

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANA BİLİM DALI**



**YENİ NESİL BİYOBÖZÜNÜR MALÇ MATERYALLERİNİN
TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Yüksek Lisans Tezi

Edip Erhan KÜÇÜK

Danışman

Doç Dr. Mustafa SAĞLAM

Bu çalışma Türkiye Bilimsel Araştırma ve Teknoloji Kurumu (TÜBİTAK) tarafından 218O069 proje numarası ile desteklenmiştir.

SAMSUN
2024

TEZ KABUL VE ONAYI

Edip Erhan KÜÇÜK tarafından, **Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM** danışmanlığında hazırlanan “**YENİ NESİL BİYOBOZUNUR MALÇ MATERYALLERİNİN TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 15.2.2024 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Nutullah ÖZDEMİR Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM Ondokuz Mayıs Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Dr. Öğr. Üyesi Ferhat TÜRKMEN Ordu Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

Bu tez, Enstitü Yönetim Kurulunca belirlenen ve yukarıda adları yazılı jüri üyeleri tarafından uygun görülmüştür.

Prof. Dr. Ahmet TABAK
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

Hazırladığım Yüksek Lisans tezinin bütün aşamalarında bilimsel etiğe ve akademik kurallara riayet ettiğimi, çalışmada doğrudan veya dolaylı olarak kullandığım her alıntıya kaynak gösterdiğimi ve yararlandığım eserlerin Kaynaklar'da gösterilenlerden oluştuğunu, her unsurun enstitü yazım kılavuzuna uygun yazıldığını ve TÜBİTAK Araştırma ve Yayın Etiği Kurulu Yönetmeliği'nin 3. bölüm 9. maddesinde belirtilen durumlara aykırı davranılmadığını taahhüt ve beyan ederim.

Etik Kurul Gerekli mi ?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

02 /01 / 2024
Edip Erhan KÜÇÜK

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı : YENİ NESİL BİYOBOZUNUR MALÇ MATERYALLERİNİN
TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 02.01.2024 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 16

Tek kaynak oranı : % 1 çıkmıştır.

02 /01 / 2024
Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM

ÖZET

YENİ NESİL BİYOBOZUNUR MALÇ MATERYALLERİNİN TOPRAK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Edip Erhan KÜÇÜK
Ondokuz Mayıs Üniversitesi
Lisansüstü Eğitim Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı
Yüksek Lisans, Şubat/2024
Danışman: Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM

Geleneksel polietilen plastik malç (GPM) film, dünya genelinde tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan bir malç materyalidir. Son yıllarda, çevresel ve ekolojik risklerin artmasıyla birlikte, GPM filmlerin kullanımının azaltılmasına yönelik artan bir talep gözlemlenmektedir. Tarımsal üretimde biyobozunur plastik malç (BPM) filmlerin kullanılmasına olan ilgi, GPM filmlerin sınırlı atık yönetim (depolama, imha etme ve geri dönüşüm) olanakları nedeniyle giderek artmaktadır. Çakılı arazi denemesi, Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün Ambarköprü Araştırma ve Deneme İstasyonu arazisinde Tesadüf Blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak iki ardışık üretim sezonunda yürütülmüştür. Bu çalışmada, GPM, farklı formülasyonlara sahip iki farklı biyobozunur plastik malç (BPM-1 ve BPM-2), biyobozunur kağıt malç (BKM) ve Kontrol (Malçsız) uygulamalarının temel toprak özellikleri üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Farklı malç uygulamalarının pH ve hacimsel toprak nem içeriği (0.1 atm) üzerine $p<0.01$ düzeyinde ve doymuş hidrolik iletkenlik (K_s), tarla kapasitesi (TK), yarayışlı su içeriği (YSİ) ve hacimsel toprak nem içeriği (0.06 atm) üzerine de $p<0.05$ düzeyinde önemli istatistiksel etkilerinin olduğu tespit edilmiştir. Biyobozunur malç uygulamaları karşılaştırıldığında GPM film uygulaması K_s 'yi artırmıştır. Biyobozunur plastik malç (BPM) film uygulamaları ile karşılaştırıldığında, tarla kapasitesinde (0.33 atm) en yüksek nem içeriğine sahip malç uygulamalarının BKM ve GPM uygulamaları olduğu belirlenmiştir. Ayrıca GPM film uygulamasının en yüksek YSİ sahip malç uygulaması olduğu da bulunmuştur. Çalışmada elde edilen sonuçlar ülkemizde BPM materyallerinin GPM filmlere sürdürülebilir alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ancak BPM kullanımının çevresel davranışlarını, toprak ekosistemindeki etkilerini ve oluşturacağı kirlilik riski boyutlarını daha iyi anlamak için ülkemizde daha uzun süreli çalışmaların yürütülmesine de ihtiyaç bulunmaktadır.

Anahtar Sözcükler: Malçlama, Biyobozunur plastik malç, Polietilen plastik malç, Toprak fizikokimyasal özellikleri, Toprak suyu

ABSTRACT

EFFECTS OF NEW GENERATION BIODEGRADABLE MULCH MATERIALS ON SOIL PROPERTIES

Edip Erhan KÜÇÜK

Ondokuz Mayıs University

Institute of Graduate Studies

Department of Soil Science and Plant Nutrition Programme

Master, February/2024

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Mustafa SAĞLAM

Conventional polyethylene plastic mulch (GPM) film is a widely used mulch material in agricultural production worldwide. In recent years, with the increase in environmental and ecological risks, an increasing demand has been observed to reduce the use of GPM films. Interest in using biodegradable plastic mulch (BPM) films in agricultural production is gradually increasing due to the limited waste management (storage, disposal, and recycling) possibilities of GPM films. According to the Randomized Blocks experiment design in the field of Ambarköprü Research and Experiment Station of Samsun Black Sea Agricultural Research Institute, the field experiment was carried out in two consecutive production seasons with three replications. In this study, the effects of GPM, two different biodegradable plastic mulches with different formulations (BPM-1 and BPM-2), biodegradable paper mulch (BKM), and control (without mulch) treatments on basic soil properties were investigated. Different mulch treatments had significant statistical effects at the $p < 0.01$ level on pH, and volumetric soil moisture content (0.1 atm), and at the $p < 0.05$ level on saturated hydraulic conductivity (Ks), field capacity (FC), available water content (PAWC), and volumetric soil moisture content (0.06 atm). Compared to biodegradable mulch treatments, the GPM film treatment increased Ks. Compared to biodegradable plastic mulch (BPM) film treatments, it was determined that the BKM and GPM treatments were the mulch applications with the highest soil moisture content at the field capacity (0.33 atm). It was also found that the GPM film treatment was the mulch treatment with the highest PAWC. The results obtained in the study revealed that BPM materials can be used as a sustainable alternative to GPM films in our country. However, there is a need to conduct longer-term studies in our country to understand better the environmental behavior of BPM use, its effects on the soil ecosystem, and the pollution risk it will create.

Keywords: Mulching, Biodegradable plastic mulch, Polyethylene plastic mulch, Soil physicochemical properties, Soil water

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Her geçen gün daha fazla önem kazanan biyobozunur plastik malçlamanın toprak üzerindeki etkilerini araştırmak, mevcut çalışmalara özgün bir bakış açısı kazandırarak katkıda bulunmak amacıyla gerçekleştirdiğim lisansüstü tez çalışmam.

Yüksek lisans tezim sürecinde gösterdiği özverili ve sabırlı tutumlarıyla tez konusunu belirlemem ve konu bütünlüğünü sağlamamdan, tezin hazırlık aşamalarından geçişime kadar sunduğu öneri ve destekleriyle, lisans eğitimimden bu yana sadece bilimsel çalışmalarda değil, aynı zamanda sosyal ilişkilerde de gösterdiği yol gösterici yaklaşımla her daim yanımda olan, öğrencisi olmaktan gurur duyduğum değerli danışmanım Doç. Dr. Mustafa SAĞLAM'a

Yüksek Lisans eğitimim süresince bilgilerini ve deneyimlerini paylaşarak mesleğe hazırlayan değerli Bölüm Başkanımız ve Bölüm Öğretim Üyelerimize

Bilgisi, rehberliği ve değerli önerileri ile tez sürecimde desteğini ve yardımını esirgemeyen, kendisinin özverili çalışmaları ve ilgisi, bu akademik yolculuğumda benim için büyük bir ilham kaynağı olan Dr. Serkan İÇ'e

Çalışmam boyunca her zaman desteklerini gördüğüm Araş. Gör. Dr. Güney AKINOĞLU, Araş. Gör. Abdurrahman AY ve Araş. Gör. Salih DEMİRKAYA'ya

Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde tanıştığım yardımlarını ve desteklerini esirgemeyen değerli arkadaşlarım Yük. Zir. Müh. Burak TÜZEN ve Yük. Zir. Müh. Salim TAŞDELEN'e

Lisansüstü eğitimim boyunca bana her türlü desteği sağlayan, iyi günümde kötü günümde yanımda olan kıymetli arkadaşlarım Yük. Zir. Müh. Sena PACCİ, Yük. Zir. Müh. Züleyha ZORLU, Yük. Zir. Müh. Belkıs KARAPIÇAK, Yük. Zir. Müh. M. Emin SAFLI, Zir. Müh. Sahbatullah HAİDARİ, Zir. Müh. A. Asel FİDAN, Zir. Müh. Ediphan EREN ve Betül Selin PACCİ'ye

Maddi ve manevi destekleri ve bu günlere gelmemde her zaman destekçilerim olan babam Cemal KÜÇÜK, annem Hamide KÜÇÜK ve abilerime teşekkür ederim.

Edip Erhan KÜÇÜK

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
2.1. Malç Materyallerinin Kullanımı ve Gelişimi	6
2.2. Tarımda Malç Materyallerinin Kullanımının Faydaları	11
2.3. Malçlamanın Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri	16
3. MATERYAL VE YÖNTEM	23
3.1. Materyal	23
3.1.1. Deneme Alanının Tanımı	23
3.1.2. Çakılı Deneme Alanının Temel Toprak ve İklim Özellikleri	24
3.1.3. Denemede Kullanılan Malç Materyallerinin Özellikleri	27
3.1.4. Çakılı Arazi Denemesinde Yetiştiriciliği Yapılan Test Bitkisinin Özellikleri	28
3.2. Yöntem	28
3.2.1. Yeşil Gübre Bitkisinin Yetiştirilmesi Sırasında Gerçekleştirilen Arazi Çalışmaları	30
3.2.2. Kappa Biber Yetiştiricilik Sezonuna Hazırlık için Yürütülen Arazi Çalışmaları	32
3.2.3. Kappa Biber Yetiştiricilik Sezonu İçerisinde Yürütülen Arazi Çalışmaları	34
3.2.4. Çakılı Deneme Alanında Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizlerin Yapılması	35
3.2.5. Arazi Denemesinde Elde Edilen Sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi	37
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	38
4.1. Toprakların Tekstür Bileşenleri (Kil, Silt ve Kum İçerikleri), Hacim Ağırlığı ve Doymuş Hidrolik İletkenlik Özellikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri	38
4.2. Toprakların pH, Elektriksel İletkenlik, Organik Madde ve Toplam Azot Özellikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri	52
4.3. Toprakların Tarla Kapasitesi, Daimi Solma Noktası ve Yarayışlı Su İçeriği Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri	64
4.4. Toprakların Farklı Tansiyonlardaki (0.0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.1 atm) Hacimsel Nem İçerikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri	72
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	89
KAYNAKLAR	92
ÖZ GEÇMİŞ	100

SİMGELER VE KISALTMALAR

BKM	:Biyobozunur kağıt malç
BPM	:Biyobozunur plastik malç
DHİ	:Doymuş hidrolik iletkenlik
DSN	:Daimi solma noktası
EC	:Elektriksel iletkenlik
EÖ	:Ekim öncesi
GPM	:Geleneksel polietilen plastik malç
HA	:Hacim ağırlığı
HS	:Hasat sonrası
K _s	:Doymuş hidrolik iletkenlik
MU	:Malç uygulaması
OM	:Organik madde
ÖD	:Örnekleme dönemi
TD	:Toprak derinliği
TK	:Tarla kapasitesi
TN	:Toplam azot
YSİ	:Yarayışlı su içeriği

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çakılı arazi denemesinin genel görünümü.....	23
Şekil 3.2. Birinci bitki yetiştiricilik sezonuna (2021 yılı) ait ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarları.....	26
Şekil 3.3. İkinci bitki yetiştiricilik sezonuna (2022 yılı) ait ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarları.....	27
Şekil 3.4. Test bitkisi olarak yetiştiriciliği yapılan kapyra biber bitkisinin yetiştiricilik sezonu içerisindeki farklı bitki gelişim dönemleri.....	28
Şekil 3.5. Çakılı arazi denemesinin planı ve parsellerdeki masura ebatları.....	29
Şekil 3.6. Yeşil gübre bitkisinin tohum ekimi, yetiştirme sezonu içerisindeki gelişimi ve toprak içerisine işlenmesi	31
Şekil 3.7. Deneme arazisinde masuraların oluşturulması ve parsel boyutlarının belirlenmesi	33
Şekil 3.8. Çakılı deneme alanında damla sulama sisteminin kurulumu ve masura yüzeylerine malç materyallerinin serilmesi	33
Şekil 3.9. Deneme alanında malç uygulama parsellerindeki masura yüzeylerinde açılan dikim deliklerine fide dikimi	34

TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Çakılı deneme arazisinin bazı temel toprak özellikleri.....	25
Tablo 3.2. Çakılı arazi deneme çalışması ile etkileri araştırılan malç materyallerinin bazı temel özellikleri	27
Tablo 4.1. Deneme alanı topraklarının kil içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	38
Tablo 4.2. Deneme alanı topraklarının kil içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	40
Tablo 4.3. Deneme alanı topraklarının silt içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	41
Tablo 4.4. Deneme alanı topraklarının silt içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	42
Tablo 4.5. Deneme alanı topraklarının kum içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	43
Tablo 4.6. Deneme alanı topraklarının kum içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	44
Tablo 4.7. Deneme alanı topraklarının hacim ağırlığı içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler	44
Tablo 4.8. Deneme alanı topraklarının hacim ağırlığı içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	46
Tablo 4.9. Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	47
Tablo 4.10. Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	48
Tablo 4.11. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının kil, silt, kum, hacim ağırlığı ve doymuş hidrolik iletkenlik üzerine etkileri.....	50
Tablo 4.12. Deneme alanı topraklarının pH içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	53
Tablo 4.13. Deneme alanı topraklarının pH içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	54
Tablo 4.14. Deneme alanı topraklarının elektriksel iletkenlik içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	55
Tablo 4.15. Deneme alanı topraklarının elektriksel iletkenlik içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları	56
Tablo 4.16. Deneme alanı topraklarının organik madde içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler	57
Tablo 4.17. Deneme alanı topraklarının organik madde içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	58

Tablo 4.18. Deneme alanı topraklarının toplam azot içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler	59
Tablo 4.19. Deneme alanı topraklarının toplam azot içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	60
Tablo 4.20. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının pH, elektriksel iletkenlik, organik madde ve toplam azot üzerine etkileri	61
Tablo 4.21. Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler	64
Tablo 4.22. Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	66
Tablo 4.23. Deneme alanı topraklarının daimi solma noktası içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	66
Tablo 4.24. Deneme alanı topraklarının daimi solma noktası içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	68
Tablo 4.25. Deneme alanı topraklarının yarayışlı su içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler	68
Tablo 4.26. Deneme alanı topraklarının yarayışlı su içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları	70
Tablo 4.27. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve yarayışlı su içeriği üzerine etkileri	71
Tablo 4.28. Deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	73
Tablo 4.29. Deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	74
Tablo 4.30. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	75
Tablo 4.31. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	77
Tablo 4.32. Deneme alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	78
Tablo 4.33. Deneme alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	79
Tablo 4.34. Deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	80
Tablo 4.35. Deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	81
Tablo 4.36. Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	82

Tablo 4.37. Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	83
Tablo 4.38. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler.....	84
Tablo 4.39. Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları	85
Tablo 4.40. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının değişen tansiyonlarda toprakların hacimsel nem içerikleri üzerine etkileri	86



1. GİRİŞ

Tarım, insanoğlunun yaşamsal ihtiyaçlarından biri olan gıda üretiminin temelini oluşturmaktadır. Artan dünya nüfusunun gıdaya erişim konusunda yaratmış olduğu baskılar karşısında toprak, su ve hava gibi tarımsal üretim ile doğrudan ilişkili doğal kaynakların korunduğu üretim yöntemleri ile gıda üretiminin gerçekleştirilmesi günümüz koşullarında daha da önem kazanmıştır. İnsan topluluklarının tarımı öğrenerek yerleşik düzene geçmeye başlamasıyla birlikte eski çağlardan günümüze kadar olan süreçte çok ilkel yöntem ve tekniklerle yapılmaya başlanılan tarımsal üretim, insanların zaman içerisinde öğrenmiş oldukları yeni yönetimler ve teknikler ile modernize edilerek yenilenmiş ve gelişmiştir.

Bu anlamda malç kullanım veya malçlama, insanların tarımı öğrenmelerinden sonra bitkisel üretim süreçlerini geliştirmek amacıyla kullanmaya başladıkları bilindik çok eski bir yönetim biçimidir. Malçlama yönetimi, ilk uygulanmaya başlandığı MÖ 500 yılından (Mansoor et al., 2022) günümüze olan süreçte yenilikçi malç materyallerinin ortaya çıkmasıyla birlikte zaman içerisinde giderek daha da gelişmiş ve çeşitlenmiştir. Tarımsal üretimin ilk çağlarında insanlar malçlama yönetimine, bitki köklerini korumak amacıyla bitkilerin etrafını saman ve ot gibi doğal bitkisel atıklarla örtmüş oldukları organik malç uygulamalarıyla başlamışlardır. Kullanılan malzemeler MS 1600'lü yıllarda yavaş yavaş taş, çakıl ve volkanik kül gibi inorganik kökenli materyallere dönüşmüş ve bu materyaller kullanılarak malçlamanın yapıldığı yerler de çoğunlukla kurak bölgeler olmuştur. 1800'lü yıllarda ise Fransa'da Parisli bahçıvanlar, çilek üretiminde saman kullanılarak yapılan malçlamanın faydalı olduğunu keşfetmişlerdir. Böylece yüzlerce yıllık zaman diliminde, dünyanın pek çok farklı coğrafyasında değişen iklim koşullarına bağlı, doğal olarak bulunan çok çeşitli malzemeler malçlama yönetimi sırasında denenmiş veya kullanılmıştır (Ray, 2016).

Yirminci yüzyılda bilimin ilerlemesiyle birlikte malçlama yönetimi de devrim yaratmış ve 1920'li yıllarda kağıt tabakalar ilk kez malç film olarak kullanılmıştır. Bu süreci 1950'li yılların sonunda üniversite araştırmaları ile sanayi ürünü olarak üretilen geleneksel polietilen plastik malç (GPM) filmlerinin bitkisel üretimde malç olarak kullanılması fikri takip etmiştir. 1960'lı yıllarda plastiğin ticarileşmesiyle birlikte de bitkisel üretimde ticari GPM filmlerin kullanımları yaygınlaşmaya başlamıştır (Hussain and Hamid, 2003; Lamont, 2004a,b). Bitkisel üretimde GPM

filmlerin kullanımının sağlamış olduğu faydalar zamanla çok daha belirgin hale gelirken bu durum plastik malçlamanın popülerliğinin de artmasına yol açmıştır.

