun akmak yerine toprağa nüfuz etmesine yardımcı olmaktadır; malç, toprağı yağmur damlalarının doğrudan etkisinden koruyarak yüzey akışı ve su erozyonu azaltmaktadır; bu şekilde, toprağa daha fazla su infiltrasyonunu sağlamaktadır (Basak et al., 2004). Mulumba and Lal (2008), özellikle eğimli tarım sistemlerinde saman malçının drenajı artırdığı ve yüzey akışı azalttığını gözlemlemiştir.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: Biyokömür (1.25 t.da⁻¹); Saman (0.25 t.da⁻¹); Vermikompost (1.25 t.da⁻¹)

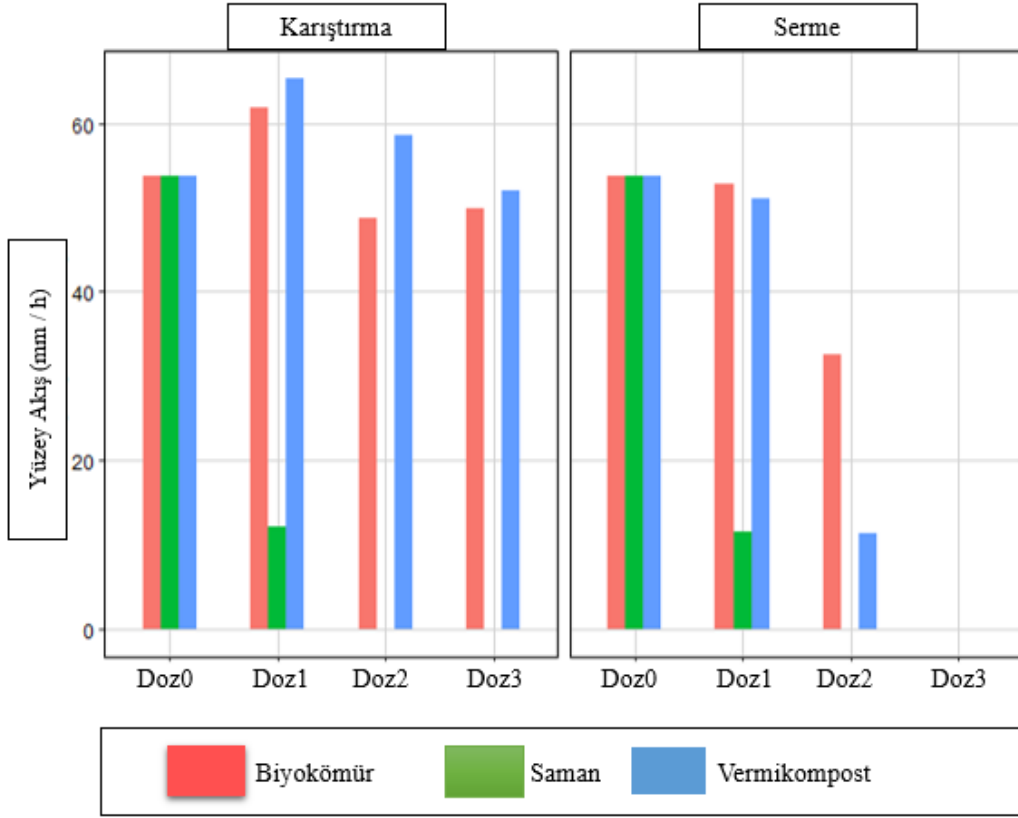
Doz2: Biyokömür (2.5 t.da⁻¹); Saman (0.5 t.da⁻¹); Vermikompost (2.25 t.da⁻¹)

Doz3: Biyokömür (5 t.da⁻¹); Saman (1.0 t.da⁻¹); Vermikompost (5.0 t.da⁻¹)

Şekil 4. 14. Drenaj değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar

Karıştırma ve serme şeklinde uygulanan farklı malç malzemelerinin farklı doz uygulamalarından elde edilen yüzey akış sonuçlarının ortalamalarının arasındaki fark anlamlı bulunmuştur (Şekil 4.15). Yapılan ölçümlerde, karıştırma şeklinde uygulanan Doz1 malçlar, tanık (Doz0) parsellere göre sadece saman ile

pozitif bir şekilde etkili bulunmuştur. Biyokömür ve Vermikompost ise yüzey akışı negatif bir şekilde etkileyerek tanıklara göre daha yüksek miktar yaratmışlardır. Doz2 ve Doz3 malç uygulamalarında samanla hiç bir yüzey akış saptanmamıştır. Fakat bu dozlarda biyokömür ve vermikompost etkileri karmaşık çıkmıştır. Serme şeklinde uygulanan malç dozlarının yüzey akış sonuçlarına bakıldığında Doz1’de samanın daha yüksek pozitif etkisi olduğu görülmüştür. Doz2’de samandan hiçbir yüzey akış saptanmamışken biyokömür ve vermikompost malçlarla önemli oranlarda azalmıştır. Bu oranlarda vermikompost biyokömüre göre daha fazla etkili bulunmuştur. Doz3 uygulamasıyla bütün malçların yüzey akışı yok ettikleri görülmüştür. Blanco-Canqui and Lal (2009), saman da dahil olmak üzere mahsul artıklarının toprak erozyonu üzerindeki etkisini araştırmış ve atıklar toprakta bırakıldığında yüzey akışın önemli bir azalma olduğunu tespit etmiştir. Zhang et al. (2014), saman da dahil olmak üzere farklı bitki örtüsü türlerinin yüzey akış üzerindeki etkisini analiz etmiş ve samanın yüzey akış hızını ve hacmini etkili bir şekilde azalttığı ve böylece tarım alanlarında daha iyi su yönetimine katkıda bulunduğu sonucuna varmıştır. Biyokömür, toprak yapısı ve su tutma üzerindeki faydalı özellikleriyle tanınmaktadır. Bununla birlikte, belirli koşullar altında, biyokömür uygulaması yüzey akışı artırarak toprak kaybının artmasına neden olabilmekte ve bu da olumsuz ekolojik ve tarımsal sonuçlara yol açabilmektedir. Biyokömür bazen toprak yüzeyini hidrofobik hale getirebilmektedir, böylece su infiltrasyonu azaltabilmekte ve yüzey akışı artırabilmektedir. Araştırmalar, özellikle yüksek sıcaklıklarda üretilen belirli biyokömür türlerinin toprak yüzeyinde hidrofobik bir katman oluşturabildiğini göstermiştir (Kinney et al., 2012). Yüzey akış, yağmurun toprağa nüfuz etmemesi ve bunun yerine yüzey üzerinden akması durumunda meydana gelmektedir ; bunun nedeni toprağın doygunluğu, toprağın sıkışması veya geçirimsiz katmanların varlığı gibi çeşitli faktörler olabilmektedir (Glaser and Birk, 2012). Vermikompostun uygulanması bu faktörleri farklı şekillerde etkileyebilmektedir. Vermikompost’un yanlış miktarlarda eklenmesi toprağın fiziksel yapısını değiştirebilmektedir ; örneğin, vermikompost parçacıkları toprak gözeneklerini tıkayabilir, böylece su infiltrasyonu azaltabilmekte ve yüzey akışı artırabilmektedir (Major vd., 2010).



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: Biyokömür (1.25 t.da⁻¹); Saman (0.25 t.da⁻¹); Vermikompost (1.25 t.da⁻¹)