Ancak sonraki 30 yıl içerisinde tarımsal üretimde plastik malç kullanımının yaratmış olduğu olumsuz etkiler kanıtlanmaya başlanmış ve 1980’li yılların başında GPM filmlere alternatif olarak ışık etkisinde (foto-bozunabilir) ve oksidasyon sürecinin etkisinde (okso-bozunabilir) parçalanabilen plastikler piyasaya sürülmüştür. Kısa süre içerisinde bu polimerlerinde gerçek atmosferik koşullar altında sahada bütünüyle bozunmadığı ve bitkisel üretim sırasında kullanımları sonrasında tarım topraklarında mikropplastik üretimine ve kirliliğine yol açtığı anlaşılmıştır (Steinmetz et al., 2016). Bununla birlikte yıllar içerisinde plastik malç kullanımının yaratmış olduğu çevresel sorunlara çözüm bulmayı amaçlayan araştırmalar da hızlanmış ve 2006 yılında ilk biyobozunur plastik malç (BPM) film, ticari olarak piyasaya sunulmuştur. Sonrasında bunu dünya çapında başkaca biyolojik olarak parçalanabilen çok çeşitli plastik malç film üretimleri takip etmiştir.

Bütün bu tarihsel gelişim süreçlerinin sonunda küresel ölçekte plastik üretimi 2021 yılında 391 milyon tona (Mt) ulaşmıştır (Janssens, 2022). PlasticsEurope, 2021 yılında tarımsal üretim sektörünün (tarla ve bahçe bitkileri yetiştiriciliğinin dahil olduğu) dünya plastik pazarındaki payının yaklaşık olarak %4 olduğunu bildirmiştir. Ayrıca bitkisel üretim süreçlerinde plastik malç filmlerin kullanıldığı tarım arazileri alanının dünya çapında yaklaşık 6500 km²’ye ulaştığını rapor etmişlerdir (Campanale et al., 2024). Bütün bu gelişmelerle birlikte küresel plastik malç film pazarının dünya çapında son on yılda önemli ölçüde genişlemesine karşın gıda talebindeki artışa bağlı olarak önümüzdeki yıllarda daha da büyümeye devam edeceği tahmin edilmektedir. Nitekim Le Moine and Ferry (2019), tarımsal plastik kullanımının tahminen yıllık 6.6 Mt olduğunu ancak nüfus artışına bağlı olarak ortaya çıkan gıda ihtiyacının karşılanabilmesi için 2030 yılına kadar yaklaşık %64 oranında artmasının beklendiğini bildirmektedir. Tarımsal üretimde plastik kullanımının bu yüksek miktarlarının aynı zamanda sucul (denizel veya tatlı su) ve karasal ekosistemlerde plastik kirliliğinin de dikkat çeken bir boyuta ulaşmasına yol açtığı ifade edilmektedir (Galafassi et al., 2021; Campanale et al., 2022). Birleşmiş Milletler Örgütü (BM)’nün bir parçası olan Gıda ve Tarım Örgütü (FAO), 2021 yılında tarımsal üretim süreçlerindeki plastik kullanımının yaratmış olduğu çevre kirliliğinin sürdürülebilir çözüm yollarından biri olarak malçlama yönetimi sırasında geleneksel

ve biyolojik olarak parçalanamayan polimerlerden üretilen materyallerin kullanımının, biyo bazlı ve biyolojik olarak parçalanabilen polimerlerden üretilmiş materyallerle yer değiştirmesi tavsiyesinde bulunmuştur (Moshood et al., 2022).

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde tarımsal ürünlerin yetiştirilmesine yönelik çözümler bulmayı amaçlayan plastik malç kullanımının; toprak suyunun ve bitki besin elementlerinin verimliliğinin artırılması (Hann et al., 2021), toprak sıcaklığının uygun hale getirilmesi (Kader et al., 2017), toprak erozyonunun azaltılması (Zhang et al., 2013), yabancı ot gelişiminin kontrol edilmesi (Martin-Closas et al., 2017), toprak kaynaklı hastalıkların yayılımının engellenmesi (Nunez-Zofio et al., 2011), gübre ve zirai kimyasalların sürdürülebilir kullanımının sağlanması (Lamont, 2005) ve erken hasat (Pereira et al., 2021) gibi çoklu faydaları bulunmaktadır.

Bununla birlikte, tarımsal üretim süreçlerinde GPM filmlerin biyolojik olarak parçalanabilirliğinin düşük olması, tarımsal alanlardan GPM filmlerin hasattan sonra pahalı ve zahmetli bir geri dönüşüm ve depolama gerektiren şekilde çıkarılmasını ve imha edilmesini gerektirmektedir.

Aslında geri dönüştürülmesi en zor atıkları temsil eden artık GPM filmler, toprakta onlarca yıl ayrışmadan kalabileceği ve dolayısıyla da çevredeki farklı tarımsal ekosistemlere ve havzalara kolayca dağılabileceği ifade edilmektedir (Feuilloley et al., 2005; Kyrikou and Briassolis, 2007; Briassoulis et al., 2015; Ramos et al., 2015). Liu et al (2014) Çin'de GPM filmlerin uzun süreli kullanımının üst toprakta 5-26 kg da⁻¹ artık plastik birikimine yol açabildiğini rapor etmektedir. Geleneksel polietilen plastik malç (GPM) filmler kimyasal olarak hareketsiz (inert) olduğu düşünülse de tarımsal üretim alanlarında biriken GPM film parçaları toprağı fiziksel olarak etkileyebilmekte ve bitkiler tarafından topraktan alınmaları sonrasında ise besin zincirine dahil olabilmektedirler (Barnes et al., 2009; Teuten et al., 2009; Sivan, 2011; Rillig, 2012; Duis and Coors, 2016; Huerta Lwanga et al., 2016). Ayrıca plastiklerin üretim süreçlerinde plastikleştirici maddeler gibi toprağı kirletebilecek çeşitli katkı maddelerinin kullanılması nedeniyle tarım topraklarının bu kirleticilerle kirletilmesine de yol açmaktadır (Van Wezel et al., 2000; Fu and Du, 2011; Kong et al., 2012; Magdouli et al., 2013; Wang et al., 2013, 2015).

Son zamanlarda GPM filmlerin kullanımından kaynaklanan artık plastik sorunlarının bertaraf edilmesine umut verici çözüm olması amacıyla GPM filmlerin

yerine kullanılmak üzere yeni formülasyonlar kullanılarak geliştirilen BPM filmler, kullanımları sonrasında toprak içerisine işlenmeleri ve toprakta doğal olarak var olan mikroorganizmalar tarafından ayrıştırılmaları için tasarlanmışlardır. Bu amaçla geliştirilen BPM filmler, mikroorganizmalar veya bitkilerden türetilen biyo bazlı polimerlerden veya fosil kaynaklı malzemelerden üretilebilmektedir (Marechal, 2003). Biyobozunur plastik malç filmlerin üretiminde yaygın olarak kullanılan biyo bazlı polimerler arasında polilaktik asit (PLA), nişasta, selüloz ve polihidroksialkanoatlar (PHA) bulunmaktadır (Bandopadhyay et al., 2018). Üretimde kullanılan fosil kaynaklı polyesterler arasında ise poli(butilen süksinat) (PBS), poli(butilen süksinat-ko-adipat) (PBSA) ve poli(butilen-adipat-ko-tereftalat) (PBAT) yer almaktadır (Kasirajan and Ngouajio, 2012). Biyobozunur plastik malç filmlerde kullanılan biyo bazlı polimerler ester bağları içerirler veya bir başka ifadeyle mikrobiyal hidrolize uygun polisakkaritlerdir (Brodhagen et al., 2015). Dolayısıyla teorik olarak, BPM filmlerin toprak mikroorganizmaları tarafından tamamen katabolize edilerek mikrobiyal biyokütle, CO₂'e ve suya dönüştürülmeleri beklenir (Malinconico et al., 2002; Feuilloley et al., 2005; Imam et al., 2005; Kyrikou and Briassoulis, 2007; Kijchavengkul et al., 2008; Lucas et al., 2008).

Ancak BPM filmlerin kullanımlarının gerçekleştirildiği atmosferik koşullarda pratik olarak makul bir sürede tam olarak ayrışmalarının her zaman gözlemlenemediği de bildirilmektedir (Li et al., 2014). Ayrıca, BPM filmlere ilişkin süreçleri düzenleyenler (yönetmelikleri, kuralları, vb.) ve bu malç filmleri kullanan üreticiler, BPM filmlerin öngörülemeyen veya eksik bozunma süreçlerinin yanı sıra BPM filmlerin içerisinde yer alan bileşenlerin nihai kaderleri ve bunların toprak ekosistemleri üzerindeki etkileri hakkındaki çok çeşitli endişeleri de dile getirmektedir (Goldberger et al., 2015; Miles et al., 2017).

Yukarıda bahsedilen ve çevresel kaygıları içeren çoklu nedenlerin yanı sıra tarımsal üretimin yapıldığı karasal ekosistemlerde BPM filmlerin kullanımını zorunlu hale getiren çevreci yasal düzenlemelerin ülkemizin de dahil olduğu dünyanın bir çok farklı coğrafyasında yakın gelecekte yürürlüğe girebilecek olmasına yönelik öngörülerimiz nedeniyle GPM filmlere alternatif olabilecek çevre dostu BPM filmlerin kullanımına ilişkin taleplerin çok daha şiddetli bir şekilde artabileceğini söyleyebiliriz. Dolayısıyla tarımsal ekosistemin sürdürülebilirliğinin önemli bir bileşeni olan toprak sağlığı ve onun temel göstergeleri olan toprak

özellikleri üzerine BPM film kullanımlarının anlaşılmasına ülkemizde de ihtiyaç vardır. Bugüne kadar plastik malçlama ile ilgili dünyada yapılan çalışmaların büyük bir çoğunluğunda olduğu gibi ülkemizde yapılan çalışmalarda da GPM film kullanımlarının toprak özellikleri üzerine olan etkilerine odaklanılmıştır. Ülkemizin en önemli tarımsal havzalarından birisi olan Çarşamba ovasında yer alan alüviyal bir arazide yürütülen iki yıllık bu çalışma ile GPM filmlere alternatif olabileceği değerlendirilen ve farklı biyo bazlı polimerlerden veya materyalden (polilalaktik asit-PLA, polikarpolakton-PLA ve selüloz-kağıt) üretilmiş farklı formülasyonlara ve materyal özelliklerine sahip üç farklı BPM film kullanımının temel toprak özellikleri üzerine olan etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.



2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Malç Materyallerinin Kullanımı ve Gelişimi

Sun et al (2018), özellikle polietilen (PE) plastik malç filmlerin kullanımının yaratmış olduğu çevresel etkilerin azaltılması amacıyla biyobozunabilir plastik malç filmlerinin tarım ürünlerinin yetiştiriciliğinde örtü malzemesi olarak kullanılabilirliğini değerlendirmişlerdir. Biyobozunabilir plastik malç filmin, farklı mevsimlerdeki değişen toprak koşullarında ihtiyaçları karşılayıp karşılayamayacağını doğrulamak amacıyla %0, %10, %15 ve %20 nişasta içeren dört farklı nişasta/polibütil adipat tereftalat biyobozunabilir plastik malç film, polietilen plastik malç film ve malçsız (kontrol) uygulamalarını kullanarak bir deneme yürütmüşlerdir. %15 nişasta içeren biyobozunabilir plastik film uygulamasında, bütün bir bitki gelişim sezonu boyunca diğer üç biyobozunabilir plastik film uygulamasına göre daha yüksek toprak sıcaklıkları gözlemlemişlerdir. Buna karşın biyobozunabilir plastik malç filmin mevcut maliyetinin daha yüksek olması nedeniyle sağlanan ekonomik faydanın ise polietilen plastik film uygulamasından elde edilen ekonomik faydadan daha düşük olduğunu da ifade etmişlerdir. Değişen ihtiyaçları karşılamak için daha uygun maliyetli biyobozunabilir plastik malç film üretiminin, biyobozunabilir plastik malç film kullanımının artırılması ve uzun vadeli plastik kirliliğinin azaltılması için yeni bir yönlendirme olacağını bildirmişlerdir.

Bandopadhyay et al (2019) aynı zaman periyodunda iki farklı coğrafi bölgede iki yıl süreyle yürütmüş oldukları çalışmada, dört farklı biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç, biyolojik olarak parçalanabilen selüloz malç, polietilen plastik malç ve malçsız (kontrol) olmak üzere toplamda 7 farklı malç uygulamasının topraktaki bakteri topluluğunun yapısı üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Topraktaki bakteri topluluğunun yapısını 16S rRNA sekans dizilimi kullanılarak belirlemişlerdir. Biyobozunabilir plastik malç ve malçsız (kontrol) uygulama parselleri arasında farklılıkların gözlemlendiği Mount Vernon, WA'daki 2015 yılı sonbahar örnekleme dönemi hariç, malç uygulamasına göre bakteri toplulukları arasındaki farklılıkların, her iki bölgede de herhangi bir örnekleme dönemi için anlamlı bulunmadığını ifade etmişlerdir. Hücre dışı enzim oranı analizlerinin, işlevsel olarak topluluklarının karakterize edilmesi için kullanıldığını ve hem Knoxville, TN hem de Moun Vernon, WA'da coğrafi bölge ve örnekleme dönemine göre önemli farklılıklar ortaya çıktığını ancak biyobozunabilir plastik malç ve

polietilen plastik malç uygulamaları arasında minimum farklar olduğunu rapor etmişlerdir. Polietilen plastik malç uygulaması ile karşılaştırıldığında, biyobozunabilir plastik malçların toprağa karıştırılmalarının toprak bakteri topluluğunun yapısı ve toprak enzim aktiviteleri üzerindeki sınırlı etkilerinin, biyobozunabilir plastik malçların toprak mikrobiyal toplulukları üzerinde karşılaştırılabilir etkilere sahip olduğunu gösterdiğini ve bu nedenle polietilen plastik malça bir alternatif olarak değerlendirilebileceklerini ifade etmişlerdir.

Amare and Desta (2021) yaptıkları derleme çalışmasında, toprak fiziksel özelliklerini, bitki gelişimini, ürün verimini ve kalitesini etkileyebilen renkli plastik malçların muhtemel uygulamalarını incelemiş ve tartışmışlardır. Ayrıca renkli plastik malçların, bitkilerde çevresel stresin zararlı etkilerini azaltmadaki rolünü de ele almışlardır. Yapılan çalışmalardan derlemiş oldukları sonuçlarla, renkli plastik malçların toprak sıcaklığı, toprak nemi ve toprağın su tutma kapasitesi üzerinde belirgin bir etkiye sahip olduğunu ortaya koymuşlardır. Siyah ve mavi renkli plastik malçlar toprak sıcaklığını artırdığını beyaz ve şeffaf malçların ise azalttığını ifade etmişlerdir. Renkli plastik malç kullanımı ile meyve, kök, yumru ve soğan sayısında artışların belirlendiğini ancak bitki gelişiminde ve veriminde azalma, zararlı böcek istilasında artış, mikroplastik kirliliği, toprak sıkışması, toprak strüktürünün bozulması ve toprak mikroorganizma aktivitesinde azalma gibi olumsuz etkilerinin de saptandığını rapor etmişlerdir. Ayrıca renkli plastik malç kullanımının yetiştiricilik dönemi, kök bölgesi sıcaklığı, bitki türü, zararlı istilası ve su kullanım etkinliği gibi faktörlerle etkileşimlerinin de yakından incelenmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Gao et al (2021) 2018-2019 ve 2019-2020 yıllarını kapsayan iki yıllık bir arazi denemesi gerçekleştirmişlerdir. Polilaktik asit (PLA)/polibütilen adipat-ko-tereftalat (PBAT) bazlı biyobozunabilir plastik malç, polietilen plastik malç ve malçsız (kontrol) uygulamalarını kullanarak toprak sıcaklığı ve su depolama dinamikleri, su kullanım etkinliği ve patates verimine etkilerinin yanı sıra 2020 yılından sonra da pirinç verimi ve toprak özellikleri üzerine plastik kalıntıların etkilerini araştırmışlardır. Ekimden 60 gün sonra biyobozunabilir malç filminin parçalanmaya başlaması nedeniyle patatesin son bitki gelişim döneminde üst toprakta biyobozunabilir plastik malç ve polietilen plastik malç uygulamaları arasında toprak sıcaklığı ve toprak suyunun depolama seviyeleri bakımından farklılıklar olduğunu

bildirmişlerdir. Bununla birlikte her iki bitki yetiştirme sezonunda su kullanım etkinliği ve patates yumru verimi üzerine biyobozunabilir plastik malç ve polietilen plastik malç uygulamaları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıkların bulunmadığını da bildirmişlerdir. Kontrol uygulamasıyla karşılaştırıldığında, pirinç hasadından sonra atık biyobozunabilir plastik malç filmlerin aşırı derece düşük bir seviyeye azaldığını ve plastik atıkların istatistiksel olarak pirinç veriminde kayba neden olmadığını da ifade etmişlerdir. Atık polietilen plastik malç film uygulaması ile karşılaştırıldığında, biyobozunabilir plastik malç film atıklarının hacim ağırlığı, porozite ve organik madde açısından toprak sağlığını iyileştirebildiğini de rapor etmişlerdir. Çalışma sonunda PLA/PBAT biyobozunabilir plastik malç filminin kışlık patates üretiminde polietilen plastik malçın yerine geçecek umut verici ve sürdürülebilir bir seçenek olduğu sonucuna varmışlardır.