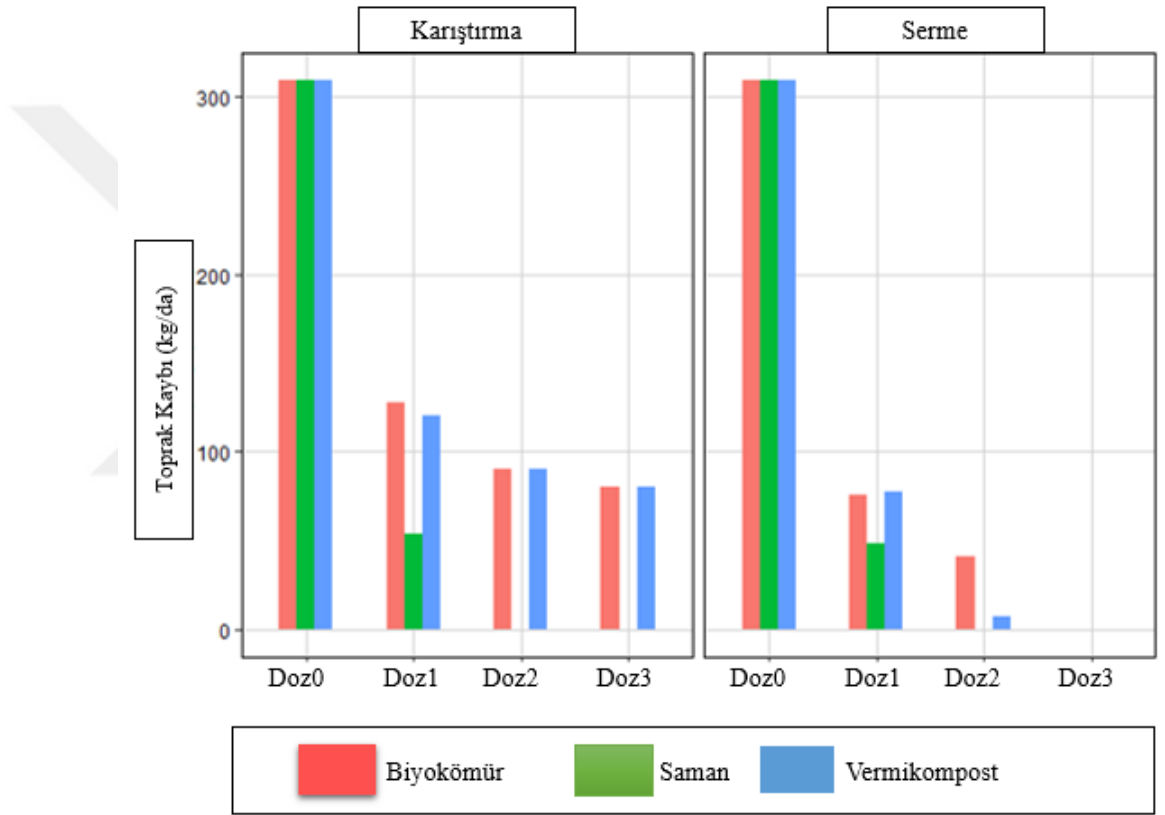
Doz2: Biyokömür (2.5 t.da⁻¹); Saman (0.5 t.da⁻¹); Vermikompost (2.25 t.da⁻¹)

Doz3: Biyokömür (5 t.da⁻¹); Saman (1.0 t.da⁻¹); Vermikompost (5.0 t.da⁻¹)

Şekil 4. 15. Yüzey akış değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar

Farklı dozlarda serme ve karıştırma olarak biyokömür, saman ve vermikompost malç uygulamalarından elde edilen toprak kaybı sonuçları arasında anlamlı farklılık bulunmuştur (Şekil 4.16). Bu uygulamaların toprak kaybı üzerindeki etkilerini karşılaştırmada, malç uygulanmış parsellerde tanık parsellere göre daha düşük toprak kaybı saptanmıştır ve malç miktarı arttıkça toprak kaybı önemli oranda azalmıştır. Toprağa karıştırma şeklinde uygulanan Doz1 malçlarda, saman malçı, vermikompost ve biyokömür malçlara göre en düşük toprak kaybı sonucu vererek daha etkili olduğu göstermiştir. Bu dozda vermikompost, biyokömüre göre daha etkili gösterilmiştir. Karıştırma şeklinde uygulanan Doz2 malçlarda, biyokömür ve vermikompost malçlar, birbirine yakın seviyede etki gösterirken, saman malçı toprak kaybını sıfırlamıştır. Bu senaryo karıştırma

şeklinde uygulanan Doz3 malçlarda tekrarlanmıştır. Serme şekilde uygulanmış farklı malç dozları bakıldığında, Doz1 uygulamada biyokömür ve vermikompost malçlar toprak kaybı üzerine neredeyse aynı seviyede etki gösterirken, saman malçı, onlardan daha düşük toprak kaybı oluşturmuştur. Malçların Doz2 serme uygulamasında saman malçı yüzey akışı sıfırlamışken vermikompost biyokömüre göre daha düşük toprak kaybı meydana getirmiştir. Doz3 serme uygulamasında ise tüm malçlardan hiç bir toprak kaybı saptanmamıştır.



Doz0: Tanık (Malçsız toprak)

Doz1: Biyokömür (1.25 t.da⁻¹); Saman (0.25 t.da⁻¹); Vermikompost (1.25 t.da⁻¹)

Doz2: Biyokömür (2.5 t.da⁻¹); Saman (0.5 t.da⁻¹); Vermikompost (2.25 t.da⁻¹)

Doz3: Biyokömür (5 t.da⁻¹); Saman (1.0 t.da⁻¹); Vermikompost (5.0 t.da⁻¹)

Şekil 4. 16. Toprak kaybı değişkenine göre malç uygulamaları arasındaki farklılıklar

Sonuç olarak toprak kaybı üzerine farklı malçların dozlarının serme şeklinde uygulanması karıştırma şeklinde uygulanmasına göre daha pozitif etki göstermiştir. Serme şeklinde uygulanmış farklı malçlar arasında saman malçı daha etkili bulunmuştur. Tüm olarak bakıldığında saman malçının 0.5 t.da⁻¹ (hem serme ve

karıştırma) ve 1.0 t.da^{-1} (hem serme ve karıştırma) uygulamalarında toprak kaybı sıfırlanmışken biyokömür ve vermikompost malçlarla sadece 5.0 t.da^{-1} serme uygulamasında bir toprak kaybı sıfırlanması kaydedilmiştir. Vermikompostun toprağa karıştırma şeklindeki 1.25 t.da^{-1} uygulanması drenaj üzerinde olumsuz şekilde etki göstermiştir. Bu, vermikompostun karıştırma uygulamasında 1.25 t.da^{-1} 'ın Drenaj üzerine pozitif bir etki göstermek için yeterli olmadığı ortaya çıkmaktadır.

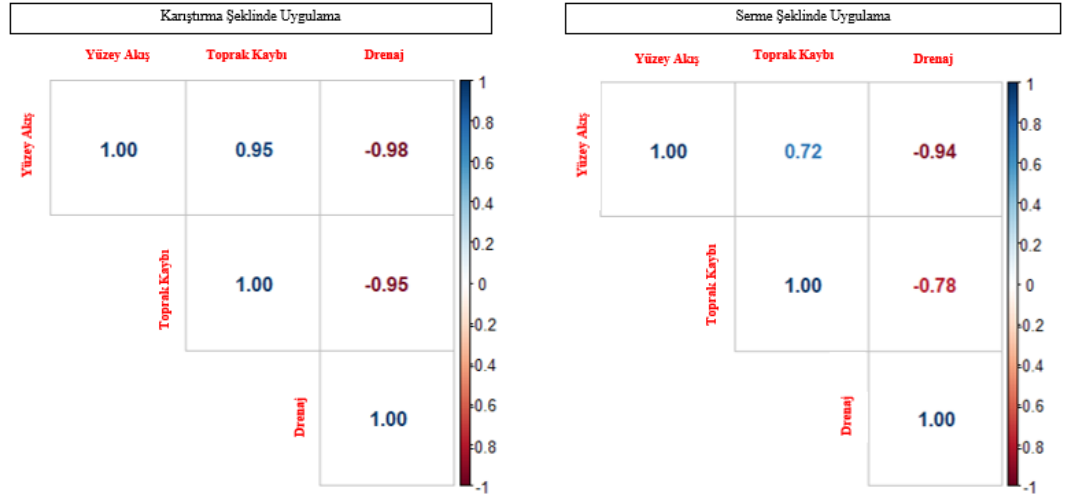
4.5. Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Arasındaki İkili İlişkiler

Bu araştırma sonucunda, drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler ve bu ilişkileri gösteren katsayılar Şekil 4.17'de verilmiştir.

Yüzey akış ile toprak kaybı arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır (Karıştırma uygulamasında $r = 0.95^{**}$; Serme uygulamasında $r = 0.72^{**}$) (Şekil 4.17). Yüzey akış miktarının artmasına karşılık toprak kaybının artmasının nedeni, toprağın üst katmanlarının su tarafından taşınması olduğu düşünülmektedir. Yoğun yağışlar, yüzey akışı artırarak toprağın daha fazla taşınmasına neden olabilmektedir (Morgan, 2005). Fakat malçlama, yüzey akışı ve dolayısıyla toprak erozyonunu doğrudan etkilemektedir. Örneğin, bu çalışmada, karıştırma ve serme şeklinde uygulanan biyokömür, vermikompost ve saman malçı malzemeleri, yüzey akışı azaltarak toprak erozyonunu da azaltmışlar.

Yüzey akış ve drenaj arasında çok önemli bir negatif ilişki bulunmuştur (Karıştırma uygulamasında $r = -0.98^{**}$; Serme uygulamasında $r = -0.94^{**}$). Drenaj miktarı arttığında yüzey akış azalmaktadır. Bunun nedeni, drenajın yeterli olduğu alanlarda, suyun toprağa infiltrasyonu artmakta ve yüzey akış azalmaktadır (Chow et al., 1988). Yetersiz drenaj, yüzey akışın artmasına ve buna bağlı olarak erozyonun şiddetlenmesine yol açabilmektedir. Topraktaki yüzey akış ve drenaj arasındaki ilişkiler, su yönetimi, tarım ve çevre mühendisliği alanlarında büyük öneme sahip olmaktadır. Bu ilişkiler, toprak özelliklerine, bitki örtüsüne, topografyaya ve iklim koşullarına bağlı olarak değişiklik gösterebilmektedir.

Diğer taraftan, drenaj ile toprak kaybı arasında çok önemli bir negatif ilişki elde edilmiştir (Karıştırma uygulamasında $r = -0.95^{**}$; Serme uygulamasında $r = -0.78^{**}$). Drenaj miktarı arttığında toprak kaybı azalmaktadır. Drenaj sistemlerinin tasarımıyla erozyon riski azaltılır. Suyun kontrollü bir şekilde yönlendirilmesi durumunda yerden ayrılan su miktarının azaldığı ve toprağın yer değiştirmesine neden olduğu bildirilmiştir (Morgan, 2005). İyi drenaj, toprağın fazla suyu hızlı bir şekilde tahliye etmesine yardımcı olur, suyun çözünmesini ve parçacıkları taşımalarını önler (Brady and Weil 2008). Drenaj sistemleri, suyun doğru yönlendirilmesi ve yüzey akışının kontrol altına alınması ile erozyonu azalttığı bildirilmiştir (Novotny and Brown, 2007).



Şekil 4. 17. Drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı arasındaki ilişkiler ve bu ilişkileri gösteren katsayılar

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı malç malzemelerinin erozyona olan etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla yürütülen bu çalışmada, farklı dozlarda biyokömür, vermikompost ve saman malçlarının karıştırma ve serme şeklinde uygulamalarının laboratuvar koşullarında ve yağış benzetici altında drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı ilişkileri saptanmıştır. Bu amaçla, killi tın bünyeli toprak örnekleriyle 30 x 45 x 15 cm boyutlarındaki erozyon parselleri üzerine tanık ve 3 farklı dozda (1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹ biyokömür; 1.25 - 2.50 - 5.00 t.da⁻¹ vermikompost ve 0.25 - 0.50 - 1.00 t.da⁻¹ Saman) malç uygulanarak laboratuvar da yağış benzetici denemesi yapılmıştır. Üç tekrarlı olarak yürütülen bu araştırma sonucunda farklı malç malzemelerine ait drenaj (mm.h⁻¹), yüzey akış (mm.h⁻¹) ile toprak kaybı (kg.da⁻¹) değerleri saptanmıştır. Biyokömür, vermikompost ve saman malçı malzemeleri, drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerine önemli etkileri olduğu bulunmuştur. Ancak bu farklı malçların uygulamalarında, saman malçı dozlarıyla meydana gelen drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı sonuçlarına göre, biyokömür ve vermikompost malçlardan daha etkili bulunmuştur.

Biyokömür, vermikompost ve samanın drenaj, yüzey akış ve toprak kaybı üzerindeki etkilerinin bir yağış benzetici kullanılarak incelenmesi, sürdürülebilir toprak yönetimi uygulamalarına ilişkin önemli bilgiler sunmaktadır. Bu organik malçlar, toprak kalitesini iyileştirmenin yanı sıra erozyonun azaltılmasında ve su yönetiminde de önemli bir rol oynamaktadır. Gözenekli yapısı sayesinde biyokömür, toprağa su infiltrasyonu artırma konusunda önemli etki göstermiştir. Vermikompost, toprak yapısını ve dolayısıyla drenajı iyileştirmiştir. Bununla birlikte, doğrudan infiltrasyon açısından etkisi biyokömürden daha az belirgin olmuştur. Saman malcı, toprağa uygulandığında, toprak yüzeyinde kompakt bir kabuk oluşumunu azaltır ve böylece infiltrasyonu teşvik eder. Özellikle yüzey akışa karşı fiziksel bir bariyer görevi göstermiştir.

Biyokömür, toprağın su tutma kapasitesini artırarak yüzey akışı önemli ölçüde azaltmıştır. Yüzey akıştaki bu azalma erozyonun önlenmesine ve besin kaybının azaltılmasına yardımcı olmuştur. Vermikompost toprağın su emme

kapasitesini artırmış, bu da biyokömüre göre etkisi daha az belirgin olsa da yüzey akışı azaltmıştır. Koruyucu bir örtü görevi gören saman, yüzey akış hızını düşürerek ve suyun yüzeyde kalma süresini artırarak yüzey akışını azaltmış ve daha fazla infiltrasyon sağlamıştır. Biyokömür, toprak agregat stabilitesini artırarak toprak erozyonunu ve ince partikül kaybını azaltmıştır. Vermikompost, toprak parçacıklarının kohezyonunu geliştirerek toprak kaybını azaltmaya yardımcı olmuştur. Saman malçı, toprak yüzeyini yağmur damlalarının doğrudan etkisinden koruyarak toprak parçacıklarının yer değiştirmesini ve erozyon yoluyla toprak kaybını azaltmıştır. Biyokömür, vermikompost ve saman kullanımının sürdürülebilir toprak yönetimi için farklı ve tamamlayıcı faydaları vardır. Bu malç malzemeleri, drenajı iyileştirmede, yüzey akışı ve toprak kaybını azaltmada çok etkili bulunmuşlardır.

Biyokömür ve vermikompost kombinasyonu, tarımsal uygulamalarda toprak sağlığının iyileştirilmesine yardımcı olabilecektir. Eğimli arazilerde toprak kaybını önlemek için saman malçı kullanılmalıdır.

Toprak yönetimi stratejilerinde, uzun vadeli toprak verimliliğini artırmak için biyokömür ve vermikompost teşvik edilmelidir. Saman malçı toprak yüzeyinin korunmasına ve yağışlı mevsimlerde erozyonun azaltılmasına yardımcı olabilir.

Eğimli alanlarda toprak kaybını önlemek için malç uygulamaları kullanılmalıdır. Toprağın stabilitesini arttırmak için biyokömür ve vermikompost tavsiye edilmelidir.

Bu sonuçlar ve öneriler, yağış benzetici koşullarda killi tın bünyeli toprakla yapılan bu araştırmadan elde edilen verilere dayanmaktadır. Uygulanan dozların çevreye olan etkileri gelecek araştırmalarla araştırılması gerekmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Abrol, V., Ben-Hur, M., Verheijen, F.G.A., Keizer, J.J., Martins, M.A. and Tenaw, H., 2016**, Biochar effects on soil water infiltration and erosion under seal formation conditions: rainfall simulation experiment. *J. Soils Sediments* 16, 2709–2719.
- Akalan, İ., 1978**, Çeşitli toprak karakterleri ve erozyon arasındaki ilişkileri, I. Ulusal Erozyon Sedimentasyon Sempozyumu Tebliği, DSİ Yayınları No: 982/92, S. 36-38, Ankara.
- Akalin, M., 2015**, İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri: bu etkileri gidermeye yönelik uyum ve azaltım stratejileri, Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 7(2), 351-378.
- Amonette, J. E., Blanco-Canqui, H., Hassebrook, C., Laird, D. A., Lal, R. and Lehmann, J., 2021**, Integrated biyokömür research: A roadmap, *J. Soil Water Conservation*, 76, 24A–29A.
- Amossé J., Bettarel Y., Bouvier C., Bouvier T., Tran D.T., Doan T.T., Jouquet P., 2013**, The flows of nitrogen, bacteria and viruses from the soil to water compartments are influenced by earthworm activity and organic fertilization (compost vs. vermicompost). *Soil Biol. Biochem.*, 66 (2013), pp. 197-203
- Anonymous, 1954**, Diagnosis and Improvement of Saline And Alkali Soils, Government Print. Office, Washington.
- Anonymous, 1993**, Application of methods and models for prediction of land surface erosion and yield, U.S army Corps of engineers Institute for Water Resources Hydrologic Engineering Center, USA