Chah et al (2022) mevcut biyobozunabilir plastik-toprak araştırmalarını ve malç kalıntılarının toprak çevresi üzerindeki etkilerini anlamak amacıyla sistematik bir literatür taraması yapmışlardır. 1973 yılından günümüze, toprakta biyoplastik araştırmalarıyla ilgili 632 çalışma belirlemişler ve ilgili oldukları konulara göre de kategorize etmişlerdir. Biyoplastik-toprak araştırmaları ile ilgili yayın yapma eğiliminin, 2010 yılından sonra katlanarak büyüdüğünü; arazi çalışmalarının toplam çalışmaların %33.1'ini oluşturduğunu ve yapılan çalışmaların da yalnızca %9.7'sinin biyoplastik kalıntılarının toprak çevresi üzerindeki etkileri araştırdığını bildirmişlerdir. Laboratuvarda yürütülen çalışmalarının çoğunluğunun ise topraktaki biyoplastiklerin geliştirilmesi ve topraktaki stabiliteyi üzerine olduğu ifade etmişlerdir. Kısa süreli çalışmaların (aylık periyotlar da) uzun süreli çalışmalara oranla daha fazla olduğunu ve dört yıllık araştırma süresini aşan uzun süreli çalışmaların ise neredeyse yok denecek kadar az olduğunu belirtmişlerdir. Laboratuvar ve arazi denemelerinin, arazi sonuçlarını ve topraktaki biyoplastik stabilitesini güçlü bir şekilde etkileyen mevsimsel, iklimsel ve biyo-coğrafi faktörler nedeniyle tutarsız sonuçlar verdiğini de rapor etmişlerdir. Mevcut çalışmaların çoğu, ağırlıkça yüzde %1 veya üzerindeki mikrobiyoplastik konsantrasyonlarının önemli etkileri olduğunu bildirmişlerdir. Biyoplastik kalıntılarının toprağın C/N oranını önemli ölçüde etkilediğini, belirli mikrobiyal taksonlarını olumlu yönde etkileyerek toprağın mikrobiyal çeşitliliğini etkilediğini ve toprak agregatlarının oluşumunu etkileyerek toprağın fiziksel yapısını değiştirdiğini rapor etmişlerdir. Yüksek

konsantrasyonlarda ise bitki sağlığı ve çimlenme başarisının negatif yönde etkilendiğini belirtmişlerdir. Derlemenin sonucu olarak, biyoplastik kalıntılarının toprağın fiziko-kimyasal özellikleri, mekanik özellikleri, toprak biyolojisi, toprak-biyoplastik-bitki tepkisi, bitki besin maddeleri ve toksisitesi üzerine olan etkisinin derecesinin ve kapsamının daha iyi anlaşılması uzun vadeli arazi denemelerine odaklanmanın önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Chu et al (2023) yulaf (*Avena sativa* L.) ve soya fasulyesi (*Glycine max* (L.) Merr.) gelişimleri ve toprak sağlığı üzerine saf poliaktik asit (PLA) biyobozunabilir mikroplastiklerin iki farklı şeklinin (lifli ve toz yapıda) etkilerini araştırmak amacıyla arazi çalışması yürütmüşlerdir. Toprağa ağırlıkça %0.2 oranında ilave edilen PLA uygulamasının toprak enzim aktiviteleri, toprağın fizikokimyasal özellikleri (toprak su içeriği, pH, vb.), kök özellikleri, bitki biyokütlesi ve ürün verimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bulmuşlardır. Ayrıca, her iki bitki türünde (yulaf ve soya fasulyesi) bir bitki gelişim sezonu boyunca (5 ay) PLA biyobozunabilir mikroplastiklerin hem lif hem de toz şeklindeki farklı uygulamalarının toprak sağlığı, bitki sağlığı ve ekosistemin çoklu işlevselliği üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı sonucuna da varmışlardır. Poliaktik asit (PLA) bazlı biyolojik olarak parçalanabilir mikroplastiklerin, arazide kısa sürede (günlük-aylık periyotlar da) tarımsal ekosistem işlevlerine yönelik önemli bir tehdit oluşturmadığını ve bu nedenle tarımsal ekosistemlerde geleneksel biyozunabilir olmayan plastiklerle yer değiştirmek için çevreye zarar vermeyen değerli bir çözüm olabileceğini bildirmişlerdir.

Mishra and Mishra (2023) tarımda yaygın kullanılan şeffaf ve siyah plastik mal ve malçsız (kontrol) uygulamalarının ve farklı sulama suyu miktarlarıyla (%70, %90, %100) damla sulamanın sebze yetiştiriciliğindeki etkilerini incelemişlerdir. Siyah mal ile karşılaştırıldığında, şeffaf malçın toprak sıcaklıklarını daha yüksek oranlarda artırdığını ve siyah mal uygulamasının da 2.6-5.5 C arasında değişen oranlarda toprakta sıcaklık artışı gerçekleştirdiğini gözlemlemişlerdir. Malçsız parsellerdeki nem içeriğinin, mallı parsellerdekinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Plastik mal kullanımı, çeşitli uygulama koşulları altında %26 ile %36 arasında değişen oranlarda su tasarrufuna yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, siyah mal kullanılan bütün uygulama gruplarında verim artışı sağladığını da bildirmişlerdir. Su kullanımını maksimize ederek, sebze

yetiştiriciliğinde malçlama ve damla sulama kullanımının yetiştirme maliyetlerini azaltma potansiyeli sunduğunu da ifade etmişlerdir.

Cozzolino et al (2023) İtalya'nın güneyinde yer alan iki özel çiftlikte farklı tekstüre sahip topraklarda (killi-tınlı-CL ve kumlu-tınlı-SL) yetiştirilen kavunların verim ve kalite özellikleri üzerine düşük yoğunluklu polietilen plastik malç (LPDE) film ile biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmin (Mater-Bi) etkilerini karşılaştırmışlardır. Çalışmanın yürütüldüğü periyot boyunca, düşük yoğunluklu polietilen plastik malç ortalama toprak sıcaklığının biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç altındaki ortalama toprak sıcaklığından daha yüksek olduğunu (yaklaşık 1.3 °C) ve toprak sıcaklıklarının kumlu tın toprakta (25.5 °C) killi tın topraktan (24.2 °C) daha yüksek olduğunu saptamışlardır. Polietilen plastik malç uygulaması için 2.3 °C olarak kaydedilen günlük sıcaklık dalgalanmasına karşılık, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç uygulamasında günlük sıcaklık dalgalanmasının ise 1.7 °C olarak belirlendiğini ifade etmişlerdir. Toprak tekstüründen bağımsız olarak, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç ile elde edilen meyve veriminin polietilen plastik malç ile elde edilen verimden daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç film kullanımının hem tarımsal faydaların elde edilmesi hem de biyobozonabilirlik özellikleri nedeniyle çevresel sürdürülebilirliğin desteklenmesi bakımından geleneksel polietilen plastik malçlara potansiyel bir alternatif olduğu sonucuna varıldığını bildirmişlerdir.

Campanale et al (2023) yaptıkları derleme çalışması ile geleneksel polietilen plastik malçlara ekolojik-sürdürülebilir bir alternatif olarak biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların potansiyellerini analiz etmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların toprağa dahil edilmesinin, sonuç olarak toprağın organik madde dinamiklerini etkileyebilecek mikrobiyal aktivitesini teşvik edebildiğini gösterdiğini ifade etmişlerdir. Bununla birlikte, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç kullanımının atık mikro ve nano-biyopartikülleri ve katkı maddelerini serbest bırakması nedeniyle eksik biyolojik bozunma riskleriyle ilişkilendirilmesi gerektiğini de bildirmişlerdir. Toprak ekolojisi üzerindeki etkileri ve toksisite riski gibi konularda bilgi eksikliklerinin bulunduğunu ve doğal çevre koşullarında uzun süreli çalışmaların yürütülmesinin yanı sıra biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların toprak sağlığı ve tarımsal ekosistem sürdürülebilirliği

üzerindeki gerçek etkilerini değerlendirmek için daha çok arazi çalışmasının yapılmasına ihtiyaç olduğunu vurgulamışlardır.

Bandyopadhyay et al (2023) mikro- ve nano-plastiklerin toprak sağlığı ve fonksiyonu üzerindeki etkilerini, topraktaki dağılımları, toprak biyokimyasındaki değişiklikler ve toprak mikropları ve bitkiler ile mikroplastikler arasındaki etkileşimler kapsamında tartışmışlardır. Nano-plastiklerin, bitkiler yoluyla topraktan gıda zincirine dahil olduğunu ve insanlarda dahil olmak üzere tüm ekosisteme zarar verdiğini belirtmişlerdir. Biyobozunabilir plastik malç kullanımının son yıllarda yaygınlaşmaya başladığını ancak dünya genelinde üretilen plastiklerin sadece %1'inin biyobozunabilir malzemelerden üretildiğini ifade etmişlerdir. Çıplak bırakılan toprak yüzeyi ile karşılaştırıldığında, malçlamanın amaçları bakımından biyobozunabilir plastik malç kullanımının, ürün kalitesini ve verimini artırdığını ayrıca yabancı ot gelişimin de azalttığını rapor etmişlerdir. Aynı zamanda, biyobozunabilir plastik malçların toprak sağlığı üzerinde etkilerinin yanı sıra pH, elektriksel iletkenlik, agregat stabilitesi, infiltrasyon, nitrat-N ve değiştirilebilir potasyum gibi toprak özellikleri üzerinde de önemli bir etkisinin olduğunu belirtmişlerdir.

2.2. Tarımda Malç Materyallerinin Kullanımının Faydaları

Sintim et al (2019) polietilen plastik malçların tarım alanlarında yaratmış olduğu çevre kirliliği sorunlarına alternatif olarak görülen biyobozunabilir plastik malçların toprak sağlığı üzerindeki etkilerini iki farklı alanda eş zamanlı yürütmüş oldukları arazi denemeleri ile değerlendirmişlerdir. Çalışmada selülozik kağıt malç, polietilen plastik malç ve malçsız uygulamalarını kontrol olarak kabul etmişlerdir. Biyobozunabilir plastik malç uygulamalarının toprak sağlığı üzerine etkilerini 19 farklı toprak özelliğini kullanarak altı aylık aralıklarla Mayıs 2015 ile Mayıs 2017 tarihleri arasında iki yıl süreyle değerlendirmişlerdir. Çalışma sonunda malç işlemlerinden çok, lokasyon ve zamanın toprak özellikleri üzerinde daha etkili olduğunu rapor etmişlerdir. Bazı biyobozunabilir plastik malç uygulamalarının toprak özelliklerinden agregat stabilitesi, infiltrasyon, toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik, nitrat-N, değiştirilebilir potasyum; toprak sağlığı göstergelerinden hidrolik, biyolojik, verimlilik ile tuzluluk ve alkalilik; toprak fonsiyonlarından ise besin elementi döngüsü üzerinde anlamlı etkiler gösterdiğini gözlemlemişlerdir. Biyobozunabilir plastik malçların, polietilen plastik malçların alternatifi olarak

kullanılabileceğini, ancak toprak sağlığı üzerindeki etkilerinin daha iyi belirlenmesi için uzun vadeli çalışmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Wang et al (2019) Çin'in kurak bir bölgesi olan Xinjiang'ta, damla sulama uygulaması altında biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmlerin toprak koşulları ve pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) verimi üzerindeki etkilerini ortaya koymak amacıyla 2015 (daha az yağışla) ve 2016 (daha fazla yağışla) yıllarında iki yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Polietilen plastik malç ile kalınlık ve indüksiyon süreleri farklı olan dört biyobozunabilir plastik malç materyalini karşılaştırmışlardır. Polietilen plastik malç uygulamasının toprak suyunu ve ısını en iyi koruyan uygulama olduğunu belirlemişlerdir. Bununla birlikte her iki yılda da toprak ısını artırmada benzer performans sergileyen biyobozunabilir plastik malçların, malçsız kontrol uygulaması ile kıyaslandığında, toprak sıcaklığını 5-20 cm toprak derinliğinde 2015 ve 2016 yıllarında sırasıyla 0.66 °C ve 0.61 °C artırdığını bildirmişlerdir. Polietilen plastik malç materyali en yüksek verimi sağlasa da, biyobozunabilir plastik malç film ile arasında su kullanım verimliliği açısından anlamlı bir farklılık bulunmadığını rapor etmişlerdir. Ayrıca biyobozunabilir plastik malç materyallerinin, ürün verimini artırmak ve toprak kirliliğini kontrol etmek amacıyla plastik malç materyalleri ile rekabet edebilecek potansiyel bir alternatif olabileceği sonucunu da paylaşmışlardır.

Deng et al (2019) malçsız (kontrol), geleneksel polietilen plastik malç film ve biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç film uygulamalarının mısır ve pamukta bitki gelişimi, verim ve su kullanım etkinliği üzerine olan etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen sonuçların, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filminin araziye serildikten sonra 60 gün boyunca bozulmadan kaldığı ancak 120 gün sonra önemli ölçüde parçalandığı ve malçsız (kontrol) uygulaması altındaki çıplak toprak yüzeyi ile kıyaslandığında ise artan toprak sıcaklığı, nem muhafazası ve parçalanabilirlik ile ilişkili olduğunu gösterdiğini rapor etmişlerdir. Hem biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filminin hem de polietilen plastik malç filminin, bitki yüksekliği, sap çapı ve yaprak alanı gibi çeşitli fizyolojik parametreleri önemli ölçüde arttırdığını belirtilmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filminin, malçsız uygulamaya göre ürün verimi ve su kullanım etkinliği üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirlemişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filminin bitki gelişimini, verimi ve su kullanım etkinliğini artırmada geleneksel polietilen

plastik malç filmle karşılaştırılabilir sonuçlara sahip olduğunu da rapor etmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir malç filminin kalıntı kirliliği oluşturmadiğundan, kurak bölgelerdeki tarımsal uygulamalar için yaygın olarak kullanılan polietilen plastik malç filmlerine tercih edilebileceği ve bu durumunda tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilir gelişimini destekleyeceğini bildirmişlerdir.

Freitas et al (2021) biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç, siyah polietilen plastik malç ve malçsız (yabancı ot temizliği yapılan ve yapılmayan) uygulamaların, marul yetiştiriciliğinde yabancı ot yönetimine ve su kullanım etkinliğine olan etkilerini değerlendirmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç ve siyah polietilen plastik filmlerinin yabancı otları kontrol etmede etkili sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç uygulamasında toprak sıcaklığının, siyah polietilen plastik film ve yabancı ot temizliği yapılmayan malçsız uygulamalara göre sırasıyla 8.2°C ve 2.1°C daha düşük olduğunu ve marul veriminin ise sırasıyla %28.3 ve %14.5 daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç ile uygulanan su hacminin yabancı ot temizliği yapılmayan malçsız uygulamaya göre %26.5 daha düşük, su kullanım etkinliğinin ise %55.6 daha yüksek olduğunu gözlemlemişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilen kağıt malç uygulamasının yabancı otları kontrol altına aldığını, toprak sıcaklığını ve su tüketimini azalttığını ve marul bitkisinde verimi ve su kullanım etkinliğini artırdığını bildirmişlerdir.

Wang et al (2021) malçsız (kontrol), şeffaf biyobozunabilir plastik, siyah biyobozunabilir plastik, şeffaf polietilen plastik ve siyah polietilen plastik malç uygulamalarıyla birlikte sırt-karik deseninde mısır bitkisinin yetiştirildiği iki yıllık bir deneme yürütmüşlerdir. Açık renkli şeffaf plastik malçların, kontrol ile karşılaştırıldığında toprak sıcaklığını artırdığı, siyah renkli plastik malçların ise erken büyüme döneminde toprak sıcaklığını azalttığını veya değiştirmedığını gözlemlemişlerdir. Toprak sıcaklığı ve kök morfolojisi üzerine etkiler bakımından belirli bir plastik rengi için biyobozunabilir plastik ve polietilen plastik malçlar arasında benzer sonuçların elde edildiğini bildirmişlerdir. Mısır üretiminde, şeffaf ve siyah biyobozunabilir plastik malçların tarımsal performansının polietilen plastik malçların performansına eşdeğer veya daha iyi olduğunu belirlemişlerdir.

Chen et al (2021) geleneksel polietilen plastik film ile malçlama, biyobozunabilir plastik film ile malçlama ve malçsız (kontrol) olmak üzere üç farklı

uygulamanın toprak sıcaklıkları üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. İki ve üç boyutlu olarak simüle edilen toprak sıcaklıklarını, üç farklı bitki büyüme aşamasında incelemişlerdir. Biyobozunabilir plastik film ile malçlamanın sıcaklığı koruması ve yüksek sıcaklıkların önlenmesi konusunda polietilen plastik malç ve malçsız uygulamalara göre daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir. Biyobozunabilir plastik film malçlamanın, geleneksel polietilen plastik malç filmine alternatif olarak kullanılabileceğini önermişlerdir.

Chen et al (2022) çift bitki katsayısı (dual K_c) yöntemini kullanarak tarımsal film malçlamanın farklı türleri (biyobozunur film ve plastik film) ve farklı renkleri (şeffaf ve siyah) altında bitki katsayısı ve onun bileşenlerindeki farklılıkları değerlendirmişlerdir. Orta ve geç ürün büyüme aşamalarında buharlaşma katsayısı, plastik malç film ile karşılaştırıldığında biyobozunabilir plastik malç film altında %30.9 oranında önemli ölçüde artarken, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmin parçalanmış geniş yüzeylerinden kaynaklı olarak toprak nemindeki düşüşler nedeniyle bazal ürün katsayısı ve su stresi katsayısının azaldığını belirtmişlerdir. Biyobozunabilir plastik malç film altında evaporasyonun arttığı, transpirasyonun ise azaldığını gözlemlemişlerdir. Siyah plastik malçlama (polietilen film ve biyolojik olarak parçalanabilir film) uygulaması ile bitki katsayısı (K_c), evaporasyon ve transpirasyonun, şeffaf plastik film malçlama uygulamasına göre ortalama %5.1, %4.3 ve %5.6 daha düşük olduğunu belirlemişlerdir. Genel olarak siyah biyobozunabilir plastik film malçlamayı, düşük evaporasyon nedeniyle kurak bölgelerde şeffaf biyolojik olarak parçalanabilir plastik film malçlamanın yerine daha uygun bir seçenek olarak tavsiye etmişlerdir.

Reid et al (2022) iki farklı lokasyonda, iki farklı biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç (polilaktik asit ve nişasta-polyester biyoplastik) ve kompost uygulamasından toprağı karışmış atıkların toprak kimyasal ve fiziksel özelliklerine ve sebze verimine etkisini iki yıl süreyle incelemişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç kalıntılarının toprağın pH'ı, organik madde ve fiziksel özellikleri üzerinde etkisinin az olduğunu ancak polilaktik asit içerikli malç kalıntısının toprağı dahil edilmesinden 6 ay sonra toprak nitratını azalttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca polietilen plastik malça alternatif olarak biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç kalıntılarının çevresel faydaları olmasına rağmen,

özellikle düşük verimliliğe sahip topraklarda tarımsal verimi nasıl etkilediğini anlamaya yönelik çalışmalara devam edilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Abbate et al (2023) plastik malç filmlerinin tarımda yaygın olarak kullanılmasının ardındaki avantajları vurgulayarak, biyobozunabilir plastik malçların geleneksel petrol bazlı plastiklere sürdürülebilir bir alternatif olarak toprakta kullanımını ele almışlardır. Biyobozunabilir plastik malçların mikrobiyal çeşitliliği artırmanın, yabancı ot kontrolü sağlamanın ve toprak nemini korumanın yanı sıra toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik toprak özelliklerini de geliştirmeleri nedeniyle sebze üretiminde kullanımlarının etkili olduğunu bildirmişlerdir. Biyobozunabilir plastik malçların, tarımda kimyasalların kullanımını sınırlamak, toprak işlemeyi azaltmak ve sürdürülebilir tarımsal yönetim için sulama kaynaklarını korumak adına potansiyel bir uygulama olduğunu ifade etmişlerdir.

Yisfa et al (2023) toprağın nem içeriğinin, su verimliliğinin ve mısır veriminin iyileştirilmesi amacıyla malçsız (kontrol), keten samanı malç, siyah plastik malç ve beyaz plastik malç olmak üzere dört farklı organik ve inorganik malç uygulamasının etkilerini karşılaştırmışlardır. Beyaz plastik malç, siyah plastik malç ve keten samanı malçının su verimliliğini sırasıyla %184.5, %127.6 ve %39.4 oranında ve toprağın nem içeriğini ise sırasıyla %16.0, %10.8 ve %3.5 oranında artırdığını gözlemlemişlerdir. İnorganik malçların su verimliliği ve mısır verimi üzerinde önemli bir etkisinin olduğunu buna karşın keten samanı malçının ise önemli bir etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir. Çalışmanın bulgusu olarak da Kuzey Etiyopya gibi yarı kurak iklime sahip alanlarda su verimliliğini ve mısır verimini arttırmak için inorganik malç uygulamalarının gerekli olduğunu rapor etmişlerdir.