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Atiyeh, R.M., Domínguez, J., Subler, S. and Edwards, C.A.,** 2000, Changes in biochemical properties of cow manure during processing by earthworms (*Eisenia andrei*) and the effects on seedling growth. *Pedobiologia*, 44(6), pp. 709-724
- Bai, N., Zhang, H., Li, S., Zheng, X., Zhang, J. and Zhang, H.,** 2019, Long-term effects of straw and straw-derived biyokömür on soil aggregation and fungal community in a rice–wheat rotation system, *Peer J* 6, e6171.
- Basak, B. B., Biswas, S., Choudhury, B. U., and Ghosh, P. K.,** 2004, Straw mulching effect on soil erosion and soil moisture in the subhumid Himalayas, *Soil and Tillage Research*, 77(2), 139-146
- Beheshti, M., Etesami, H., and Alikhani, H. A.,** 2018, Effect of different biyokömürs amendment on soil biological indicators in a calcareous, soil. *Environ. Sci. Pollut. Res.*, 25, 14752–14761.
- Beston,** 2024, “Biochar üretim ekipmanları”, <https://bestonmachinery.com/tr/biochar-production-equipment/>, (Erişim Tarihi: 06/06/2024)
- Bhattarai, B., Neupane, J., Dhakal, S. P., Nepal, J., Gnyawali, B. and Timalisina, R.,** 2015, Effect of biyokömür from different origin on physio-chemical properties of soil and yield of garden pea (*pisum sativum* L.) at paklihawa, rupandehi, Nepal, *World J. Agric. Res.* 3, 10.
- Black, C.A.,** 1965, *Methods of Soil Analysis*, Part 1-2, Amer. Soc. Of Agr. Inc., Publisher Madison- USA.Carrillo, 2021
- Blanco-Canqui, H. and Lal, R.,** 2009, Corn stover removal for expanded uses reduces soil fertility and structural stability. *Soil Science Society of America Journal*, 73(2), 418-426

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Blanco-Canqui, H.**, 2017, Biyokömür and soil physical properties, Soil Sci. Soc. Am. J. 81, 687–711. doi:10.2136/sssaj2017.01.0017
- Blanco-Canqui, H.**, 2021, Does biyokömür application alleviate soil compaction? Review and data synthesis, Geoderma 404, 115317.
- Brady, N. C. and Weil, R. R.**, 2008, The Nature and Properties of Soils, Prentice Hall.
- Burrell, L. D., Zehetner, F., Rampazzo, N., Wimmer, B., and Soja, G.**, 2016, Long-term effects of biyokömür on soil physical properties. Geoderma 282, 96–102.
- Büyüköztürk, Ş.**, 2010, Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı, 11. Baskı, Pegem Akademi, Ankara
- Can, A.**, 2019, SPSS ile Bilimsel Araştırma Sürecinde Nicel Veri Analizi, 7. Baskı, Pegem Akademi, Ankara
- Cardoso, E. J. B. N., Vasconcellos, R. L. F., Bini, D., Miyauchi, M. Y. H., Santosdos, C. A. and Alves, P. R. L.**, 2013, Soil health: Looking for suitable indicators. What should be considered to assess the effects of use and management on soil health?, Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.) 70, 274–289.
- Carey, D. E., Mc Namara, P. J., and Zitomer, D. H.**, 2015, Biyokömür from pyrolysis of biosolids for nutrient adsorption and turfgrass cultivation, Water Environ. Res. 87, 2098–2106.
- Carrillo R.**, 2021, “Carbon farming in vigneto, i vantaggi del biochar e del CB Mix”, <https://vigneviniequalita.edagricole.it/featured/carbon-farming-in-vigneto-i-vantaggi-del-biyokömür-e-del-cb-mix/> (Erişim Tarihi: 21/05/2024)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Cerda, A., González-Pelayo, O., Giménez-Morera, A., Jordán, A., Pereira, P., Novara, A., Brevik, E.C., Prosdocimi, M., Mahmoodabadi, M., Keesstra, S., García Orenes, F., Ritsema, C., 2016,** The use of barley straw residues to avoid high erosion and runoff rates on persimmon plantations in Eastern Spain under low frequency — high magnitude simulated rainfall events. *Soil Res.* (In press).
- Chow, V.T., Maidment, D.R., and Mays, L.W., 1988,** Applied Hydrology. McGraw-Hill.
- Cook, B. I., Mankin, J. S. and Anchukaitis, K. J., 2018,** Climate change and drought: From past to future, *Curr. Clim. Change Rep.* 4, 164–179.
- Das, S., Mohanty, S., Sahu, G., Rana, M., and Pilli, K., 2021,** “Biochar: A sustainable approach for improving soil health and environment,” in *Soil erosion - current challenges and future perspectives in a changing world* Editors A. Vieira, and S. Carlos Rodrigues (London, UK: IntechOpen). doi:10.5772/intechopen, 97136.
- De Lima, J. L. M. P., Santos, L., Mujtaba, B., and de Lima, M. I. P., 2019,** Laboratory assessment of the influence of rice straw mulch size on soil loss, *Advances in Geosciences*, 48, 11-18
- Derancourt, F., 1995,** Erosion des terres agricoles, méthodologie proposées à l'étude de bassins versants agricoles. Rapport Chambre d'Agriculture Pas-de-Calais.
- Diatta, A.A., Fike, J.H. and Battaglia, M.L., 2020,** Effects of biochar on soil fertility and crop productivity in arid regions: a review. *Arab J Geosci* 13, 595, <https://doi.org/10.1007/s12517-020-05586-2>

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Doan T. T., Bouvier C., Bettarel Y., Bouvier T., Henry-des Tureaux T., Janeau J.L., Lamballe P., Nguyen B.V., Jouquet P., 2014,** Influence of buffalo manure, compost, vermicompost and biochar amendments on bacterial and viral communities in soil and adjacent aquatic systems. *Appl. Soil Ecol.*, 73 (2014), pp. 78-86
- Doan T.T., Jusselme D.M., Lata J.C., Nguyen B.V., Jouquet P., 2013a,** The earthworm species *Metaphire posthuma* modulates the effect of organic amendments (compost vs. vermicompost from buffalo manure) on soil microbial properties. A laboratory experiment *Eur. J. Soil Biol.*, 59, pp. 15-21
- Doan T.T., Ngo P.T., Rumpel C., Nguyen B.V., Jouquet P., 2013b,** Interactions between compost, vermicompost and earthworms influence plant growth and yield : a one-year greenhouse experiment. *Sci. Hortic.*, 160, pp. 148-154
- Dominguez, J. and Edwards, C. A., 2011,** Biology and Ecology of Earthworm Species Used for Vermicomposting, In Edwards, C. A., Arancon, N. Q., and Sherman, R. (Eds.), *Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management* (pp. 27-40). CRC Press
- Doran, J. W. and Zeiss, M. R., 2000,** Soil health and sustainability: Managing the biotic component of soil quality, *Appl. Soil Ecol.*, 15, 3–11.
- Downie, A., Crosky, A. and Munroe, P., 2012,** “Physical properties of biochar,” in *Biyokömür for environmental management*. Abingdon, Oxfordshire, United Kingdom: Routledge, 45–64.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Du, Z.-L., Zhao, J.-K., Wang, Y.-D., and Zhang, Q.-Z.,** 2017, Biochar addition drives soil aggregation and carbon sequestration in aggregate fractions from an intensive agricultural system. *J. Soils Sediments* 17, 581–589.
- Edwards, C.A. and Arancon, N.Q.,** 2004, Vermiculture technology: Earthworms, organic wastes, and environmental management. CRC Press.
- European Environment Agency,** 2023, Pollution and other impacts of agriculture on the environment, “<https://www.eea.europa.eu/signals-archived/signals-2020/infographics/pollution-and-other-impacts-of/view>” (Erişim Tarihi: 22/05/2024)
- FAO,** 1998, Agricultural Biodiversity, Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Faucette, L.B., Scholl, B., Beighley, R.E., Governo, J.,** 2009a, Large-scale performance and design for construction activity erosion control best management practices. *J. Environ. Qual.* 38, 1248–1254.
- Field, Andy,** 2009, Discovering Statistics Using SPSS, (Third Edition), Sage Publications Ltd., London
- Florine Morestin,** “Biochar”, <https://www.novethic.fr/lexique/detail/biochar.html>, (Erişim Tarihi: 21/05/2024)
- Gao, Z., Xu, Q., Si, Q., Zhang, S., Fu, Z. and Chen, H.,** 2022, Effects of Different Straw Mulch Rates on the Runoff and Sediment Yield of Young Citrus Orchards with Lime Soil and Red Soil under Simulated Rainfall Conditions in Southwest China. *Water*, 14, 1119.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Gee, G.W. and Bauder, J.W.**, 1986, Particle size analysis. In: Klute, A., Campbell, G.S., Jackson, R.D., Mortland, M.M., Nielsen, D.R. (Eds.), Methods of Soil Analysis, Soil Science Society of America and American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin USA, pp. 400–402.
- Ghasemi, Asghar and Saleh Zahediasl**, 2012, “Normality Tests for Statistical Analysis: A Guide for Non-Statisticians.” *Int J Endocrinol Metab* 10 (2): 486–89.
- Glaser, B. and Birk, J. J.**, 2012, State of the scientific knowledge on properties and functions of biyokömür, *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1240(1), 15-18.
- Gong, H., Tan, Z., Zhang, L., and Huang, Q.**, 2019, Preparation of biochar with high absorbability and its nutrient adsorption–desorption behavior, *Sci. Total Environ.* 694, 133728. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.133728
- Gorovtsov, A. V., Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., Perelomov, L. V., Soja, G. and Zamulina, I. V.**, 2020, The mechanisms of biochar interactions with microorganisms in soil, *Environ, Geochem Health* 42, 2495–2518.
- Goudie, A.**, 2014, "Calibration and use of rainfall simulators in soil erosion research." *Geographical Journal*.
- Gülsün, Sultan**, 2021, Agroekolojinin Toprak Sağlığına Etkisi, “<https://www.polenekoloji.org/agroekolojinin-toprak-sagligina-etkisi/>” (Erişim Tarihi: 22/05/2024)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Han, J., Zhang, A., Kang, Y., Han, J., Yang, B. and Hussain, Q.,** 2022, Biochar promotes soil organic carbon sequestration and reduces net global warming potential in apple orchard: A two-year study in the Loess Plateau of China. *Sci. Total Environ.* 803, 150035.
- Hardie, M., Clothier, B., Bound, S., Oliver, G., and Close, D.,** 2014, Does biochar influence soil physical properties and soil water availability? *Plant Soil* 376, 347–361. doi:10.1007/s11104-013-1980-x
- Herath, H. M. S. K., Camps-Arbestain, M., and Hedley, M.,** 2013, Effect of biyokömür on soil physical properties in two contrasting soils: An Alfisol and an Andisol, *Geoderma* 210, 188–197.
- Houndonougbo, H. M. ve Yonter, G.,** 2020, Farklı Basınçlarda Veejet ve Fulljet Tipi Başlıkların Yağış Şiddeti, Christiansen Katsayısı, Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkilerinin Kıyaslanması Üzerine Bir Ön Çalışma. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 57(2), 209-218.
- Islam, M. U., Jiang, F., Guo, Z., and Peng, X.,** 2021, Does biochar application improve soil aggregation? A meta-analysis, *Soil Tillage Res.* 209, 104926. doi:10.1016/j.still.2020.104926 J. Soil Water Conserv., 57 (2002), pp. 455-464
- Jeffery, S., Verheijen, F. G. A., van der Velde, M., and Bastos, A. C.,** 2011, A quantitative review of the effects of biochar application to soils on crop productivity using meta-analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 144(1), 175-187.
- Jien, S.H., Wang, C.S.,** 2013, Effects of biochar on soil properties and erosion potential in a highly weathered soil. *Catena* 110, 225–233

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Jones, D. L., Murphy, D. V., Khalid, M., Ahmad, W., Edwards-Jones, G. and DeLuca, T. H.,** 2011, Short-term biochar-induced increase in soil CO₂ release is both biotically and abiotically mediated. *Soil Biol. Biochem.* 43, 1723–1731. doi:10.1016/j.soilbio.2011.04.018
- Jordan, A., Zavala, L. M., and Gil, J.,** 2010, Effects of mulching on soil physical properties and runoff under semi-arid conditions in southern Spain, *Catena*, 81, 77e85.
- Joseph, S. D., Camps-Arbestain, M., Lin, Y., Munroe, P., Chia, C. H. and Hook, J.,** 2010, An investigation into the reactions of biochar in soil. *Soil Res.* 48, 501. doi:10.1071/SR10009
- Joseph, S., Cowie, A. L., Van Zwieten, L., Bolan, N., Budai, A., Buss, W.,** 2021, How biochar works, and when it doesn't: A review of mechanisms controlling soil and plant responses to biyokömür. *GCB Bioenergy* 13, 1731–1764. doi:10.1111/gcbb.12885
- Jouquet E. P., Bloquel E., Doan T. T., Ricoy M., Orange D., Rumpel C. and Duc T. T.,** 2011, Do compost and vermicompost improve macronutrient retention and plant growth in degraded tropical soils?, *Compost Sci. Util.*, 19, pp. 15-24
- Kammann, C. I., Ratering, S., Eckhard, C., and Müller, C.,** 2012, Biochar and hydrochar effects on greenhouse gas (carbon dioxide, nitrous oxide, and methane) fluxes from soils. *Journal of Environmental Quality*, 41(4), 1052-1066.
- Kang, M. W., Yibeltal, M., Kim, Y. H., Oh, S. J., Lee, J. C., Kwon, E. E.,** 2022, Enhancement of soil physical properties and soil water retention with biochar-based soil amendments. *Sci. Total Environ.* 836,
- Kara, B., and Atar, B.,** 2013, Effects of mulch practices on fresh ear yield and yield components of sweet corn., *Turk. J. Agric. For.*, 37, 281–287.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Kinney, T. J., Masiello, C. A., Dugan, B., Hockaday, W. C., Dean, M. R., Zygourakis, K. and Barnes, R. T.,** 2012, Hydrologic properties of biochars produced at different temperatures, *Biomass and Bioenergy*, 41, 34-43.
- Köklü, N, Büyüköztürk, Ş. ve Çokluk Bökeoğlu, Ö.,** 2007, Sosyal Bilimler İçin İstatistik (2. baskı). Ankara: Pegem Akademi
- Kukal, S. S., and Sarkar, M.,** 2010, Splash erosion and infiltration in relation to mulching and polyviny alcohol application in semi-arid tropics, *Archives of Agronomy and Soil Science*, 56(6), 697-705.
- Lalitha, R., Fathima, K. and Ismail, S.A.,** 2000, The impact of biopesticides and microbial fertilizers on productivity and growth of *Abelmoschus esculentus*, *Vasundara The Earth*, 1(1), pp.4-9.
- Lehmann J., Pereira da Silva J., Steiner C., Nehls T., Zech W. and Glaser B. ,** 2003, Nutrient availability and leaching in an archaeological Anthrosol and a Ferralsol of the Central Amazon basin: fertilizer, manure and charcoal amendments. *Plant Soil*, 249 (), pp. 343-357
- Lehmann, J. and Joseph, S. (Eds.),** 2015, *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*, Routledge.
- Lehmann, J.,** 2007, Bio-energy in the black, *Front. Ecol. Environ.* 5, 381–387.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C. and Crowley, D.,** 2011, Biochar effects on soil biota – a review, *Soil Biol. Biochem.* 43, 1812–1836.
- Li, H., Hu, J., Meng, Y., Su, J., Wang, X.,** 2017, An investigation into the rapid removal of tetracycline using multilayered graphene-phase biochar derived from waste chicken feather. *Science of the Total Environment*, 603, 39-48.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Lin, X. W., Xie, Z. B., Zheng, J. Y., Liu, Q., Bei, Q. C., and Zhu, J. G., 2015,** Effects of biochar application on greenhouse gas emissions, carbon sequestration and crop growth in coastal saline soil: Biyokömür's effects on GHGs, soil C cycle and crop growth. *Eur. J. Soil Sci.* 66, 329–338.
- Liu X. Y., A. F. Zhang, C. Y. Ji, S. Joseph, R. J. Bian, L. Q. Li, G. X. Pan and J. Paz-Ferreiro, 2013,** Biochar's effect on crop productivity and the dependence on experimental conditions - a meta-analysis of literature data. *Plant Soil*, 373, pp. 583-594
- Liu, Z., Chen, X., Jing, Y., Li, Q., Zhang, J. and Huang, Q., 2014,** Effects of biochar amendment on rapeseed and sweet potato yields and water stable aggregate in upland red soil, *Catena* 123, 45–51.
- Lucas-Borja, M. E., Zema, D. A., Plaza-Alvarez, P. A., Zupanc, V., Baartman, J., Sagra, J., and de las Heras, J., 2019,** Effects of different land uses (abandoned farmland, intensive agriculture and forestland) on soil hydrological properties in Southern Spain. *Water*, 11, 503.
- Major, J., Rondon, M., Molina, D., Riha, S. J. and Lehmann, J., 2010,** Maize yield and nutrition during 4 years after biochar application to a Colombian savanna oxisol. *Plant and Soil*, 333(1-2), 117-128.
- Mandal, S., Sarkar, B., Bolan, N., Novak, J. M. and Ok, Y. S., 2016,** Enhancement of soil fertility and carbon sequestration by biochar application: Roles of biyokömür production and soil texture. *Agronomy*, 6(1), 1-18.
- Maticic, M., Dugan, I. and Bogunovic, I., 2024,** Challenges in Sustainable Agriculture - The Role of Organic Amendments, *Agriculture*, 14, 643.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Middleton, H.E.**, 1930, Properties of some soil which influence soil erosion. USDA TECH. Bull 178.
- Misagh Parhizkar, Mahmood Shabanpour, Manuel Esteban Lucas-Borja, Demetrio Antonio Zema, Siyue Li, Nobuaki Tanaka and Artemio Cerdà**, 2021, Effects of length and application rate of rice straw mulch on surface runoff and soil loss under laboratory simulated rainfall, International Journal of Sediment Research, Volume 36, Issue 4, Pages 468-478, ISSN 1001-6279.
- Montenegro, A. A. A., Abrantes, J. R. C. B., de Lima, J. L. M. P., Singh, V. P., and Santos, T. E. M.**, 2013, Impact of mulching on soil and water dynamics under intermittent simulated rainfall, Catena, 109, 139–149.
- Morgan, R.P.C.**, 2005, Soil Erosion and Conservation. Blackwell Publishing Ltd, Oxford, UK.
- Mulumba, L. N. and Lal, R.**, 2008, Mulching effects on selected soil physical properties, Soil and Tillage Research, 98(1), 106-111.
- Nelson, R.E.**, 1982, Carbonate and gypsum: Methods of soil analysis, chemical and microbiological properties, part 2, Ed: Page, A.L., American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 539-579.
- Nepal J, Ahmad W, Munsif F, Khan, A. and Zou, Z.**, 2023, Advances and prospects of biochar in improving soil fertility, biochemical quality, and environmental applications. Front. Environ. Sci. 11:1114752.
- Ngo P. T. , Rumpel C. , Dignac M. F. , Billou D. , Tran D. T. and Jouquet P. .**, 2011, Transformation of buffalo manure by composting or vermicomposting to rehabilitate degraded tropical soils, Ecol. Eng., 37, pp. 269-276