Hu et al (2023) 2018 ve 2021 yıllarında tarla domates (*Solanum lycopersicum* L.) üretiminde yabancı ot kontrolü, toprak sıcaklığı ve domates veriminde biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç, polietilen plastik malç ve kontrol (malçsız) uygulamalarının etkinliğini karşılatırmışlardır. Kağıt ve polietilen plastik malç uygulamalarında, kontrol uygulamasına kıyasla yabancı ot örtüsünün ve yabancı otların ayıklanma süresinin azaldığını gözlemlemişlerdir. Kağıt ve polietilen plastik malç uygulamalarına kıyasla kontrol uygulamasında daha yüksek toprak sıcaklıkları saptandığını bildirmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir kağıt malç uygulamasında domates veriminin kontrol uygulamasıyla benzer ancak polietilen plastik malç uygulamasına göre daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Biyolojik

olarak parçalanabilir kağıt malçın, yabancı ot kontrolü bakımından polietilen plastik malçla, domates verimi bakımından da kontrol uygulamasıyla karşılaştırılabilir sonuçları olduğunu rapor etmişlerdir.

2.3. Malçlamanın Toprak Özellikleri Üzerine Etkileri

Zhang et al (2019) 2016 ve 2017 yıllarında, toprak örtüsü olarak polietilen plastik malç film, bitki saplarından üretilmiş biyobozunabilir kağıt ve bitki sapları ile ayrılmış kömür kombinasyonundan elde edilen biyobazlı malç filmin; toprak özellikleri (sıcaklık, nem, pH, elektriksel iletkenlik, bitki besin elementleri ve enzimler), bitki gelişimi (kök morfolojisi, nispi gelişim oranı, bitki biyokütlesi ve kök/gövde oranı), domatesin meyve verimi ve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Polietilen plastik malçlama genel olarak toprak nemini artırmasına rağmen, toprak sıcaklığı, pH ve EC'yi de artırdığı ve bitki gelişiminin ve meyve veriminin azalmasına yol açan yarayışlı fosfor içeriğini azalttığını ifade etmişlerdir. Biyobazlı malçlamanın toprak sıcaklığını azalttığı ancak aynı zamanda toprak neminin ve invertaz aktivitesinin azalmasına ve toprak EC'sinin artmasına neden olarak kök büyümesinin azalmasına yol açtığını belirlemişlerdir. Biyobozunur kağıt malçlamanın sadece toprak sıcaklığını azaltmadığı aynı zamanda toprak nemini artırdığını da ifade etmişlerdir. Sonuç olarak, biyobozunur kağıt malçlamanın toprak EC'sini azaltmak, toprak enzim aktivitelerini arttırmak, bitki büyümesini iyileştirmek (kök uzunluğu, bitki boyu ve yaprak alanının nispi gelişim oranları, bitki biyokütlesi ve kök/gövde oranı) ve meyve verimini arttırmak gibi çeşitli avantajlar gösterdiğini de rapor etmişlerdir. Ayrıca, nitratin azalması ancak C vitamininin artması nedeniyle biyobozunur kağıt malçlama ile meyve kalitesinin de kısmen iyileştiğini bulmuşlardır.

Qi et al (2020a) toprakta bulunan plastik kalıntıların ana kaynağını tarımda kullanılan plastik malç filmler oluşturmaktadır. Tarımsal üretim süreçlerinde düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ile malçlama yaygın olarak uygulanmakla birlikte bunun sonucunda tarım topraklarında oluşan makro- ve mikropplastik kalıntıları ile ilgili yıllardır endişeler bulunmaktadır. Geçtiğimiz on yıllarda, karasal ekosistemin plastik kirliliğini azaltmak umuduyla çeşitli biyolojik olarak parçalanabilir (Biyo) plastikler geliştirilmeye başlanmıştır. Ancak bu biyoplastiklerin tarımsal ekosistemlerdeki etkisi yeterince araştırılmamıştır. Bununla birlikte yaptıkları çalışma ile düşük yoğunluklu polietilenden kaynaklanan makro (yaklaşık 5 mm) ve

mikro (<1 mm) boyutlu plastik kalıntıların ve bir tür nişasta bazlı bioplastik malç filminin toprağın fizikokimyasal ve hidrolojik özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Arazi çalışmaları ve literatür incelemesi ile belirlenen, ağırlıkça yüzde olarak %0 ile %2 arasında değişen plastik konsantrasyonları kullanmışlardır. Plastik kalıntılarının kumlu toprak üzerindeki etkilerini bir ay süreyle laboratuvar denemesi ile incelemişlerdir. Hacim ağırlığı, porozite, doymuş hidrolik iletkenlik ve tarla kapasitesinin, dört tür plastik kalıntısının varlığında önemli ölçüde değiştiğini buna karşın pH, elektriksel iletkenlik ve agregat stabilitesinin ise önemli ölçüde etkilenmediğini tespit etmişlerdir. Genel olarak araştırmanın mikropplastiklerin toprak özelliklerini etkilediğine dair açık deneysel kanıtlar sağladığını ifade etmişlerdir. Plastik kalıntılarının türü, boyutu ve içeriği ile bunlar arasındaki etkileşimlerin, ölçülen toprak özelliklerinin değişiminde karmaşık roller oynadığını rapor etmişlerdir. Ayrıca plastik çağında yaşamamız nedeniyle topraktaki ve tarımsal ekosistemlerdeki plastik atıkların etkilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılması için daha fazla disiplinlerarası çalışmanın yapılmasının büyük önem taşıdığını belirtmişlerdir.

Paunović et al (2020) talaş malç, siyah folyo malç ve malçsız (kontrol) uygulamalarının toprak özellikleri ile siyah frenk üzümünün (*Ribes nigrum* L.) gelişimi ve verimi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Üç yıllık araştırma sırasında, bütün yetiştirme sistemlerinde toprak pH'sında azalma, kaba kum, silt ve kil fraksiyonlarında azalma ve ince kum fraksiyonlarında artış olmak üzere toprağın çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler gözlemlemişlerdir. Talaş malç uygulamasının toprağın bitki besin elementi içeriği (humus, N, P ve K) ve topraktaki mikroorganizma sayısı üzerinde uyarıcı bir etkiye sahip olduğunu ve gelişim sezonu boyunca sıcaklığı düşürme ve orta düzey toprak neminin korunması yoluyla toprak mikro ikliminin değiştirilmesini desteklediğini ifade etmişlerdir. Talaş malç uygulaması altındaki siyah kuş üzümü toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikler arasındaki ilişkinin, malçsız (kontrol) ve folyo malç uygulamaları ile karşılaştırıldığında çalı gelişimi ve meyve veriminde artışa katkıda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Sintim et al (2021) dört sezon boyunca kullanılan geleneksel ve toprakta biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların toprak ve yeraltı suyu kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Malçsız (kontrol) uygulamasıyla

karşılaştırıldığında, biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların ve polietilen plastik malçın, toprak yüzeyini bozulmadan koruyarak toprak agregat stabilitesini (%6-16) ve su infiltrasyon oranını (%10-12) artırdığını bildirmişlerdir. Ancak, özellikle polietilen plastik malç uygulamasının mikrobiyal aktiviteyi azalttığını da gözlemlemişlerdir. Hasattan sonra plastik malç uygulaması altındaki topraklarda artık nitrat ve nitrit içeriklerinin, verim artışı ve buna bağlı olarak bitki besin elementi alımındaki artış nedeniyle malçsız uygulamaya göre daha düşük (4.1 kg ha^{-1} ila 7.3 kg ha^{-1}) olduğunu bulmuşlardır. Dört yıllık periyotta, toprakta biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların, toprak ve yeraltı suyu kalitesi üzerinde genel olarak olumlu etkilere sahip olduğunu bildirilmişlerdir.

Qi et al (2020b) düşük yoğunluklu polietilen ve biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmlerinin makro ve mikro boyutlu kalıntılarının rizosfer bakteri toplulukları, rizosfer havası ve toprağın kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla kontrollü bir saksı denemesi yürütmüşlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik kalıntılarının rizosferdeki bakteri toplulukları ve rizosferde yayılan gaz karışımı üzerinde önemli etkileri olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, uygulamalar sırasında toprak pH'sı, elektriksel iletkenlik ve C:N oranında önemli farklılıklar da gözlemlemişlerdir. Çalışmanın plastik kalıntılarının tarım ekosistemleri üzerinde çevresel etkilerini inceleyen çok daha fazla araştırmaya acil olarak ihtiyaç olduğunu ortaya koyan nitelikte plastik kalıntıların toprak-bitki sistemi üzerindeki hem biyotik hem de abiyotik etkilerini gösteren kanıtlar sağladığını ifade etmişlerdir.

Koskei et al (2021) artan plastik malç film kalıntılarının toprak özelliklerini ve ürün verimini nasıl etkilediğini ve biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmin düşük yoğunluklu polietilen plastik (LDPE) malçın yerini alıp alamayacağını araştırmak amacıyla 2018-2019 yılları arasında mısır arazisi topraklarına farklı miktarlarda plastik atık ilavesiyle bir depolama sahası denemesi tasarlamışlardır. Arazi denemesini malçsız (kontrol) uygulama ile birlikte polietilen/bio film parçalarının düşük, orta ve yüksek oranlarını temsil eden altı farklı uygulama şeklinde planlamışlardır. Toprak hacim ağırlığının plastik kalıntı türlerinden bağımsız olarak 1.19 g cm^{-3} 'den 1.31 g /cm^3 'e önemli düzeyde arttığını saptamışlardır. Toprak porozitesinin, malçsız uygulamada %58.03'e, biyobozunabilir plastik uygulamasında %57.36'ya ve polietilen plastik uygulamasında %56.12'ye

azaldığını ($p<0.05$) gözlemlemişlerdir. Artan plastik kalıntı miktarının, toprağın azot seviyesini artırdığını ve C/N oranını önemli ölçüde düşürdüğünü belirtmişlerdir. Düşük yoğunluklu polietilen plastik malç atıklarının, biyobozunabilir plastik malç atıklarına kıyasla toprak özelliklerini ve verimliliği kısmen daha düşük düzeyde etkilediğini ancak onların olumsuz etkilerinin mısır arazisinde benzer olduğunu ifade etmişlerdir.

Santini et al (2022) iki farklı plastik malçın (biyobozunabilir ve biyobozunmayan) toprak abiyotik (pH, su içeriği, organik ve toplam karbon konsantrasyonları ve toplam azot) ve biyotik (solunum, hidrolaz, dehidrogenaz, β -glikosidaz ve üreaz aktiviteleri) özellikleri üzerine ve fitotoksiste (*Sorghum saccharatum* L. and *Lepidium sativum* L.'un çimlenme indeksi) üzerine etkilerini araştırmayı amaçlamışlardır. Toprak özelliklerinin plastiklerin türünden (biyobozunabilir ve biyobozunmayan) ziyade çoğunlukla plastiklere maruz kalma süresi tarafından etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Altı ay sonra yapılan gözlemlerde, biyobozunmayan plastik örtülerin varlığında toprak pH'sının, solunumun ve dehidrogenaz aktivitesinin azaldığını, toplam ve organik karbon konsantrasyonlarının arttığını rapor etmişlerdir. Biyobozunabilir plastik örtülerin varlığında dehidrogenaz aktivitesi önemli ölçüde azalırken organik karbon konsantrasyonlarının arttığını gözlemlemişlerdir. Biyobozunabilir plastik örtülerle kaplanan topraklarda incelenen özelliklerinde genel olarak zaman içinde iyileşme meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Xiu et al (2022), dört ağır metalin (Cu, Pb, Zn ve Cd) topraktan geleneksel sebze olarak yetiştirilen Çin lahanasına taşınması üzerine plastik malç kullanımının etkisini araştırmak amacıyla arazi denemesi yürütmüşlerdir. Toprak sıcaklığı, elektriksel iletkenlik, organik madde ve topraktaki iki baskın mikroorganizma türünün (Proteobakteriler ve Aktinobakteriler) sayısal varlığının, malçlanmış uygulamalarda, malçlanmamış uygulamalara göre tutarlı bir şekilde daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Topraktaki DTPA ile ekstrakte edilebilir Cu, Pb ve Zn içeriğinin sırasıyla %3.3, %3.6 ve %3.7 oranında azaldığı, ancak Cd içeriğinin malçsız uygulamalardan elde edilen topraklardaki Cd içerikleri ile karşılaştırıldığında %10.0 oranında arttığını belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçların plastik malçlamanın Cu, Pb ve Zn'nun hareketliliğini azaltabildiğini, bununla birlikte artan toprak

sıcaklığı, organik madde, elektriksel iletkenlik ve ilgili bakterilerin bolluğunun ise Cd'un hareketliliğini artırdığını ortaya koyduğunu ifade etmişlerdir.

Li et al (2022) biyobozunur film malçlarının toprak kalitesi üzerindeki birikimli etkilerini ortaya çıkarmak amacıyla 2016-2019 yılları arasında Kuzey Çin ovası'nda bir arazi denemesi gerçekleştirmişlerdir. Şeffaf polietilen plastik film ile malçlama, şeffaf biyolojik olarak parçalanabilir plastik film ile malçlama, siyah biyolojik olarak parçalanabilir plastik film ile malçlama ve malçsız (kontrol) dahil olmak üzere dört farklı uygulamanın etkilerini çalışmışlardır. Malçsız uygulama ile karşılaştırıldığında hem siyah biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç hem de şeffaf biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç uygulamalarının toprak hacim ağırlığını önemli ölçüde azalttığını ve toprağın mikrobiyal aktivitesini ve enzim aktivitesini artırdığını ancak siyah ve şeffaf biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçların bitki besin elementi içeriğini etkilemediğini belirtmişler. Malçsız uygulama ile karşılaştırıldığında, siyah biyolojik olarak parçalanabilir malç uygulamasını, daha yüksek toprak verimliliği ve biyolojik aktivite nedeniyle toprak kalite indeksini %7.2 oranında önemli ölçüde artırdığını, şeffaf biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç ve şeffaf polietilen plastik malç uygulamalarının toprak kalite indeksini sırasıyla %3.2 ve %3.8 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilen siyah plastik malç filmin yazlık dane mısır verimini %30.35 kadar önemli düzeyde artırdığı dolayısıyla biyolojik olarak parçalanabilen siyah plastik malç filmin Kuzey Çin ovasında toprak kalitesini ve mısır üretimini iyileştirmek için polietilen plastik malç filme potansiyel bir alternatif olduğunu bildirmişlerdir.

Bo et al (2023) polietilen plastik malçlamanın değişik sürelerine sahip (3 yıldan 27 yıla değişen) 15 farklı araziden toplanan 75 toprak örneği analiz edilerek tarım arazisinin üst katmanında (0-40 cm) toprağa karışan artık plastik filmin yoğunluğunu (Deneme I) araştırmışlardır. Ayrıca, 8 yıllık bir arazi denemesi temel alınarak uzun süreli polietilen plastik malç ve polietilen plastik malç + biyolojik olarak parçalanabilir malç ile malçlamanın toprak sağlığı üzerindeki etkisini (Deneme II) incelemişlerdir. Malçsız uygulama ile karşılaştırıldığında, uzun süreli polietilen plastik malç uygulamasının önemli ölçüde agregat stabilitesini artırdığı, toprak pH'sını ve sükras enzim aktivitesini sırasıyla %1.5 ve %33.4 oranında azalttığını gözlemlemişlerdir. Polietilen malç + biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç ve polietilen plastik malç uygulamaları arasında toprak organik madde, toprak

mikrobiyal biyokütle C, toprak mikrobiyal biyokütle N içerikleri ve toprakların enzimatik aktiviteleri bakımından önemli farklılıklar gözlemlenmediğini ifade etmişlerdir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik malçın, toprak sağlığını iyileştirmek için polietilen plastik malç filme umut verici bir alternatif olarak tarım uygulamalarında kullanılabilirliğinin tespit edildiğini rapor etmişlerdir.

Mu et al (2023) siyah geleneksel plastik film, beyaz çözünür plastik film, siyah çözünür plastik film ve siyah CO₂ bazlı çözünür plastik film uygulamalarının toprak fizikokimyasal özellikleri, kök büyümesi ve verim ile toprak kalitesi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Parçalanabilir plastik filmlerin topraktaki su içeriğinin ve sıcaklığının, geleneksel plastik filmlerden farklı derecelerde daha düşük olduğunu göstermiş; uygulamalar arasında toprağın organik madde içeriği açısından önemli bir fark olmadığını gözlemlemişlerdir. Siyah geleneksel plastik filme kıyasla siyah CO₂ bazlı çözünür plastik film uygulamasının toprağın kullanılabilir potasyum içeriği daha düşük olduğu gözlemlenmiştir. Siyah geleneksel plastik film ve beyaz çözünür plastik film ile karşılaştırıldığında siyah çözünür plastik film ve siyah CO₂ bazlı çözünür plastik film uygulamalarında toprak toplam azotu ve yarıyışlı azot içerikleri daha düşük bulunmuş ve uygulamalar arasındaki farkın önemli düzeylere ulaştığı belirtilmiştir. İki tip siyah bozunabilir plastik film, yüksek sıcaklıktaki üretim sezonunda sıradan plastik filmin yerini etkili bir şekilde alabileceği bildirilmiştir.

Yang et al (2023) üç adet biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç film (BPM) ve bir polietilen plastik malç film (PPM) uygulamasının, toprak ve kışlık patates üzerindeki etkilerini değerlendirmişlerdir. Farklı uygulamalar altındaki malç filmlerin bozunma oranlarının, BPM3>BPM2>BPM1>PPM olarak sıralandığını ve malç filmlerin bozunma oranlarının toprak özellikleri ve bitki besin maddeleri, toprak bakteri topluluğunun yapısı ve kışlık patatesin verim özellikleri üzerinde belirgin etkileri olduğunu gözlemlemişlerdir. Polietilen plastik malç filmlere kıyasla, biyolojik olarak parçalanabilir filmlerin parçalanmasının, toprak suyu içeriğini ve sıcaklığı azalttığı ve kışlık patatesin bitki gelişiminin son aşamasında üst toprakta bitki besin elementlerinin kaybını azalttığını belirlemişlerdir. Polietilen plastik malç filmleri ile karşılaştırıldığında, uygun bozunma oranlarına sahip biyolojik olarak parçalanabilir plastik malç filmlerinin, toprak suyu ve sıcaklığı üzerindeki etkileri yoluyla topraktaki toplam azot ve nitrat azotu düzeylerini düzenlediği ve devamında da kışlık patates verimini artırdığını belirtmişlerdir.

Palansooriya et al (2023) inkübasyon çalışması ile tarımsal bir toprağın kimyasal özellikleri ve bakteri toplulukları üzerine düşük yoğunluklu polietilen mikroplastiklerin ağırlıkça yüzde olarak farklı konsantrasyon düzeylerinin (%0, 0.1, 1, 3, 5 ve 7) etkilerini araştırmışlardır. Düşük yoğunluklu polietilen mikroplastik ilavesinin toprak pH'sını şiddetli bir biçimde değiştirmediğini bunun yanı sıra %1-7 arasındaki düşük yoğunluklu polietilen mikroplastik konsantrasyonlarının elektriksel iletkenliği önemli ölçüde artırdığını ve daha yüksek konsantrasyonların (%3-7 arası) ise toplam değiştirilebilir katyonları önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Ayrıca, farklı mikroplastik konsantrasyon düzeylerinin toprağın kimyasal özelliklerini ve mikrobiyal bileşimini dikkate değer şekilde değiştirdiğini ve bunun da toprak ekosistemlerinin ekolojik işlevlerini potansiyel olarak değiştirebileceğini ifade etmişlerdir.