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Ngo P. T., Rumpel C., Ngo Q. A., Alexis M., Vargas G. V., Dang D. K. and Jouquet P.**, 2013, Biological and chemical reactivity and phosphorus forms of buffalo manure compost, vermicompost and their mixture with biyokömür. *Bioresour. Technol.*, 148, pp. 401-407
- Novotny, V. and Brown, P. R.**, 2007, *Cities of the Future: Towards Integrated Sustainable Water and Landscape Management*, IWA Publishing.
- Oliveira, F. R., Patel, A. K., Jaisi, D. P., Adhikari, S., Lu, H. and Khanal, S. K.**, 2017, Environmental application of biochar: Current status and perspectives. *Bioresour. Technol.* 246, 110–122.
- Önal, H. S., and Saral, A.**, 2020, "Biochar application for soil health improvement in Mediterranean climates", *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 11(3), 45-55
- Oni, B. A., Oziegbe, O. and Olawole, O. O.**, 2019, Significance of biochar application to the environment and economy. *Ann. Agric. Sci.* 64, 222–236.
- Özsoy, G., Aksoy, E., Dirim, S., Tumsavas, Z.**, 2012, Determination of soil erosion risk in the mustafakemalpasa river basin, Turkey, using the revised universal soil loss equation, geographic information system, and remote sensing. *Environ. Manag.* 50, 679–694.
- Özyuvacı, N.**, 1978, Kocaeli Yarımadası Topraklarında Erozyon Eğiliminin Hidrolojik Toprak Özelliklerine Bağlı Olarak Değişimi, İstanbul Üniversitesi, Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul, No: 2328.
- Palansooriya, K. N., Sang, M. K., Igalavithana, A. D., Zhang, M., Hou, D. and Oleszczuk, P.**, 2022, Biochar alters chemical and microbial properties of microplastic-contaminated soil. *Environ. Res.* 209, 112807.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Peng Peng, Yin-Hai Lang and Xiao-Mei Wang**, 2016, Adsorption behavior and mechanism of pentachlorophenol on reed biochars: pH effect, pyrolysis temperature, hydrochloric acid treatment and isotherms, *Ecological Engineering*, Volume 90, Pages 225-233.
- Persyn, R.A., Glanville, T.D., Richard, T.L., Laflen, J.M. and Dixon, P.M.**, 2004, Environmental effects of applying composted organics to new highway embankments: Part 1. Interrill runoff and erosion, *Trans. Am Soc. Agric. Eng.*, 147, 463–469.
- Pimentel, D., Harvey, C., Resosudarmo, P., Sinclair, K., Kurz, D., McNair, M., Crist, S., Shpritz, L., Fitton, L., Saffouri, R., and Blair, R.**, 1995, Environmental and economic costs of soil erosion and conservation benefits. *Science*, 267, 1117-1123.
- Poesen, J. W. and Lavee, H.**, 1991, Effects of size and incorporation of synthetic mulch on runoff and sediment yield from interrills in a laboratory study with simulated rainfall, *Soil Till. Res.*, 21, 209–223.
- Poesen, J.W., Torri, D., and Bunte, K.**, 1994, Effects of rock fragments on soil erosion by water at different spatial scales: a review, *Catena*, 23, 141–166.
- Prats, S.A., Abrantes, J.R.C.B., Crema, I.P., Keizer, J.J. and de Lima, J.L.M.P.**, 2017, Runoff and soil erosion mitigation with sieved forest residue mulch strips under controlled laboratory conditions, *For. Ecol. Manag.* 396, 102–112.
- Prosdocimi, M., Jordán, A., Tarolli, P., Keesstra, S., Novara, A., and Cerdà, A.**, 2016, The immediate effectiveness of barley straw mulch in reducing soil erodibility and surface runoff generation in Mediterranean vineyards, *Sci. Total Env.*, 547, 323–330.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

R version 4.2.2, 2022, The R Foundation for Statistical Computing Platform:

x86_64-w64-mingw32/x64 (64-bit)

Rahma, A. E., Wang, W., Tang, Z., Lei, T., Warrington, D. N., and Zhao, J., 2017, Straw mulch can induce greater soil losses from loess slopes than no mulch under extreme rainfall conditions, *Agricultural and Forest Meteorology*, 232, 141e151.

Rasa, K., Heikkinen, J., Hannula, M., Arstila, K., Kulju, S. and Hyväluoma, J., 2018, How and why does willow biochar increase a clay soil water retention capacity? *Biomass Bioenergy* 119, 346–353.

Razali, Nornadiah Mohd. and Wah, Yap Bee, 2011, “Power comparisons of Shapiro-Wilk, Kolmogorov-Smirnov, Lilliefors and Anderson-Darling tests”, *Journal of Statistical Modeling and Analytics*, 2011, Vol.2 No.1, pages: 21-33.

Razzaghi, F., Obour, P. B. and Arthur, E., 2020, Does biyokömür improve soil water retention? A systematic review and meta analysis. *Geoderma* 361, 114055.

Rees, H.W., Chow, T.L., Loro, P.J., Lavoie, J., Monteith, J.O. and Blaauw, A., 2002, Hay mulching to reduce runoff and soil loss under intensive potato production in northwestern New Brunswick, Canada. *Can. J. Soil Sci.* 82, 249–258.

Rehman, Su, De Castro, F., Avril, A., Benedetti, M. and Fanizzi, FP, 2023 Vermicompost : Amélioration de la croissance des plantes et lutte contre le stress abiotique et biotique. *Agronomie*, 13, 1134.