Xue et al (2023) farklı plastik film malçlamanın 2020 ve 2021 yıllarında mikrobiyal cansız biyokütle (necromass) karbon birikimine ve onun toprak toplam karbonuna katkısını araştırmışlardır. Polietilen plastik film malçlama ve malçsız (kontrol) ile karşılaştırıldığında, biyolojik olarak parçalanabilir plastik film ile malçlamanın mantar cansız biyokütle C birikimini azalttığını gözlemlemişlerdir. Ancak bakteri cansız biyokütle C ve toprak toplam karbon içeriğinin, plastik film malçlamasından etkilenmediği belirtilmiştir. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik film ile malçlamanın, mısır hasadından sonra toprağın çözünmüş organik C içeriğini azalttığını da saptamışlardır. Biyolojik olarak parçalanabilir plastik film ile malçlamanın, substratın elverişliliğini değiştirerek, mantar cansız biyokütle C birikimini, toprak pH'sını ve toprak karbonun depolanması için potansiyel etkilere sahip mantar topluluğunun kompozisyonunu azaltabileceğini rapor etmişlerdir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanının Tanımı

Tez çalışması, Türkiye Bilimsel Araştırma ve Teknoloji Kurumu (TÜBİTAK) tarafından “218O069” proje numarası ile desteklenen, “Biyobozunur Malçların Tarımsal Performansları ve Topraktaki Ayırışma Süreçleri” isimli araştırma projesinin gerçekleştirilmesi amacıyla 2019-2022 yılları arasında üç (3) yıllık olarak kurulan çakılı arazi denemesi alanında 2021 ve 2022 yıllarında iki yıl süreyle yürütülmüştür. Çakılı arazi denemesi, Çarşamba ilçesinin yaklaşık 5 km batısında Samsun-Çarşamba karayolu kenarında yer alan Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü’nün Ambarköprü Araştırma ve Deneme İstasyonuna ait arazide (41°13’09” N- 36°40’03” E; deniz seviyesinden yükseklik 17 m) yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Çakılı arazi denemesinin genel görünümü

Ambarköprü Araştırma ve Deneme İstasyonu, ülkemizin ve Karadeniz bölgesinin en önemli tarımsal ovalarından birisi olan Çarşamba ovasında yer

almaktadır. Yeşilırmak nehrinin taşıdığı sedimentler tarafından oluşturulan ve yaygın olarak alüviyal toprakların dağılım gösterdiği Çarşamba ovasındaki topraklar genelde vertisol, entisol ve inceptisol ordolarında sınıflandırılmaktadır. Ayrıca topoğrafik yapının ve su kaynaklarının uygun ve yeterli olması nedeniyle ovada sulu tarım yöntemleri kullanılarak domates, biber, şeftali, elma, kiraz, mısır, soya, fındık, çeltik gibi çok çeşitli ürünlerin yetiştiriciliği yapılmaktadır.

3.1.2. Çakılı Deneme Alanının Temel Toprak ve İklim Özellikleri

Çakılı deneme alanının temel toprak özelliklerinin tanımlanmasına yönelik toprak örneklemeleri 2019 yılı Nisan ayı içerisinde gerçekleştirilmiştir. Temel toprak özelliklerine ilişkin örneklemelerin tamamlanmasından sonra çakılı deneme arazisinde, 2019 yılında 218O069 numaralı ve “Biyobozunur Malçların Tarımsal Performansları ve Topraktaki Ayrışma Süreçleri” isimli projenin birinci yıl arazi çalışmaları yürütülmüştür. 2019 yılında dünyada ve ülkemizde yaşanan COVID-19 salgını nedeniyle 218O069 numaralı projenin 1 Mayıs 2020-30 Nisan 2021 tarihleri arasında bir (1) yıl süreyle durdurulması nedeniyle çakılı deneme arazisinde 2020 yılında yazlık ve kışlık olmak üzere iki dönem yeşil gübreleme amaçlı fiğ bitkisinin yetiştiriciliği yürütülmüştür. 2021 yılında 218O069 numaralı projenin tekrar yürürlüğe girmesi ile çakılı arazi denemesine tekrar başlanılmış ve 2021 yılındaki bitki yetiştiricilik sezonu tez çalışmasında birinci yetiştiricilik yılı olarak adlandırılmıştır. Bu nedenlerden dolayı tez çalışmasında çakılı deneme alanının temel toprak özelliklerinin belirlenmesinde 218O069 numaralı proje kapsamında 2019 yılı ekim öncesi döneminde alınan toprak örnekleri kullanılmıştır.

Çakılı deneme arazisi temel toprak özelliklerine ilişkin sonuçlar Tablo 3.1’de sunulmuştur. Ekim öncesi dönemde iki farklı derinlikten (0-20 cm ve 20-40 cm) alınan bozulmuş toprak örneklerinde tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içerikleri), organik madde (OM), pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç (CaCO_3), toplam azot (TN), yarayışlı fosfor (YP), alınabilir potasyum (AK), demir (Fe), çinko (Zn), bakır (Cu) ve mangan (Mn) analizlerine ilişkin analizler yapılmıştır. Topraklarının hacim ağırlığı (HA) analizleri bozulmamış toprak örneklerinde yürütülmüştür.

Çalışma alanının iklim özelliklerinin belirlenmesinde Samsun Meteoroloji 10. Bölge Müdürlüğü’nün Çarşamba İstasyonundan elde edilen veriler kullanılmıştır. Çalışma alanının iklim özelliklerinin değerlendirilmesinde tez çalışmasının yürütüldüğü her iki yılda test bitkisinin yetiştirildiği ve bitki yetiştiricilik sezonu

olarak adlandırılan periyotlardaki günlük ortalama sıcaklık (°C) ve toplam yağış miktarlarına (mm) ilişkin iklim verileri kullanılmıştır. Çakılı deneme alanında 2021 ve 2022 yılları bitki yetiştiricilik sezonlarına ait günlük ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarlarına ait grafikler sırasıyla Şekil 3.1 ve 3.2’de verilmiştir.

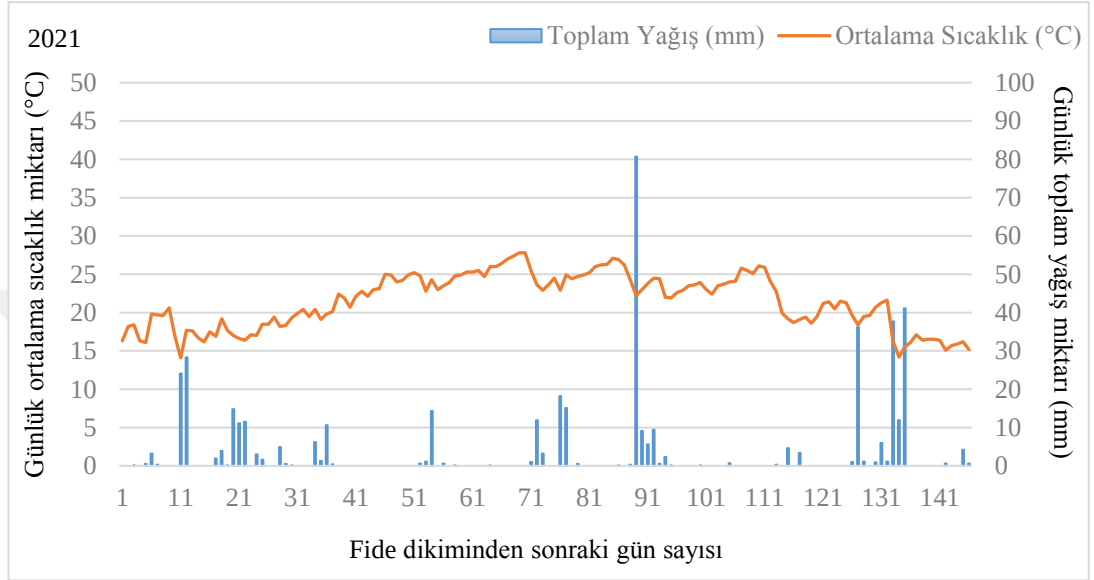
Tablo 3. 1. Çakılı deneme arazisinin bazı temel toprak özellikleri

Toprak Özellikleri*	Birimi	Derinlik		Verilerin Değerlendirmesi	
		0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Kil	%	28.36	26.96		
Silt	%	36.71	35.76		
Kum	%	34.94	37.27		
Tekstür Sınıfı		Killi Tın	Tın		
Hacim Ağırlığı (HA)	g cm ⁻³	1.62	1.66		
pH		7.61	7.62	Hafif Alkalin	Hafif Alkalin
Elektriksel İletkenlik (EC)	dS m ⁻¹	0.13	0.13	Tuzsuz	Tuzsuz
Kireç (CaCO ₃)	%	11.57	13.30	Orta Kireçli	Orta Kireçli
Organik Madde (OM)	%	2.42	2.80	Orta	Orta
Azot (N)	%	0.09	0.08	Yeterli	Az
Fosfor (P)	mg kg ⁻¹	28.83	22.18	Fazla	Yeterli
Potasyum (K)	mg kg ⁻¹	87.03	66.71	Az	Az
Demir (Fe)	mg kg ⁻¹	0.84	0.85	Az	Az
Bakır (Cu)	mg kg ⁻¹	0.33	0.32	Yeterli	Yeterli
Çinko (Zn)	mg kg ⁻¹	0.09	0.09	Çok az	Çok az
Mangan (Mn)	mg kg ⁻¹	2.55	2.24	Çok az	Çok az

*: Temel toprak özelliklerine ilişkin sonuçlar, 2180069 numaralı projeye ait çakılı arazi denemesinin ilk kurulduğu 2019 yılının ekim öncesine dönemine ait verileri içermektedir.

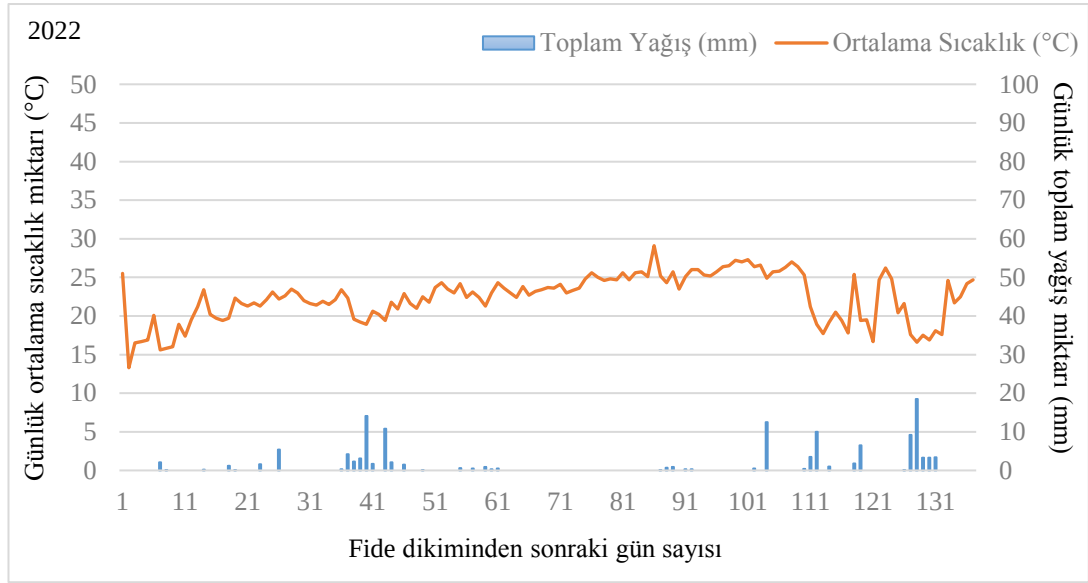
Çakılı arazi denemesinin birinci bitki yetiştiricilik sezonunda (2021 yılı) en düşük ve en yüksek günlük ortalama sıcaklıklar sırasıyla mayıs ayında 14.1 °C ve temmuz ayında 27.8 °C olarak ölçülmüştür. Ayrıca eylül ayının 14.2 °C günlük ortalama sıcaklık ile en soğuk ikinci ay, ağustos ayının da 27.1 °C günlük ortalama sıcaklık ile en sıcak ikinci ay oldukları tespit edilmiştir. Bunların yanı sıra mayıs ayının 17.7 °C aylık ortalama sıcaklık ve temmuz ayının da 24.9 °C aylık ortalama sıcaklık ile bitki yetiştiricilik sezonun en soğuk ve en sıcak ayları oldukları da görülmüştür. Birinci bitki yetiştiricilik sezonu boyunca toplam yağış miktarı 454.7 mm olarak ölçülürken yetiştiricilik sezonu içerisinde en fazla aylık toplam yağışlar eylül ve ağustos aylarında sırasıyla 145.3 mm ve 108.9 mm olarak ölçülmüştür. Yetiştiricilik sezonu içerisindeki en düşük aylık toplam yağışlar ise bütün bir

yetiştiricilik sezonunun periyodunda diğer aylara göre daha düşük gün sayılarına sahip olan ekim (5.4 mm) ve mayıs (62.4 mm) aylarında ölçülmüştür. Bunlarla birlikte günlük toplam yağış miktarları dikimden sonraki gün sayıları bakımından incelendiğinde en yüksek günlük toplam yağışın 80.7 mm olarak ağustos ayı içerisinde dikimden sonraki 89. günde gerçekleştiği görülmüştür (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Birinci bitki yetiştiricilik sezonuna (2021 yılı) ait ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarları

Çakılı arazi denemesinin ikinci bitki yetiştiricilik sezonunda (2022 yılı) en düşük günlük ortalama sıcaklık mayıs (13.3 °C) ayında ölçülürken mayıs ayı aynı zamanda 18.3 °C aylık ortalama sıcaklık ile bitki yetiştiricilik sezonunun en soğuk ayı olmuştur. Buna karşın ağustos ayının da en yüksek günlük ortalama sıcaklık (29.1 °C) ve aylık ortalama sıcaklık (23.5 °C) değerleri ile ikinci bitki yetiştiricilik sezonunun en sıcak ayı olduğu görülmüştür. İkinci yetiştiricilik sezonu 130 mm toplam yağış miktarı ile birinci yetiştiricilik sezonuna oranla çok daha kurak bir yetiştiricilik sezonu olmuştur. İkinci yetiştiricilik sezonunda eylül ayı 61 mm aylık toplam yağış miktarı ile en yağışlı ay olurken, bütün bir yetiştiricilik sezonu periyodunda diğer aylara göre daha düşük gün sayısına sahip olan mayıs ayının ise 2.4 mm aylık toplam yağış miktarı ile en kurak ay olduğu görülmüştür (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. İkinci bitki yetiştiricilik sezonuna (2022 yılı) ait ortalama sıcaklık ve toplam yağış miktarları

İkinci bitki yetiştiricilik sezonundaki günlük toplam yağış miktarları dikimden sonraki gün sayıları bakımından incelendiğinde ise en yüksek günlük toplam yağışın 18.5 mm olarak eylül ayı içerisinde dikimden sonraki 128. günde gerçekleştiği tespit edilmiştir (Şekil 3.3).

3.1.3. Denemede Kullanılan Malç Materyallerinin Özellikleri

Tez çalışmasının yürütüldüğü çakılı arazi denemesi kapsamında kontrol ile birlikte dört farklı malç materyalinin uygulama etkileri araştırılmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. Çakılı arazi deneme çalışması ile etkileri araştırılan malç materyallerinin bazı temel özellikleri

Malç Materyali*	Ana Bileşeni	Kalınlık (µm)	Yoğunluk (g m ⁻²)	Renk
GPM	Düşük yoğunluklu polietilen (LLPE)	45	----	Siyah
BPM-1	Polilaktik asit (PLA)	15	----	Siyah
BPM-2	Polikarpolakton (PCL)	40	----	Siyah
BKM	Selüloz	----	1.25	Kahverengi

GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç.

*: GPM ve BKM materyalleri Türkiye’de, BPM-1 materyali İspanya’da, BPM-2 materyali Fransa’da üretilmiştir.

Uygulama etkileri araştırılan malç materyalleri; geleneksel polietilen plastik malç (GPM), farklı yenilenebilir biyo polimerler ve formülasyonlar kullanılarak üretilmiş iki farklı yeni nesil biyobozunur plastik malç (BPM-1, BPM-2) ve biyobozunur nitelikte kağıt malç (BKM) olmak üzere farklı materyal özelliklerine sahiplerdir (Tablo 3.2).

3.1.4. Çakılı Arazi Denemesinde Yetiştiriciliği Yapılan Test Bitkisinin Özellikleri

Çakılı arazi denemesinde test bitkisi olarak, Karadeniz bölgesinde yaygın olarak üretimi yapılan kapyalı biber bitkisinin [*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish] Arya F1 Hybrid çeşidi yetiştirilmiştir (Şekil 3.4). Üretici firma bilgisine göre Arya F1 Hybrid kapyalı biber çeşidi; verimliliği yüksek, hastalıklara ve zararlılara karşı dayanıklı, üçgenimsi şekle ve parlak kırmızı görünümüne sahip, hasat edildikten sonra uzun süre taze kalabilen, boğum arası orta ve erkenci bir çeşit özelliklerindedir.

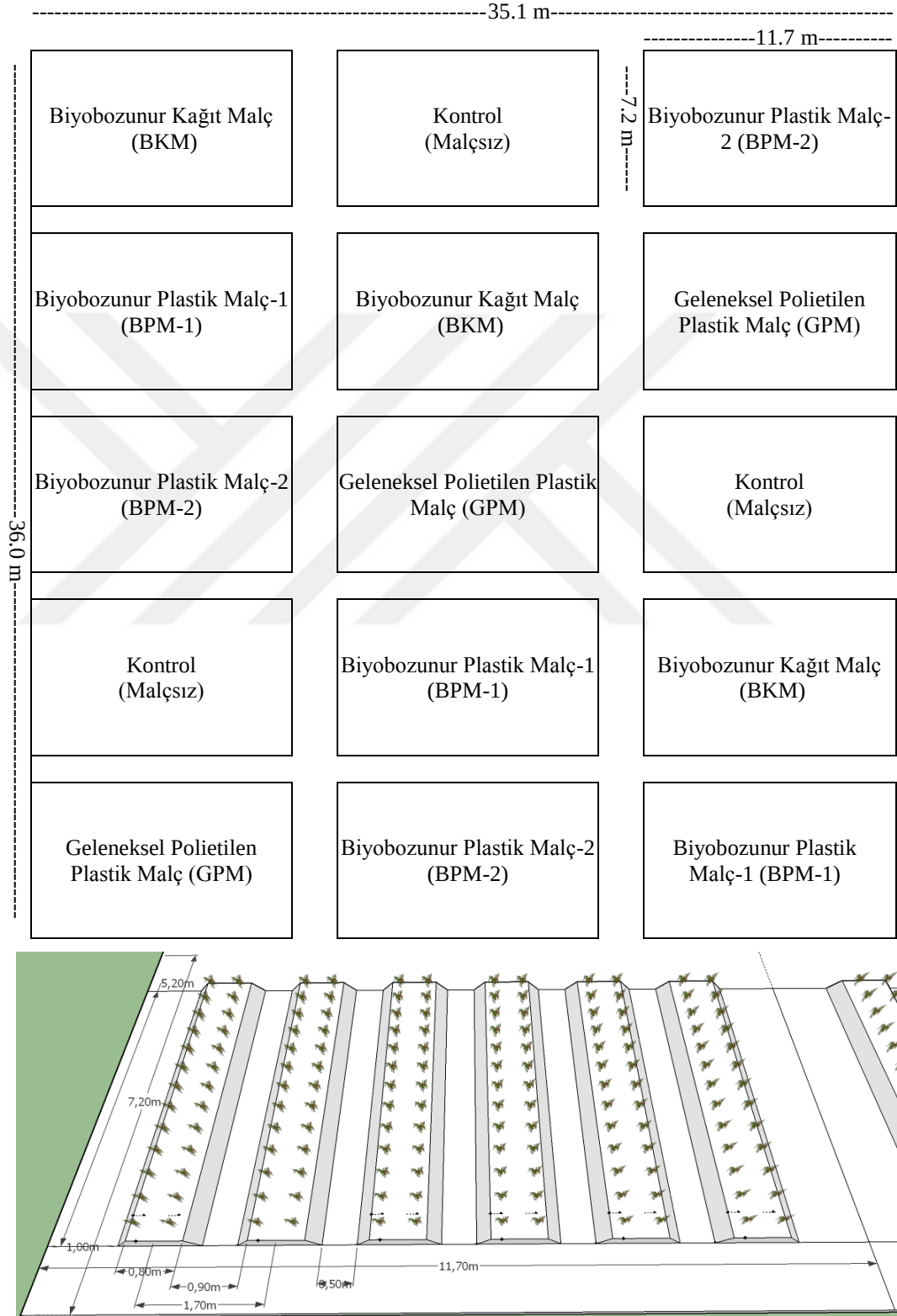


Şekil 3.4. Test bitkisi olarak yetiştiriciliği yapılan kapyalı biber bitkisinin yetiştiricilik sezonu içerisindeki farklı bitki gelişim dönemleri

3.2. Yöntem

Tez çalışması, TÜBİTAK tarafından “218O069” proje numarası ile desteklenen “Biyobozunur Malçların Tarımsal Performansları ve Topraktaki

Ayrışma Süreçleri” isimli proje kapsamında 2019-2022 yılları arasında toplamda üç yıl süreyle yürütülen çakılı arazi denemesinin 2021 ve 2022 yıllarındaki bitki yetiştiricilik sezonlarına ait toprak özellikleri ile ilgili iki yıllık arazi sonuçlarını içermektedir.



Şekil 3.5. Çakılı arazi denemesinin planı ve parsellerdeki masura ebatları

Çakılı arazi denemesi, Tesadüf Blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede bitki yetiştiriciliği, 11.7 m genişliğinde ve 7.2 m boyunda ($11.7 \times 7.2 = 84.24 \text{ m}^2$) oluşturulan parsellerde yapılırken, bitki fidelerinin dikimi ise her bir parsel içerisinde 80 cm genişliğinde ve 20 cm yüksekliğinde hazırlanan 6 adet masura yüzeyine gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.5). Denemede kapy biber bitkisinin yetiştiriciliği 2021 yılındaki birinci bitki yetiştiricilik sezonunda 13 Mayıs-5 Ekim tarihleri arasındaki periyotta, 2022 yılındaki ikinci bitki yetiştiricilik sezonunda ise 18 Mayıs-1 Ekim tarihleri arasındaki periyotta yapılmıştır.

Çakılı arazi denemesinin yürütülmesi sırasında gerçekleştirilen ve tez çalışmasının yönteminde yer alan çalışmalar, arazideki yürütülme sırasına göre aşağıda detaylandırılmıştır.

3.2.1. Yeşil Gübre Bitkisinin Yetiştirilmesi Sırasında Gerçekleştirilen Arazi Çalışmaları

Çakılı arazi denemesinin yürütüldüğü alanda yeşil gübre bitkisinin yetiştiriciliğine ilk olarak TÜBİTAK tarafından desteklenen proje kapsamında 2018 yılı sonbahar döneminde başlanmıştır. Bu dönemde yeşil gübre bitkisinin yetiştiriciliğinin ilk aşaması olarak deneme alanı toprakları kulaklı pulluk ile 13-18 cm derinlikte sürülmüştür. İkinci aşamada, pullukla işlenmiş deneme alanı topraklarına $12 \text{ kg tohum da}^{-1}$ hesabı ile yeşil gübre olarak kullanılacak fiğ bitkisinin (*Vicia villosa* L.) tohum ekimi, el ile gerçekleştirilmiştir. En son aşamada ise deneme alanına el ile saçılmış olan fiğ bitkisi tohumları toprak frezesi kullanılarak yapılan toprak işleme ile toprağa karıştırılmıştır (Şekil 3.6). Yeşil gübre bitkisinin tohum ekiminin tamamlanmasından sonra Nisan ayına kadar olan dönemde deneme alanında başkaca bir toprak işleme yapılmamıştır.

Nisan ayı içerisinde fiğ bitkisi çiçeklenme dönemi başlangıcında iken çakılı deneme alanında ilk olarak kapy biber bitkisi yetiştiricilik sezonu başlangıcındaki toprak örneklemeleri gerçekleştirilmiştir. Ekim öncesi dönem olarak tanımlanan bu dönemdeki toprak örneklemeleri tamamlandıktan sonra kışlık olarak yetiştirilen yeşil gübre bitkisi pulluk ile toprak içerisine sürülmüştür (Şekil 3.6).

Çakılı arazi denemesinin yürütüldüğü ardışık yıllarda yeşil gübre amaçlı fiğ bitkisinin deneme alanına tekrarlanan ekimleri sonbahar döneminde gerçekleştirilmiştir. Bu dönemde deneme alanında ilk olarak kapy biber bitkisinin



Şekil 3.6. Yeşil gübre bitkisinin tohum ekimi, yetiştirme sezonu içerisindeki gelişimi ve toprak içerisine işlenmesi

yetiştiriciliği sonlandırılmıştır. Yetiştiricilik süreci her bir uygulama parselinde bitkilerdeki meyvelerin hasadının tamamlanmasından sonra masura yüzeylerindeki bitkiler sökülmesi ile sonlandırılmıştır. Daha sonra bitki yetiştiricilik sezonu içerisinde masura yüzeylerine serilmiş olan kullanılmış malç materyalleri, deneme alanından uzaklaştırılmadan pulluk ile yapılan toprak işlemler ile her bir uygulama parselinde doğrudan toprak içerisine sürülmüşlerdir. Malç materyallerinin toprak içerisine işlenmesinin hemen sonrasında aynı gün deneme alanına yeşil gübre amaçlı fiğ bitkisinin sonbahar dönemi tohum ekimleri gerçekleştirilmiştir.

Çakılı arazi denemesi alanında yeşil gübre amaçlı fiğ bitkisinin yetiştiriciliğine 2018-2022 yılları arasındaki periyotta her yıl devam edilmiştir. Yeşil gübre bitkisinin yetiştiriciliği ve toprak içerisine işlenmesi sırasında çakılı arazi denemesi alanında yürütülen tüm arazi işlemleri (toprak işlemler, ekilen tohum miktarı, tohum ekim yöntemi, vb.) her yıl aynı sıralama ile tekrar edilmiştir. Dolayısıyla tez çalışmasının yürütüldüğü 2021 ve 2022 yıllarında da Kasım–Nisan ayları arasındaki periyotta çakılı arazi deneme alanı topraklarının organik madde içeriğini artırmak amacıyla

yetiştirilen yeşil gübre bitkisi ile ilgili tüm arazi işlemleri yukarıda belirtilen sıralamalar takip edilerek gerçekleştirilmiştir.

3.2.2. Kapy a Biber Yetiştiricilik Sezonuna Hazırlık için Yürütülen Arazi Çalışmaları

Çakılı deneme arazisinin kapy a biber bitkisi [*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish] yetiştiricilik sezonuna hazırlanması amacıyla yürütülen çalışmalara her yıl yeşil gübre bitkisinin toprak içerisine işlenmesinden yaklaşık 2-3 hafta sonra başlanılmıştır.

Bu dönemde ilk olarak yeşil gübre bitkisinin toprak içerisine pulluk ile işlenmesi nedeniyle deneme arazisinde oluşan yüzey pürüzlülüğünün azaltılması ve tohum yatağının hazırlanması amacıyla toprak frezesi ile toprak işleme yapılmıştır. Daha sonra deneme arazisinde Vural vd. (2000) tarafından kapy a biber bitkisi için önerildiği şekliyle toplam 20 kg N da⁻¹, 10 kg P₂O₅ da⁻¹ ve 25 kg K₂O da⁻¹ olacak şekilde temel gübreleme yapılmıştır. Temel gübreleme amacıyla uygulanacak gübre miktarlarına, deneme alanında her bir kapy a biber yetiştiricilik sezonu ekim öncesi döneminde gerçekleştirilen toprak örneklemeleri ile alınan toprak örneklerinde yürütülen toprak analiz sonuçlarına göre karar verilmiştir. Deneme arazisinde kapy a biber yetiştiriciliği sırasında başkaca bir gübreleme yapılması planlanmadığı için ekim öncesi dönem toprak analizleri, yetiştiricilik sezonu için bitki ihtiyaçlarına ve toprak koşullarına en uygun şekilde gübreleme planlanmasının yapılabilmesi için kritik öneme sahip olmuştur. Çalışmanın her iki yılında da bitki yetiştiricilik sezonu için hesaplanan gübre miktarları, deneme arazisinde masuralar oluşturulmadan önce el ile arazi yüzeyine serpilmiştir.

Deneme alanında temel gübrelemenin tamamlanmasından sonra bitki yetiştiriciliğinin yapılacağı parseller oluşturulmuştur. Çakılı deneme arazisinde her bir uygulama parseli 11.7 x 7.2 m (84.24 m²) boyutlarında olacak şekilde hazırlanmıştır. Boyutları kesinleştirilen deneme parsellerinin içerisinde daha sonra fide dikiminin gerçekleştirileceği 80 cm genişliğinde ve 20 cm yüksekliğinde 6 adet masura (sıra) hazırlanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Deneme arazisinde masuraların oluşturulması ve parsel boyutlarının belirlenmesi

Masuraların belirlenen ölçülerde oluşturulmasından sonra deneme alanına ve parsel içerisinde oluşturulan masuraların yüzeylerine damla sulama sisteminin montajı gerçekleştirilmiştir. Sulama sisteminin kurulumunun tamamlanması sonrasında deneme parselleri ve masuralar malç materyallerinin serilmesi için hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Çakılı deneme alanında damla sulama sisteminin kurulumu ve masura yüzeylerine malç materyallerinin serilmesi

Damlama sulama sisteminin kurulumunun tamamlanmasından sonra uygulama parsellerindeki masura yüzeylerine malç materyallerinin serilmesi işlemi

gerçekleştirilmiştir. Masura yüzeylerine malç materyallerinin serilmesi işlemi el ile yapılmıştır. Ayrıca bu süreçte tüm parseller arasında homojen bir malç yüzeyinin oluşturulması amacıyla el ile malç serme işlemi dikkatle ve titizlikle yönetilmiştir (Şekil 3.8).

Masura yüzeylerine malç materyallerinin serilmesi ile ilgili tüm işlemlerin tamamlanması sonrasında çakılı arazi denemesi ile etkileri araştırılan tüm uygulama parsellerinde üçüncü masuralara nem ve sıcaklık sensörleri yerleştirilmiştir. Nem ve sıcaklık sensörleri, 0-20 cm, 20-40 cm ve 40-60 cm toprak derinliklerini temsil edecek şekilde ölçümlerin yapılabilmesi amacıyla masura yüzeyinden itibaren 10 cm, 30 cm ve 50 cm derinliklere yerleştirilmiştir. Masuraların farklı derinliklerine yerleştirilen bu sensörlerden her bir sulama uygulaması öncesi okunan toprak nem verileri, farklı malç uygulamaları altındaki parsellere uygulanacak sulama suyu miktarlarının hesaplanması için kullanılmıştır.

Malç uygulama parsellerinde nem ve sıcaklık sensörlerinin yerleştirilmesi ile ilgili tüm çalışmalar tamamlandıktan sonra masura yüzeylerinde sıra arası 50 cm ve sıra üzeri 40 cm mesafe olacak şekilde açılan dikim deliklerine el ile kapy biber bitkisi fidelerinin dikimi gerçekleştirilmiştir. Fide dikiminin tamamlanması ile çakılı arazi deneme alanında kapy biber bitkisi yetiştiricilik sezonuna başlanılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Deneme alanında malç uygulama parsellerindeki masura yüzeylerinde açılan dikim deliklerine fide dikimi

3.2.3. Kapy Biber Yetiştiricilik Sezonu İçerisinde Yürütülen Arazi Çalışmaları

Tez çalışmasının yürütüldüğü her iki yetiştiricilik sezonunda bitki yetiştiriciliğine yönelik sulama uygulamaları, masura arası alanların çapalanması,

fide dikim deliklerinde el ile yabancı ot mücadelesi, kontrol parsellerinin yüzeyinden el ile yabancı ot mücadelesi, hastalık ve zararlılara karşı bitki koruma amaçlı ilaçlama ve olgunlaşan meyvelerin hasadı gibi çok çeşitli bakım ve kültürel uygulama amaçlı arazi çalışmaları yürütülmüştür.

3.2.4. Çakılı Deneme Alanında Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizlerin Yapılması

Toprak örneklemeleri, kapa biber yetiştiriciliğinin yapıldığı 2021 ve 2022 yıllarında bitki yetiştiricilik sezonlarının ekim öncesi ve hasat sonrası dönemlerinde olmak üzere toplamda dört farklı dönemde gerçekleştirilmiştir. Toprak örnekleri 0-20 cm ve 20-40 cm olmak üzere iki farklı toprak derinliğinden alınırken toprak örneklemeleri de bozulmuş ve bozulmamış örnek alma esasına göre 3 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Ekim öncesi dönem toprak örneklemeleri, nisan ayında yeşil gübre olarak ekilen fiğ bitkisi çiçeklenme dönemi başlangıcında iken gerçekleştirilmiştir. Hasat sonrası dönem toprak örneklemeleri ise meyvelerin hasat dönemi tamamlanarak bitkilerin masuralardan sökûlmeleri sonrasında gerçekleştirilmiştir.

Bozulmuş toprak örnekleri, her bir uygulama parselinde üç farklı noktadan kürek yardımıyla alınan toprak örneklerinin bir plastik kova içerisinde karıştırılması ile elde edilen toprak karışımından örneklenmiştir. Toprak örnekleri plastik poşetlere konularak etiketlenmiştir. Bozulmamış toprak örnekleri ise 5 cm çapında 5 cm yüksekliğinde paslanmaz çelik ringler kullanılarak parsel içerisinde üç farklı noktadan alınmıştır. Ayrıca alınan bozulmamış toprak örneklerinin hem ringlerden dökûlme yoluyla hacimsel kayıplarının engellenmesi hem de arazi koşullarındaki başlangıç nem içeriklerinin korunması amacıyla bozulmamış örnek alınan paslanmaz çelik ringler streç film ile paketlenmiş ve sonrasında da etiketlenerek koruma altına alınmışlardır.

Toprak örneklemelerinin tamamlanmasından sonra bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri, deneme arazisinden Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakûltesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme laboratuvarlarına nakledilmişlerdir. Laboratuvarda oda koşullarında kurutulan bozulmuş toprak örnekleri tahta tokmak ile dövûldükten sonra 2 mm'lik elekten elenerek ve tekrar poşetlenerek analize hazır hale getirilmiştir. Laboratuvara nakledilen bozulmamış toprak örnekleri ise Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında yer alan buzdolaplarına yerleştirilmiş

ve örneklerde yapılacak analizlere başlanıncaya kadar +4 °C sıcaklıkta muhafaza edilmişlerdir. Bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde yürütülen tüm analizler Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü laboratuvarlarında yürütülürken analizlere ilişkin detaylar ise aşağıda verilmiştir.

Bozulmuş toprak örneklerinde yürütülen analizler:

Tekstür (bünye): Gee and Boudier (1986)'den yararlanılarak Bouyoucos Hidrometre yöntemine göre belirlenmiştir.

Tarla kapasitesi (TK) ve Daimi solma noktası (DSN) (%): Toprak örnekleri suyla doymuş hale getirildikten sonra seramik pleytler kullanılarak basınçlı pleyt membran sisteminde toprak neminin uzaklaştırılması esasına göre belirlenmiştir. Tarla kapasitesi değerleri 0.33 atmosfer (atm), daimi solma noktası değerleri ise 15 atmosfer (atm) basınçta belirlenmiştir (Klute, 1986).

Organik madde (OM) (%): Nelson and Sommers (1982) tarafından bildirilen modifiye edilmiş Walkey-Black yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Toplam azot (TN) (%): Bremner (1965) tarafından bildirilen Kjeldahl yöntemi kullanılarak belirlenmiştir.

Karbon/Azot Oranı: Toprak örneklerinde kütle olarak belirlenen organik karbonun toplam azota oranlaması sonrasında hesap yoluyla bulunmuştur.

pH: Toprak örnekleri 1:2 oranında hazırlanan toprak:saf su karışımında pH metre kullanılarak belirlenmiştir (Hendershot et al., 1993).

EC (dS m^{-1}): Toprak örneklerinde 1:2 oranında hazırlanan toprak: saf su karışımında EC metre kullanılarak belirlenmiştir (Rhoades, 1986).

Bozulmamış toprak örneklerinde yürütülen analizler:

Hacim ağırlığı (g cm^{-3}): Blake and Hartge (1986)'e göre bozulmamış toprak örneklerinde belirlenmiştir.

Doymuş hidrolik iletkenlik (DHİ): Klute ve Dirksen (1986) tarafından belirtildiği şekilde sabit bir hidrolik yük altında belirli bir kalınlıktaki toprak sütununun gözeneklerinden birim zamanda geçen suyun ölçülmesi ile belirlenmiştir.

Arazide gerçekleştirilen toprak örneklemleri sırasında bozulmamış toprak örneklemleri, her bir uygulama parselinde ve örnekleme derinliklerinde paslanmaz elik ringler kullanılarak 3 adet ayrı olarak örneklenmiştir. Bu nedenle bozulmamış toprak örneklemlerinde gerçekleştirilen analizler sonrasında her bir tekerrüre ait sonuçlar bu üç örneğin ortalaması alınarak bulunmuştur.

3.2.5. Arazi Denemesinde Elde Edilen Sonuçların İstatistiksel Değerlendirilmesi

Tesadüf Blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülen çakılı arazi denemesinden elde edilen sonuçların değerlendirilmesinde SPSS 21.0 istatistik analiz programı kullanılmıştır. İstatistiksel değerlendirmeleri yapılarak sunulan sonuçlar iki yönlü varyans analizine tabi tutulmuş ve ortalamalar arasındaki farklılıkların istatistiksel açıdan önemli olup olmadığı çoklu karşılaştırma testleri ile belirlenmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprakların Tekstür Bileşenleri (Kil, Silt ve Kum İçerikleri), Hacim Ağırlığı ve Doymuş Hidrolik İletkenlik Özellikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri

İki yıl (2021 ve 2022 yılları) süreyle çakılı arazi denemesi olarak yürütülen tez çalışmasında deneme alanı topraklarının kil içeriği ile bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.1’de verilmiştir.