Rhoades, C.C., Minatre, K.L., Pierson, D.N., Fegél, T.S., Cotrufo, M.F. and Kelly, E.F., 2017, Examining the potential of forest residue-based amendments for post-wildfire rehabilitation in Colorado, USA, *Scientifica*.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Richard, L.A., 1954**, Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Government Print. Office, Washington.
- Risse, L.M., Faucette, L.B., Nearing, M.A., Gaskin, J.W. and West, L.T., 2002**, Runoff, erosion, and nutrient losses from compost and mulch blankets under simulated rainfall, In: Michel, F.C., Rynk, R., Hoitink, H.A.J. (Eds.), International Symposium on Composting and Compost Utilization. J. G. Press Inc, Emmaus, Pennsylvania, pp. 1045–1060.
- Rivier, P., Jamniczky, D., Némès, A., Makó, A., Barna, G., Uzinger, N., Rékasi, M. and Farkas, C., 2022**, Effets à court terme des amendements du compost au sol sur la structure du sol, les propriétés hydrauliques et le régime hydrique. J. Hydrol. Hydromécanique, 70, 74-88.
- Rumpel, C., Leifeld, J., Santin, C. and Doerr, S., 2015**, In: Lehmann, J., Joseph, S. (Eds.), InMovement of Biyokömür in the Environment, Biyokömür for Environmental Management: Science, Technology and Implementation, Routledge, Taylor and Francis Group, Routledge, New York, pp. 283–299.
- Ruy, S., Findeling, A., and Chadoeuf, J., 2006**, Effect of mulching techniques on plot scale runoff, FDTF modeling and sensitivity analysis, J. Hydrol., 326, 277–294.
- Sadeghi, S.H.R., Hazbavi, Z. and Kiani Harchegani, M., 2016**, Controllability of runoff and soil loss from small plots treated by vinasse-produced biyokömür, Sci. Total Environ., 541, 483–490.
- Saffari, N., Hajabbasi, M. A., Shirani, H., Mosaddeghi, M. R. and Owens, G., 2021**, Influence of corn residue biochar on water retention and penetration resistance in a calcareous sandy loam soil, Geoderma 383, 114734. doi: 10.1016/j.geoderma.2020.114734

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Schmidt, H. P. and Shackley, S.,** 2016, Biochar in European Soils and Agriculture: Science and Practice. In B. Glaser and J. Lehmann (Eds.), Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation, pp. 233-262, Routledge.
- Schwab, G.O., Frever, R.K., Edminster, T.W. and Barnes, K.K.,** 1993, Soils and Water Conservation Engineering. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Selma Y. K. and Halil Ş.,** 2021, The effects of mulching with organic materials on the soil nutrient and carbon transport by runoff under simulated rainfall conditions, Journal of African Earth Sciences, Volume 176, 104152, ISSN 1464-343X.
- Shabanpour, M., Daneshyar, M., Parhizkar, M., Lucas-Borja, M. E., and Zema, D. A.,** 2020, Influence of crops on soil properties in agricultural lands of northern Iran. The Science of the Total Environment, 711, 134694.
- Singh, B. P., Hatton, B. J., Singh, B., Cowie, A. L. and Kathuria, A.,** 2010, Influence of biochars on nitrous oxide emission and nitrogen leaching from two contrasting soils. Journal of Environmental Quality, 39(4), 1224-1235.
- Smets, T., Poesen, J., Bochet, E.,** 2008, Impact of plot length on the effectiveness of different soil-surface covers in reducing runoff and soil loss by water. Prog. Phys. Geogr. 32, 654–677.
- Smith, P.,** 2016, Soil carbon sequestration and biyokömür as negative emission technologies, Glob. Chang. Biol., 22 (3), 1315–1324.
- Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E. and Bol, R.,** 2010, A review of biochar and its use and function in soil, Advances in Agronomy, 105, 47-82.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Sohi, S., Lopez-Capel, E., Krull, E. and Bol, R.,** 2009, Biochar's roles in soil and climate change: A review of research needs, CSIRO Land and Water Science Report.
- Soil Association,** 2016, Saving Our Soils Report.
- Solucan gübresi kooperatifi,** 2020, Tanitim dosyasi, “https://www.solucangubresikooperatifi.com.tr/dosya/tanitim_dosyasi_2020.pdf” (Erişim Tarihi: 22/05/2024)
- Sümer, S. K., Kavdır, Y. ve Çiçek, G.,** 2016, Türkiye’de Tarımsal ve Hayvansal Atıklardan Biyokömür Üretim Potansiyelinin Belirlenmesi. KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi, 19(4), 379-387.
- Tan, S., Narayanan, M., Thu Huong, D. T., Ito, N., Unpaprom, Y. and Pugazhendhi, A.,** 2022, A perspective on the interaction between biochar and soil microbes: A way to regain soil eminence. Environ. Res. 214, 113832.
- Tarolli, P., Sofia, G., Calligaro, S., Prosdocimi, M., Preti, F., and Dalla Fontana, G.,** 2015, Vineyards in terraced landscapes: new opportunities from lidar data, Land Degrad. Dev., 26, 92–102.
- Tavahı, İ. E., Uz, İ. ve Orman, Ş.,** 2014, Vermikompost ve tavuk gübresinin yazlık kabağın (Cucurbita pepo L. cv. Sakız) verim ve kalitesi ile toprağın bazı kimyasal özellikleri üzerine etkileri, Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture, 27(2), 119-124.
- Taysun, A.,** 1981, Gediz havzasının rendzina tarım topraklarında yapay yağmurlayıcı yardımıyla taşlar, bitki artıkları ve polyvinilalkolün (pva) toprak özellikleri ile birlikte erozyona etkileri üzerinde araştırmalar (Doçentlik Tezi). E.Ü. Ziraat Fak. Toprak bölümü, Bornova(Yayınlanmamış)

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Taysun, A., 1984**, Toprak ve su korunumu, Ege Üniv. Zir.Fak. Teksir No:92 – 1
- Taysun, A., 1990**, Toprak ve su korunumu, E. Ü. Ziraat Fak. Teksir No: 92-III,:62-63
- Tümsavaş, Z., Kara, A., 2011**, The effect of polyacrylamide (PAM) applications on infiltration, runoff and soil losses under simulated rainfall conditions. African Journal of Biotechnology, 10(15): 2894-2903.
- Verheijen, F. G. A., Zhuravel, A., Silva, F. C., Amaro, A., Ben-Hur, M. and Keizer, J. J., 2019**, The influence of biochar particle size and concentration on bulk density and maximum water holding capacity of sandy vs sandy loam soil in a column experiment. Geoderma 347, 194–202.
- Verheijen, F.G.A., Bastos, A.C., Schmidt, H.P., Brandão, M. and Jeffery, S., 2015**, Biyokömür sustainability and certification. Biyokömür for Environmental Management, Science, Technology and Implementation, 2nd edition Johannes Lehmann and Stephen Joseph, pp. 795–812.
- Wang, D., Li, C., Parikh, S. J. and Scow, K. M., 2019**, Impact of biochar on water retention of two agricultural soils a multi scale analysis, Geoderma 340, 185–191.
- Wang, S., Gao, B., Li, Y., Zimmerman, A. R. and Cao, X., 2016**, Sorption of arsenic onto Ni/Fe layered double hydroxide (LDH)-biochar composites. RSC Adv. 6, 17792–17799.
- Warnock, D. D., Lehmann, J., Kuyper, T. W. and Rillig, M. C., 2007**, Mycorrhizal responses to biochar in soil concepts and mechanisms, Plant Soil 300, 9–20.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Woolf, D., Amonette, J. E., Street-Perrott, F. A., Lehmann, J. and Joseph, S.,** 2010, Sustainable biochar to mitigate global climate change. Nat. Commun. 1, 56. doi:10.1038/ncomms1053
- Yonter, G. and Houndonougbo, H. M.,** 2020, Comparing of the Effects of Ligated Humic Substance (LHS), Polyacrylamide (PAM) and Polyvinylalcohol (PVA) on Runoff and Soil Losses. Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 57(3), 351-358.
- Yonter, G. and Houndonougbo, H. M.,** 2022, A study on the comparison of kinetic energies calculated with some formulas using Fulljet nozzle, Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 59(3), 397-408.
- Yonter, G. and Houndonougbo, H. M.,** 2022, Comparison of different fulljet nozzles used in laboratory type rain simulator in terms of some rainfall characteristics. Journal of Agriculture Faculty of Ege University, 59(1), 33-41.
- Yönter, G., Uysal, H.,** 2015, Zeytin atığının tınlı bünyeli bir toprakta yüzey akış, toprak kaybı, drenaj, pH ve EC üzerindeki etkileri, Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg. 52 (3), 243–248.
- Yuan, P., Wang, J., Pan, Y., Shen, B. and Wu, C.,** 2019, Review of biochar for the management of contaminated soil: Preparation, application and prospect. Sci. Total Environ. 659, 473–490.
- Zeeshan, M., Ahmad, W., Hussain, F., Ahamd, W., Numan, M. and Shah, M.,** 2020, Phytostabalization of the heavy metals in the soil with biochar applications, the impact on chlorophyll, carotene, soil fertility and tomato crop yield. J. Clean. Prod. 255, 120318.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