Tablo 4.1. Deneme alanı topraklarının kil içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	27.48	1.44	28.12	2.73
		GPM	26.55	0.96	29.81	1.57
		BPM-1	27.02	0.73	28.75	1.71
		BPM-2	26.26	1.90	28.81	0.15
		BKM	27.70	1.06	30.48	0.79
		Toplam (n=15)	27.00	1.22	29.20	1.64
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	27.05	1.01	29.58	2.07
		GPM	26.51	2.00	29.64	1.65
		BPM-1	26.75	1.85	29.59	0.56
		BPM-2	26.97	1.44	28.89	0.35
		BKM	27.06	2.18	29.70	1.88
		Toplam (n=15)	26.87	1.49	29.48	1.29
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	25.84	0.40	30.20	2.61
		GPM	25.40	0.74	31.89	2.60
		BPM-1	25.90	2.85	32.19	1.23
		BPM-2	25.91	2.87	31.36	2.21
		BKM	26.48	2.80	30.85	1.20
		Toplam (n=15)	25.91	1.92	31.30	1.90
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	25.59	2.79	31.74	2.06
		GPM	25.22	2.57	30.46	2.73
		BPM-1	25.85	1.95	32.15	2.28
		BPM-2	25.38	2.00	31.46	2.44
		BKM	26.92	0.17	30.99	1.37
		Toplam (n=15)	25.79	1.89	31.36	1.98

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Tabloda sunulan ortalama kil içeriğine ilişkin sonuçlar en yüksek ve en düşük değerler bakımından incelendiğinde, çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da toprakların kil içeriğinin örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamaları gibi çalışmadaki değişkenlik kaynaklarının etkisiyle düzensiz değişimler sergilediği görülmektedir (Tablo 4.1). Deneme alanında 2021 yılında

ekim öncesi dönemde yürütülen toprak örnekleme çalışmaları sonrasında en yüksek ortalama kil içeriği, yüzey (0-20 cm) toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde %27.70 olarak bulunurken, en düşük ortalama kil içeriği yine aynı toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde %26.26 olarak belirlenmiştir. Aynı toprak örnekleme döneminde 2022 yılında gerçekleştirilen toprak örnekleme sonuçları sonrasında en yüksek ve en düşük ortalama kil içeriklerinin yüzey toprak derinliğinde sırasıyla BKM uygulama parsellerinde %30.48 ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %28.12 olarak tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.1). Bunların yanı sıra deneme alanı topraklarının ekim öncesi toprak örnekleme dönemi kil içeriği ile ilgili değişimleri toplam ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde, çalışma alanında toprakların toplam ortalama kil içeriklerinin 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde %27.00 ve alt (20-40 cm) toprak derinliğinde %26.87, 2022 yılında ise yüzey toprak derinliğinde %29.20 ve alt toprak derinliğinde %29.48 olarak değiştiği görülmektedir (Tablo 4.1).

Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde kil içeriğine ilişkin en yüksek değerler 2021 yılında alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde (%26.92), 2022 yılında ise yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde (%32.19) ölçülmüştür. Buna karşın en düşük ortalama kil içerikleri ise 2021 yılında alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde (%25.22), 2022 yılında da yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%30.20) ölçülmüştür. Çalışma alanı topraklarının kil içeriğine ilişkin değişkenlikler toplam ortalama kil içerikleri üzerinden incelendiğinde ise, 2021 ve 2022 yılları için çalışma alanı topraklarının kil içerikleri yüzey toprak derinliğinde sırasıyla %25.91 ve %31.30 olarak ölçülürken, alt toprak derinliğinde de yine sırasıyla %25.79 ve %31.36 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.1).

Çalışma alanı topraklarının kil içeriği üzerine örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.2). Elde edilen varyans analiz sonuçları, deneme alanı topraklarının ortalama kil içeriğinin farklı örnekleme dönemlerinin etkisiyle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiğini ($p<0.001$) ortaya koymuştur. Buna karşın ortalama kil içeriği üzerine farklı toprak derinliklerinin ($p= 0.95$) ve malç uygulamalarının ($p=0.72$) anlamlı bir etkisinin bulunmadığı da görülmüştür.

Tablo 4.2. Deneme alanı topraklarının kil içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	543.26	3.00	181.09	51.33	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.02	1.00	0.02	0.01	0.95
Malç Uygulaması (MU)	7.37	4.00	1.84	0.52	0.72
ÖDxTD	0.85	3.00	0.29	0.08	0.97
ÖDxMU	16.03	12.00	1.34	0.38	0.97
TDxMU	3.66	4.00	0.92	0.26	0.90
ÖDxTDxMU	10.00	12.00	0.83	0.24	0.99
Hata	282.26	80.00	3.53		
Toplam	97393.52	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Ayrıca tez çalışmasında etkileri araştırılan değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin toprakların ortalama kil içeriklerinin değişkenliği üzerinde anlamlı bir etkisinin bulunmadığı da tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Çalışma alanı topraklarının silt içeriği ile ilgili bazı tanımlayıcı istatistiklere ilişkin sonuçları Tablo 4.3’de verilmiştir. Ekim öncesi toprak örnekleme döneminde en yüksek silt içeriği değerleri 2021 yılında %40.82 olarak alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde, 2022 yılında da yine aynı toprak derinliği ve malç uygulama parselinde %42.81 olarak tespit edilmiştir. Ekim öncesi toprak örnekleme dönemi en düşük silt içerikleri ise yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde 2021 yılında %34.13 olarak, 2022 yılında ise %37.59 olarak ölçülmüştür. Buna karşın hasat sonrası toprak örnekleme döneminde 2021 yılında en yüksek ve en düşük silt içeriklerinin yüzey toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde %41.77 olarak ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %35.83 olarak ölçülmüştür. 2022 yılına ait en yüksek ve en düşük silt içeriklerinin ise sırasıyla alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde %40.88 olarak ve yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde %34.95 olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.3).

Çakılı deneme alanı topraklarının silt içeriğinin değişkenliği toplam ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde, ekim öncesi örnekleme dönemlerinde toprakların toplam ortalama silt içerikleri yüzey toprak derinliğinde 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla %37.07 ve %39.08 olarak, alt toprak derinliğinde ise %38.11 ve %40.57 olarak belirlenmiştir. Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde toplam ortalama silt içeriği değerleri 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde

Tablo 4.3. Deneme alanı topraklarının silt içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol(Malçsız)	35.23	6.17	38.09	7.78
		GPM	39.20	1.38	41.26	0.61
		BPM-1	34.13	4.15	37.59	4.15
		BPM-2	37.31	3.52	38.31	3.54
		BKM	39.46	1.32	40.17	3.87
		Toplam (n=15)	37.07	3.87	39.08	4.14
	20-40 cm	Kontrol(Malçsız)	38.93	2.51	41.38	1.93
		GPM	38.91	2.55	41.22	0.39
		BPM-1	35.61	2.50	38.52	3.19
		BPM-2	36.28	2.12	38.94	3.55
		BKM	40.82	2.45	42.81	0.95
		Toplam (n=15)	38.11	2.85	40.57	2.59
HS	0-20 cm	Kontrol(Malçsız)	35.83	7.21	36.05	5.96
		GPM	41.77	0.85	38.98	0.60
		BPM-1	38.51	0.98	37.60	2.36
		BPM-2	36.78	3.03	34.95	3.26
		BKM	40.67	1.83	39.28	2.89
		Toplam (n=15)	38.71	3.86	37.37	3.41
	20-40 cm	Kontrol(Malçsız)	40.82	1.72	38.85	1.57
		GPM	40.32	1.26	40.88	3.83
		BPM-1	37.39	2.71	37.33	1.08
		BPM-2	38.83	2.00	35.70	1.69
		BKM	40.24	2.36	39.18	1.02
		Toplam (n=15)	39.52	2.18	38.39	2.54

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

sırasıyla %38.71 ve %39.52 olarak ölçülürken, 2022 yılında aynı toprak derinliklerinde %37.37 ve %38.39 olarak belirlenmiştir. Ayrıca toplam ortalama değerler dikkate alındığında, tez çalışması kapsamında yürütülen ekim öncesi örnekleme dönemlerinde deneme alanı topraklarının silt içeriğinin ikinci yılda (2022 yılı) birinci yıldan (2021 yılı) daha yüksek olarak ölçüldüğü ancak hasat sonrası toprak örnekleme dönemlerinde tersi bir değişkenliğin ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.3).

Çalışma alanı topraklarının silt içeriği üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.4). Elde edilen varyans analizi sonuçları, deneme alanı topraklarının ortalama silt içeriklerinin farklı örnekleme dönemlerinin ($p<0.05$) ve malç uygulamalarının ($p<0.001$) etkisiyle istatistiksel olarak önemli düzeyde değiştiğini göstermiştir. Toprak derinliğinin silt içeriğinin

Tablo 4.4. Deneme alanı topraklarının silt içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	99.44	3.00	33.15	3.28	0.03
Toprak Derinliği (TD)	35.55	1.00	35.55	3.52	0.06
Malç Uygulaması (MU)	253.60	4.00	63.40	6.27	0.00
ÖDxTD	1.87	3.00	0.62	0.06	0.98
ÖDxMU	36.64	12.00	3.05	0.30	0.99
TDxMU	53.36	4.00	13.34	1.32	0.27
ÖDxTDxMU	33.14	12.00	2.76	0.27	0.99
Hata	808.72	80.00	10.11		
Toplam	180147.61	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

değişimi üzerine olan etkilerin ise istatistiksel olarak anlamsız ($p= 0.06$) olduğu belirlenmiştir. Bunların yanı sıra değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin deneme alanı topraklarının ortalama silt içeriklerinin değişkenliği üzerinde herhangi bir anlamlı etkisinin bulunmadığı da tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

Deneme alanı topraklarının kum içeriğine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.5’de sunulmuştur. Tez çalışmasının yürütüldüğü deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönem toprak örneklemeleri sonrasında en yüksek ortalama kum içeriği, 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde sırasıyla BPM-1 uygulama parsellerinde ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama kum içeriklerinin de her iki yılda alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.5). Hasat sonrası toprak örnekleme dönemlerinde ise 2021 yılında en yüksek ve en düşük ortalama kum içerikleri yüzey toprak derinliğinde sırasıyla Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve GPM uygulama parsellerinde ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük ortalama kum içerikleri 2022 yılında ise sırasıyla yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde tespit edilmiştir. Deneme alanında kum içeriği ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama kum içeriği sonuçları dikkate alınarak değerlendirildiğinde ise toprakların kum içeriklerinin 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde sırasıyla %35.93 ve %35.03 olarak ölçülmüştür. Hasat sonrası örnekleme döneminde ise yine aynı toprak derinliklerinde sırasıyla %35.38 ve %34.69 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Benzer değerlendirmeler 2022 yılı için yapıldığında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim

öncesi örnekleme döneminde toprakların kum içeriğinin sırasıyla %31.72 ve %29.95 olarak bulunduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla %31.33 ve %30.25 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.5).

Tablo 4.5. Deneme alanı topraklarının kum içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	37.29	7.60	33.79	9.22
		GPM	34.24	0.72	28.93	1.07
		BPM-1	38.85	4.80	33.66	4.25
		BPM-2	36.42	4.34	32.88	3.42
		BKM	32.84	0.59	29.35	3.98
		Toplam (n=15)	35.93	4.39	31.72	0.70
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	34.02	2.88	29.04	3.56
		GPM	34.59	1.33	29.14	1.28
		BPM-1	37.64	4.27	31.89	3.64
		BPM-2	36.75	3.28	32.17	3.20
		BKM	32.12	0.67	27.49	2.77
		Toplam (n=15)	35.03	3.13	29.95	3.16
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	38.32	7.11	33.75	8.56
		GPM	32.80	0.71	29.13	2.26
		BPM-1	35.59	3.13	30.21	2.12
		BPM-2	37.30	5.41	33.69	5.31
		BKM	32.85	1.32	29.87	4.09
		Toplam (n=15)	35.38	4.31	31.33	4.74
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	33.59	3.99	29.41	3.57
		GPM	34.46	1.46	28.66	1.11
		BPM-1	36.76	4.66	30.52	2.49
		BPM-2	35.79	3.86	32.84	4.13
		BKM	32.85	2.54	29.82	1.49
		Toplam (n=15)	34.69	3.30	30.25	2.80

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanı topraklarının kum içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.6). Elde edilen sonuçlar, deneme alanı topraklarının ortalama kum içeriğinin farklı örnekleme dönemleri ($p < 0.001$) ve malç uygulamalarının ($p < 0.01$) etkisiyle anlamlı düzeyde değiştiğini ancak toprak derinliğinin ($p = 0.13$) deneme alanı topraklarının ortalama kum içeriğinin değişkenliğini istatistiksel olarak etkilemediği belirlenmiştir. Ayrıca ortalama kum içeriği üzerine çalışmada etkileri araştırılan değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin anlamlı bir etkisinin bulunmadığı da tespit edilmiştir (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Deneme alanı topraklarının kum içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	594.85	3.00	198.28	12.45	0.00
Toprak Derinliği (TD)	37.06	1.00	37.06	2.33	0.13
Malç Uygulaması (MU)	288.36	4.00	72.09	4.53	0.002
ÖDxTD	4.99	3.00	1.67	0.10	0.95
ÖDxMU	57.25	12.00	4.77	0.30	0.99
TDxMU	79.86	4.00	19.96	1.25	0.29
ÖDxTDxMU	14.91	12.00	1.24	0.08	1.00
Hata	1274.57	80.00	15.93		
Toplam	133307.22	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının hacim ağırlığı değerlerine ait bazı tanımlayıcı istatistiksel sonuçları Tablo 4.7’de sunulmuştur.

Tablo 4.7. Deneme alanı topraklarının hacim ağırlığı içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	1.23	0.09	1.35	0.09
		GPM	1.33	0.05	1.45	0.11
		BPM-1	1.33	0.04	1.46	0.12
		BPM-2	1.34	0.03	1.45	0.07
		BKM	1.35	0.09	1.38	0.08
		Toplam (n=15)	1.33	0.06	1.42	0.09
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	1.48	0.03	1.51	0.06
		GPM	1.45	0.08	1.48	0.08
		BPM-1	1.48	0.02	1.49	0.13
		BPM-2	1.40	0.05	1.56	0.03
		BKM	1.41	0.06	1.51	0.04
		Toplam (n=15)	1.44	0.05	1.51	0.07
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	1.42	0.03	1.35	0.03
		GPM	1.39	0.03	1.29	0.07
		BPM-1	1.43	0.02	1.33	0.02
		BPM-2	1.39	0.02	1.35	0.05
		BKM	1.43	0.03	1.32	0.05
		Toplam (n=15)	1.41	0.03	1.33	0.05
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	1.52	0.06	1.57	0.02
		GPM	1.49	0.02	1.52	0.08
		BPM-1	1.49	0.03	1.59	0.02
		BPM-2	1.51	0.03	1.55	0.15
		BKM	1.51	0.02	1.58	0.01
		Toplam (n=15)	1.50	0.03	1.56	0.07

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (g cm⁻³), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Toprakların hacim ağırlığına ilişkin değişkenlikler ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirildiğinde, 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde en yüksek hacim ağırlığı değerleri ekim öncesi örnekleme döneminde BKM uygulama parsellerinde (1.35 g cm^{-3}), hasat sonrası örnekleme döneminde ise BPM-1 ve BKM uygulama parsellerinde (1.43 g cm^{-3}) belirlenmiştir. Aynı yıl alt toprak derinliğinde en yüksek hacim ağırlığı değerlerinin ekim öncesi örnekleme döneminde Kontrol (Malçsız) ve BPM -1 uygulama parsellerinde (1.48 g cm^{-3}), hasat sonrası örnekleme döneminde ise Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (1.52 g cm^{-3}) tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.7). Farklı malç uygulamalarının etkisiyle ortalama hacim ağırlığında 2022 yılında meydana gelen değişimler incelendiğinde, yüzey toprak derinliğinde en yüksek ortalama hacim ağırlığının ekim öncesi örnekleme döneminde BPM-1 uygulama parsellerinde (1.46 g cm^{-3}), hasat sonrası örnekleme döneminde ise Kontrol (Malçsız) ve BPM -2 uygulama parsellerinde (1.35 g cm^{-3}) belirlendiği görülmektedir. Aynı yıl alt toprak derinliğinde ise en yüksek hacim ağırlığı değerlerinin ekim öncesi örnekleme döneminde BPM-2 uygulama parsellerinde (1.56 g cm^{-3}), hasat sonrası örnekleme döneminde ise BPM-1 uygulama parsellerinde (1.59 g cm^{-3}) tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığı değerlerinin değişkenliği toplam ortalama değerler bakımından incelendiğinde ise yüzey toprak derinliğinde ekim öncesi örnekleme döneminde 2021 yılında 1.33 g cm^{-3} 'den artarak 2022 yılında 1.42 g cm^{-3} 'e değiştiği, hasat sonrası örnekleme döneminde ise 2021 yılında 1.41 g cm^{-3} 'den azalarak 2022 yılında 1.33 g cm^{-3} 'e değiştiği görülmektedir (Tablo 4.7). Bununla birlikte toplam ortalama hacim ağırlığı değerlerinin alt toprak derinliğinde ekim öncesi örnekleme döneminde 2021 yılında 1.44 g cm^{-3} 'den artarak 2022 yılında 1.51 g cm^{-3} 'e değiştiği, hasat sonrası örnekleme döneminde de 2021 yılında 1.50 g cm^{-3} 'den yine artarak 2022 yılında 1.56 g cm^{-3} 'e değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.7).

Çalışma alanı topraklarının hacim ağırlığının değişkenliği üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir (Tablo 4.8) . İki yönlü varyans analizinde elde edilen sonuçlar, deneme alanı topraklarının ortalama hacim ağırlığı değerlerinin, farklı örnekleme dönemlerinin ve toprak derinliklerinin etkisiyle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiği ($p<0.001$) buna karşın malç uygulamalarının ortalama hacim ağırlığının değişkenliğini etkilemediği ($p= 0.75$)

belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada etkileri araştırılan değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinden ÖDxTD etkileşiminin $[F(3,120)=9.25]$ toprakların ortalama hacim ağırlığı üzerinde $p<0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak farklılıklar oluşturduğu da tespit edilmiştir (Tablo 4.8).