- Zhang, A., Li, X., Xing, J. and Xu, G., 2020a**, Adsorption of potentially toxic elements in water by modified biochar: A review. *J. Environ. Chem. Eng.* 8, 104196.
- Zhang, H., Voroney, R.P. Price, G.W., 2015b**, Effects of temperature and processing conditions on biochar chemical properties and their influence on soil C and N. *Soil Biology and Biochemistry*, 83, 19-28.
- Zhang, J., Liu, J., Liu, R., 2015a**, Effects of pyrolysis temperature and heating time on biochar obtained from the pyrolysis of straw and lignosulfonate. *Bioresource Technology*, 176, 288-291.
- Zhang, Q., Song, Y., Wu, Z., Yan, X., Gunina, A. and Kuzyakov, Y., 2020b**, Effects of six-year biochar amendment on soil aggregation, crop growth, and nitrogen and phosphorus use efficiencies in a rice-wheat rotation, *J. Clean. Prod.* 242, 118435.
- Zhang, X., et al., 2019**, "Impact of tillage methods on soil erosion using rainfall simulators." *Journal of Soil and Water Conservation*.
- Zhang, X., Wang, H., He, L. and Luo, Z., 2014**, Effects of different mulching materials on soil water content and corn yield. *Agricultural Water Management*, 136, 34-42.
- Zhang, Y., Wang, J. and Feng, Y., 2021**, The effects of biochar addition on soil physicochemical properties: A review. *CATENA* 202, 105284.
- Zhao, T., Yao, Y., Li, D., Wu, F., Zhang, C. and Gao, B., 2018**, Facile low-temperature one-step synthesis of pomelo peel biochar under air atmosphere and its adsorption behaviors for Ag(I) and Pb(II). *Sci. Total Environ.* 640, 73–79.

KAYNAKLAR DİZİNİ (devam)

Zhou, Y., Qin, S., Verma, S., Sar, T., Sarsaiya, S. and Ravindran, B., 2021,
Production and beneficial impact of biochar for environmental
application: A comprehensive review, Bioresour. Technol. 337,
125451. doi: 10.1016/j.biortech.2021.125451



TEŞEKKÜR

Doktora araştırmamın sürecinde bana destek olan birçok kişiye teşekkürlerimi sunmak isterim. Başta olmak üzere, tez danışmanım sayın Prof. Dr. Gökçen YÖNTER, Tez İzleme Komite üyelerim Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Başkanı Sayın Prof. Dr. Sezai DELİBACAK ve Prof. Dr. Halil Baki ÜNAL hocalarıma en içten teşekkürlerimi sunarım. Çalışmamın her aşamasında sağladıkları değerli rehberlik, bilgi birikimi ve sabrı için minnettarım. Ayrıca, biyokömür ve vermikompost malzemelerinden yararlanmamı sağlayan değerli Prof. Dr. Hüseyin Hüsnü KAYIKÇIOĞU hocama teşekkür ederim.

Diğer yandan, bu doktora süresinde bursiyer olarak görev aldığım TÜBİTAK projelerinin yöneticileri olan Prof. Dr. Nur OKUR ve Dr. Nurdan ZİNCİRCİOĞLU'a, sayısız destekleri için minnettarlığımı sunarım.

Doktora eğitimim boyunca bana her türlü destek olan değerli Prof. Dr. İhsan Bülent OKUR hocama, sevgili Tuğçe ERKOÇ ve Sultan GÜN kardeşlerime ve dört ayaklı dostum Ares'e teşekkür ederim.

Ayrıca araştırmama sağladıkları finansal destekler için Yurtdışı Türkler ve Akraba Topluluklar Başkanlığı ve Ege Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

Eğitimim süresince bana her türlü kolaylığı ve desteği sağlayan Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü hocalarıma ve yoldaşlarım Kpanté KOUTANDO ve Tognisse Herve SINKPEHOUN'a teşekkür ederim.

Son olarak, Türkiye'deki yaşamım boyunca manevi desteğini esirgemeyen sevgili Elisabeth DAVODOUN, Reine SESSOU, Yıldız HOUNDONOUGBO ve tüm aileme özel bir teşekkür borçluyum.

01/08/2024

Houndonougbo Marius HOUNDONOUGBO

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı: Houndonougbo Marius HOUNDONOUGBO

Uluslararası araştırmacı ID leri

1. Google ScholarID: rAAPhFUAAAAJ
2. ORCID: 0000-0003-3293-6885

Uzmanlık Alanları

1. Toprak ve su koruma
2. Toprak Erozyonu
3. Yağış Benzeticiler
4. Toprak bilimi
5. Sürdürülebilir tarım

Eğitim Bilgileri

1. **PhD**, 2019 - 2024, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Türkiye, Türkçe.
2. **MSc.**, 2017 - 2019, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Türkiye, Türkçe.
3. **Türkçe Öğrenimi**, 2016 – 2017, Ege Üniversitesi, Türk Dünyası Araştırmaları Enstitüsü, Türkçe Öğretim Merkezi, Türkiye.
4. **Lisans**, 2011-2015, Parakou Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kültür Teknik Bölümünde, Benin Cumhuriyeti, Fransızca.

Yabancı Dil Bilgiler

1. Fransızca (Resmi dil)
2. İngilizce (Akademik)

Yaptığı Tezler

1. **PhD**, Yağış Benzetici Koşullarında Farklı Malç Malzemelerinin Drenaj, Yüzey Akış ve Toprak Kaybı Üzerine Etkileri, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 2024.

2. **MSc.**, Farklı Basınçlarda Değişik Tip Püskürtücülerin Yağış Yoğunluğu, Christiansen Katsayısı, Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkisi, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, 2019.
3. **Lisans**, Etude Des Techniques de Production Maraichère Au Centre Songhaï De Porto-Novo et Micro-Projet d'Installation d'un Centre de Production Maraichère (Tomate et Oignon) dans la Ville de Savalou, Parakou Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Kültür Teknik Bölümünde, Benin Cumhuriyeti, 2015.

Görev Aldığı Araştırma Projeleri

1. Biyokömür İlaveli Ko-Kompost Bokashinin Zeytin Fidanı Yetiştiriciliğinde Kullanımı: Gelişim Parametreleri, Bitki Besleme ve Yetiştirme Ortamı Kalitesi Üzerine Etkileri, 2023-2025, TÜBİTAK Projesi, AR-GE Projesi, Devam Ediyor.
2. Gemlik Zeytin (*Olea europaea* L. Cv. Gemlik) Fidanlarının Kuraklık Stresini Azaltmalarında Arbusküler Mikoriza Uygulamalarının Etkisi, 2020-2022, TÜBİTAK Projesi, AR-GE Projesi, Tamamlandı.

Makaleler ve Bildiriler

1. **Yonter, G. and Houndonougbo, H. M.**, 2022, A study on the comparison of kinetic energies calculated with some formulas using Fulljet nozzle, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi , 59 (3) , 397-408. DOI : 10.20289/zfdergi.950402
2. **Yonter, G. and Houndonougbo, H. M.**, 2022, Comparison of different fulljet nozzles used in laboratory type rain simulator in terms of some rainfall characteristics, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 59 (1), 33-41. DOI : 10.20289/zfdergi.865324
3. **Özden, S., Okur, N., Ortaş, İ., Turan, H.S. ve Houndonougbo, H.M.**, 2022, İzmir ili Ayvalık zeytin (*Olea europaea* L. cv. Ayvalık) plantasyonlarından izole edilen arbusküler mikoriza sporlarının dağılımı ve bazı toprak özellikleri ile ilişkileri. 5th International Eurasian Conference on

Biological and Chemical Sciences Proceeding Book, 1310-1315. 23-25 November 2022, Ankara, Turkey, www.eurasianbiochem.org

4. **Yönter, G. and Houndonougbo, M. H.**, 2020, Comparing of the Effects of Liquated Humic Substance (LHS), Polyacrylamide (PAM) and Polyvinylalcohol (PVA) on Runoff and Soil Losses, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (3), 351-358. DOI : 10.20289/zfdergi.580533
5. **Houndonougbo, M. H. and Yönter, G.**, 2020, Farklı Basınçlarda Veejet ve Fulljet Tipi Başlıkların Yağış Şiddeti, Christiansen Katsayısı, Yüzey Akış ve Toprak Kayıpları Üzerine Etkilerinin Kıyaslanması Üzerine Bir Ön Çalışma, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57 (2), 209-218. DOI : 10.20289/zfdergi.553142