Tablo 4.8. Deneme alanı topraklarının hacim ağırlığı içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	0.11	3.00	0.04	9.93	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.53	1.00	0.53	137.33	0.00
Malç Uygulaması (MU)	0.01	4.00	0.00	0.48	0.75
ÖDxTD	0.11	3.00	0.04	9.25	0.00
ÖDxMU	0.04	12.00	0.00	0.75	0.70
TDxMU	0.01	4.00	0.00	0.58	0.68
ÖDxTDxMU	0.04	12.00	0.00	0.87	0.58
Hata	0.31	80.00	0.00		
Toplam	249.40	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik değerlerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.9’da sunulmuştur. Tez çalışmasının yürütüldüğü deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönem toprak örnekleme sonrasında en yüksek ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerleri, 2021 ve 2022 yıllarında 0-20 cm toprak derinliğinde sırasıyla BPM-1 uygulama parsellerinde ve GPM uygulama parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin de sırasıyla 2021 yılında alt toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde ve 2022 yılında alt toprak derinliğinde GPM ve BPM-2 uygulama parsellerinde elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.9). Hasat sonrası dönem toprak örnekleme sonuçlarında ise 2021 yılında en yüksek ve en düşük ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerleri sırasıyla yüzey toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde ve alt toprak derinliğinde GPM ve BPM-2 uygulama parsellerinde ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerleri 2022 yılında ise yine sırasıyla yüzey toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde ve alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) ile BKM uygulama parsellerinde tespit edilmiştir. Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik ile ilgili değişkenlikleri toplam ortalama doymuş hidrolik iletkenlik sonuçları dikkate alınarak değerlendirildiğinde ise toprakların doymuş hidrolik iletkenlik değerleri 2021 yılında ekim öncesi örnekleme

Tablo 4.9. Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.28	0.15	0.10	0.06
		GPM	0.29	0.26	0.12	0.09
		BPM-1	0.30	0.07	0.09	0.03
		BPM-2	0.18	0.001	0.07	0.07
		BKM	0.22	0.09	0.09	0.09
		Toplam (n=15)	0.26	0.13	0.09	0.06
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.11	0.01	0.004	0.003
		GPM	0.16	0.12	0.002	0.001
		BPM-1	0.10	0.04	0.01	0.004
		BPM-2	0.15	0.11	0.002	0.002
		BKM	0.20	0.07	0.004	0.003
		Toplam (n=15)	0.14	0.08	0.005	0.004
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.10	0.03	0.40	0.44
		GPM	0.14	0.16	1.60	2.53
		BPM-1	0.07	0.07	0.37	0.25
		BPM-2	0.05	0.01	0.22	0.18
		BKM	0.05	0.05	0.65	0.89
		Toplam (n=15)	0.08	0.08	0.65	1.16
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.04	0.07	0.0001	0.0001
		GPM	0.01	0.01	0.01	0.01
		BPM-1	0.08	0.11	0.01	0.01
		BPM-2	0.01	0.01	0.02	0.04
		BKM	0.02	0.04	0.0001	0.00
		Toplam (n=15)	0.03	0.06	0.01	0.02

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (cm dk^{-1}), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla 0.26 cm dk^{-1} ve 0.14 cm dk^{-1} olarak ölçülmüştür. Hasat sonrası örnekleme döneminde ise yine aynı toprak derinliklerinde sırasıyla 0.08 cm dk^{-1} ve 0.03 cm dk^{-1} olarak ölçüldüğü görülmektedir. Benzer değerlendirmeler 2022 yılı için yapıldığında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde toprakların doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin sırasıyla 0.09 cm dk^{-1} ve 0.005 cm dk^{-1} olarak bulunduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla 0.65 cm dk^{-1} ve 0.001 cm dk^{-1} olarak bulunduğu görülmektedir (Tablo 4.9).

Çalışma alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.10). Elde edilen varyans analiz sonuçları deneme alanı topraklarının ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin, farklı örnekleme dönemleri ve malç uygulamalarının etkisiyle

$p < 0.05$ düzeyinde, toprak derinliklerinin etkisiyle de $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı olarak değiştiği görülmüştür. Çalışma alanında etkileri incelenen değişkenlik kaynaklarından ÖDxTD etkileşiminin [$F(3,120)=3.10$] toprakların ortalama doymuş hidrolik iletkenlik değerlerini de $p < 0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı şekilde değiştirdiği bulunmuştur (Tablo 4.10).

Tablo 4.10. Deneme alanı topraklarının doymuş hidrolik iletkenlik içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	1.61	3.00	0.54	2.78	0.04
Toprak Derinliği (TD)	1.50	1.00	1.50	7.76	0.007
Malç Uygulaması (MU)	0.62	4.00	0.15	0.80	0.50
ÖDxTD	1.79	3.00	0.60	3.10	0.03
ÖDxMU	1.34	12.00	0.11	0.58	0.85
TDxMU	0.62	4.00	0.15	0.80	0.53
ÖDxTDxMU	1.37	12.00	0.11	0.59	0.84
Hata	15.44	80.00	0.19		
Toplam	27.31	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Çakılı arazi denemesi olarak yürütülen çalışmada, toprak tekstür bileşenleri (kil, silt ve kum içeriği) üzerine etkileri araştırılan değişkenlik kaynaklarından yalnızca örnekleme dönemlerinin ve malç uygulamalarının istatistiksel olarak anlamlı etkileri bulunmuştur (Tablo 4.11). Çalışmanın yürütüldüğü iki yıl süresince ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere toplamda dört farklı periyotta gerçekleştirilen toprak örnekleme dönemlerinin etkileri incelendiğinde, en yüksek ortalama kil içeriğinin %31.33 ile 2022 HS örnekleme döneminde, en düşük ortalama kil içeriğinin de %25.85 ile 2021 HS örnekleme döneminde elde edildiği görülmektedir. Ayrıca silt içeriğine ilişkin en yüksek ve en düşük ortalama değerler de sırasıyla 2022 EÖ ve 2021 EÖ örnekleme dönemlerinde elde edilirken, kum içeriğinin istatistiksel olarak en yüksek ortalama değerleri 2021 EÖ ve 2021 HS örnekleme dönemlerinde, en düşük ortalama değerleri ise 2022 EÖ ve 2022 HS örnekleme dönemlerinde elde edilmiştir (Tablo 4.11).

Arazi denemesinin yürütüldüğü Samsun Karadeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Çarşamba Ambarköprü Deneme İstasyonu, Çarşamba Alüviyal Delta Ovasında yer almakta olup deneme istasyonundaki arazilerin toprakları da alüviyal toprak özelliğindedir. Dolayısıyla toprak tekstürel özelliklerinin değişkenliğini etkileyen en önemli nedenlerden birisinin, çakılı deneme alanının alüviyal toprak

özelliğinden kaynaklı olarak ortaya çıkan kısa mesafeli doğal değişkenliklerdir. Ayrıca denemenin iki yıllık süresi boyunca tohum yatağı hazırlanması, fiğ bitkisinin ekimi, fiğ bitkisinin toprak içerisine işlenmesi, parsellerin ve masuraların oluşturulması, masura aralarının çapalanması, malç materyallerinin toprak içerisine işlenmesi gibi ekim öncesi ve hasat sonrası dönemlerde yoğun toprak işlemler gerçekleştirilmiştir. Dolayısıyla toprakların tekstürel özellikleri üzerine örnekleme dönemlerinin istatistiksel önemli etkilerinin bulunmasının bir diğer nedeninin toprak işleme uygulamaları sırasında toprak tekstür bileşenlerinin mekaniksel olarak yer değiştirmesinin olabileceği değerlendirilmektedir. Özellikle deneme alanının yüzey derinliklerinde pulluk ile yürütülen toprak işlemler sırasında toprak katmanlarının alt üst edilmesinin toprakların tekstürel özelliklerinin değişkenliğine yol açmış olabilir.

Malç uygulamalarının yalnızca toprak tekstür bileşenlerinden silt ve kum içerikleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur (Tablo 4.11). Toprakların en yüksek ortalama silt içerikleri GPM ve BKM uygulamasında tespit edilirken, BPM-1 ve BPM-2 uygulamalarının da en düşük ortalama silt içeriğine sahip olduğu belirlenmiştir. Toprakların istatistiksel olarak en yüksek ortalama kum içerikleri ise BPM-1 ve BPM-2 uygulamasında belirlenirken, BKM uygulamasının da en düşük ortalama kum içeriğine sahip olduğu bulunmuştur. Bununla birlikte Kontrol (Malçsız) uygulaması topraklarının hem ortalama silt içerikleri hem de ortalama kum içerikleri bakımından diğer malç uygulamaları ile istatistiksel olarak benzer olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca GPM uygulama parsellerinde toprakların ortalama kum içeriklerinin diğer malç uygulama parsellerindeki toprakların ortalama kum içerikleri ile istatistiksel olarak bezer olduğu da bulunmuştur (Tablo 4.11). Ortaya çıkan bu istatistiksel farklılığın öncelikli olarak malç uygulamalarının etkisi yerine temelde çakılı deneme arazisinin alüviyal toprak özelliği ile ilişkili olduğu değerlendirilmektedir. Deneme arazisinde toprak tekstür özellikleri ile ilgili doğal değişkenlikler gerek denemenin yürütüldüğü iki yıl boyunca sahada gerçekleştirilen çalışmalar sırasında gerekse deneme arazisinde gerçekleştirilen toprak örneklemleri sırasında gözlemlerimiz ile tespit edilmiştir. Arazi çalışmaları sırasında farklı malç uygulama parsellerinin farklı toprak tekstür özelliklerine sahip olabildiği gözlemlenirken aynı zamanda aynı malç uygulama parsellerinin farklı tekerrürlerinin de toprak tekstür özellikleri bakımından farklı olabildiği

gözlemlenmiştir. Dolayısıyla malç uygulamaları altında toprak tekstürel özelliklerine ilişkin olarak ortaya konulan bu istatistiksel farklılığın malç uygulama etkilerinden ziyade çakılı deneme arazinin doğal alüviyal toprak özelliklerinden kaynaklı olduğu değerlendirilmektedir. Paunović et al (2020) talaş malç, siyah folyo malç ve malçsız (kontrol) uygulamalarının siyah frenk üzümünün (*Ribes nigrum* L.) toprak özellikleri etkisini araştırdıkları üç yıllık çalışmada, tüm uygulamaların toprakların, kaba kum, silt ve kil fraksiyonlarında azalma ve ince kum fraksiyonlarında artış olmak üzere toprağın çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirdiğini gözlemlemişlerdir.

Tablo 4.11. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının kil, silt, kum, hacim ağırlığı ve doymuş hidrolik iletkenlik üzerine etkileri

Ana Etkiler	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	HA (g cm ⁻³)	DHİ (cm dk ⁻¹)
Örnekleme Dönemi (ÖD)					
2021 EÖ	26.93 c	37.59 b	35.48 a	1.39 b	0.20 b
2021 HS	25.85 c	39.12 ab	35.04 a	1.46 a	0.06 c
2022 EÖ	29.34 b	39.83 a	30.84 b	1.47 a	0.05 c
2022 HS	31.33 a	37.88 ab	30.79 b	1.45 a	0.33 a
Toprak Derinliği (TD)					
0-20 cm	28.35	38.15	33.59	1.37 b	0.27 a
20-40 cm	28.37	40.32	32.48	1.51 a	0.05 b
Malç Uygulaması (MU)					
Kontrol (Malçsız)	28.20	38.15 ab	33.65 ab	1.44	0.13 bc
GPM	28.18	40.32 a	31.50 ab	1.43	0.30 a
BPM-1	28.52	37.09 b	34.39 a	1.45	0.13 bc
BPM-2	28.13	37.14 b	34.73 a	1.44	0.09 c
BKM	28.77	40.33 a	30.90 b	1.44	0.16 b
İki Yönlü ANOVA					
	p-değerleri				
ÖD	***	*	***	***	*
TD	öd	öd	öd	***	**
MU	öd	***	**	öd	*
ÖDxTD	öd	öd	öd	***	*
ÖDxMU	öd	öd	öd	öd	öd
TDxMU	öd	öd	öd	öd	öd
ÖDxTDxMU	öd	öd	öd	öd	öd

EÖ: Ekim öncesi; HS: Hasat Sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması; öd: Önemli değil. *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

Farklı örnekleme dönemlerinin HA ve K_s üzerine de istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin (p<0.05 ve p<0.001) bulunduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.11). İstatistiksel olarak en yüksek ortalama HA değerleri 2022 EÖ (1.47 g cm⁻³), 2021 HS (1.46 g cm⁻³) ve 2022 HS (1.45 g cm⁻³) örnekleme dönemlerinde elde edilirken, en düşük ortalama HA değerleri ise 2021 EÖ örnekleme döneminde (1.39 g cm⁻³) elde edilmiştir (Tablo 4.11). Çakılı arazi denemesinin ilk örnekleme dönemi (2021 EÖ)

ile karşılaştırıldığında, sonraki örnekleme dönemlerinde HA değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde arttığı ve deneme arazisinde toprak sıkışmasının meydana geldiği görülmektedir. Deneme arazisinde meydana gelen bu sıkışmaların muhtemel nedenleri, çakılı deneme sırasında yürütülen toprak işlemler, sulama uygulamaları sırasında meydana gelen ıslanma ve kuruma olayları ile bitki köklerinin sıkıştırma etkileri olabilir. Ortalama K_s değerlerinin de farklı örnekleme dönemlerine bağlı olarak önemli değişkenlikler sergilediği belirlenmiştir (Tablo 4.11). İstatistiksel olarak en yüksek ortalama K_s değeri, 2022 HS örnekleme döneminde 0.33 cm dk^{-1} olarak belirlenirken, istatistiksel olarak en düşük ortalama K_s değeri ise 2021 HS ve 2022 EÖ örnekleme dönemlerinde sırasıyla 0.06 cm dk^{-1} ve 0.05 cm dk^{-1} olarak belirlenmiştir. Tez çalışmasında farklı örnekleme dönemlerinde elde edilen ortalama K_s sonuçlarının, literatürde bilimsel olarak negatif ilişkili olduğu ifade edilen HA değerleri ile 2022 HS örnekleme dönemi hariç diğer örnekleme dönemlerinde uyumlu bir negatif değişkenlik sergilediği görülmektedir. Toprakların kil içeriği ile K_s arasında da bilimsel olarak negatif bir ilişki olduğu bilinmesine karşın bu özelliklere ilişkin tez çalışmasında elde edilen sonuçların bu anlamda uyumlu negatif bir ilişki sergilemekten uzak olduğu görülmüştür (Tablo 4.11). Bu sonuçlar, çalışma alanında ortalama K_s değerlerinin değişkenliklerinin toprak tekstürel özelliklerine kıyasla, ortalama HA değerlerinin değişkenliğine bağlı olarak deneme arazisinde ortaya çıkan sıkışma düzeylerinden daha fazla etkilendiğini ortaya koymaktadır. Deb and Shukla (2012) toprak, su ve bitki etkileşimleri için en önemli toprak özelliklerinden birisi olan K_s 'nin genel olarak toprak tekstürü, arazi kullanımları, örnekleme pozisyonu, derinlik, ölçüm yapılan yöntem ve aletler, deneme hataları gibi birçok değişkenlik kaynağından etkilenecek yüksek istatistiksel değişkenlikler sergileyebildiğini rapor etmektedir.

Toprak derinliklerinin ortalama HA ve K_s değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin ($p < 0.001$, $p < 0.01$) bulunduğu sonuçlar incelendiğinde, toprak derinliklerinin HA ile K_s arasındaki negatif korelasyon ilişkisini destekler nitelikte bir etkisinin olduğu görülmektedir. Doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin yüksek HA değerlerine sahip alt toprak derinliklerinde daha düşük değerler aldığı buna karşın HA değerlerinin düşük olduğu ve toprak sıkışmasının daha düşük olduğu yüzey toprak derinliklerinde daha yüksek değerler aldığı görülmektedir (Tablo 4.11).

Farklı malç uygulamalarının ortalama K_s değerlerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar meydana getirdiği tespit edilmiştir (Tablo 4.11). En yüksek ortalama K_s değerleri GPM uygulama parsellerinde elde edilirken bu uygulamanın etkilerinin diğer malç uygulamalarının (Kontrol, BPM-1, BPM-2 ve BKM) etkilerinden istatistiksel olarak $p<0.05$ düzeyinde farklı olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Kontrol (Malçsız) ve BPM-1 uygulamalarının da ortalama K_s değerleri üzerinde GPM uygulaması hariç diğer malç uygulamalarıyla benzer etkilere sahip olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.11). Subrahmaniyan et al (2018), üç yıl süreyle yürüttükleri çalışmada, malçsız (kontrol) uygulaması ile karşılaştırıldığında şeffaf plastik malç uygulaması altında toprak hidrolik iletkenliğinin istatistiksel olarak daha yüksek bulunduğunu rapor etmişlerdir. Qi et al (2020a), dört farklı plastik artık varlığının, doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin istatistiksel olarak önemli düzeyde değiştiğini bildirmişlerdir.

Bunların yanı sıra deneme alanı topraklarının ortalama HA ve K_s değerleri üzerine çalışmanın değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimleri incelendiğinde, ÖDxTD etkileşiminin toprakların istatistiksel olarak ortalama HA değerlerini $p<0.001$ düzeyinde ve ortalama K_s değerlerini de $p<0.05$ düzeyinde anlamlı şekilde değiştirdiği belirlenmiştir. (Tablo 4.11).

4.2. Toprakların pH, Elektriksel İletkenlik, Organik Madde ve Toplam Azot Özellikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri

Çakılı deneme alanı topraklarının pH değerlerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.12’de verilmiştir. Tabloda sunulan ortalama pH değerleri en yüksek ve en düşük ortalama değerler bakımından incelendiğinde, çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da deneme alanı topraklarının pH değerlerinin örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamaları gibi değişkenlik kaynaklarının etkisiyle düzensiz değişimler sergilediği görülmektedir.

Deneme alanında yürütülen ekim öncesi dönem toprak örnekleme çalışmaları sonrasında en yüksek ortalama pH değeri, 2021 yılında alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde 7.61 olarak bulunurken, en düşük ortalama pH değeri ise yüzey toprak derinliğinde BPM-2 ve BKM uygulama parsellerinde 7.45 olarak belirlenmiştir. Aynı toprak örnekleme döneminde 2022 yılına ait en yüksek ve en düşük ortalama pH değerlerinin alt toprak derinliğinde sırasıyla BPM-1 uygulama parsellerinde 8.40 olarak ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde 8.27 olarak

Tablo 4.12. Deneme alanı topraklarının pH içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	7.47	0.09	8.30	0.06
		GPM	7.51	0.07	8.30	0.01
		BPM-1	7.51	0.05	8.33	0.02
		BPM-2	7.45	0.08	8.30	0.03
		BKM	7.45	0.10	8.30	0.06
		Toplam (n=15)	7.48	0.08	8.30	0.04
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	7.56	0.15	8.27	0.07
		GPM	7.61	0.06	8.38	0.04
		BPM-1	7.57	0.06	8.40	0.05
		BPM-2	7.58	0.07	8.38	0.07
		BKM	7.49	0.04	8.34	0.11
		Toplam (n=15)	7.56	0.08	8.36	0.08
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	8.25	0.05	8.52	0.13
		GPM	8.28	0.03	8.56	0.11
		BPM-1	8.28	0.07	8.50	0.09
		BPM-2	8.35	0.06	8.43	0.19
		BKM	8.14	0.03	8.50	0.06
		Toplam (n=15)	8.26	0.08	8.50	0.11
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	8.19	0.04	8.44	0.05
		GPM	8.24	0.07	8.51	0.01
		BPM-1	8.25	0.02	8.47	0.09
		BPM-2	8.31	0.01	8.48	0.09
		BKM	8.15	0.04	8.44	0.09
		Toplam (n=15)	8.23	0.07	8.47	0.08

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler, her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.12). Deneme alanı topraklarının ekim öncesi toprak örnekleme dönemi pH değeri ile ilgili değişimler toplam ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde, çalışma alanında toprakların toplam ortalama pH değerlerinin 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde 7.48 ve alt toprak derinliğinde 7.56 olduğu görülürken, 2022 yılında ise pH değerlerinin artarak yüzey toprak derinliğinde 8.30'a ve alt toprak derinliğinde de 8.36'ya değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.12).

Deneme alanı topraklarının hasat sonrası toprak örnekleme dönemi pH değerine ilişkin değişkenlikleri incelendiğinde en yüksek ortalama pH değerleri, 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde, 2022 yılında yüzey toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde belirlenmiştir. Buna karşın en düşük ortalama pH değerinin 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde, 2022 yılında da yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama

parsellerinde ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.12). Çalışma alanında pH değerine ilişkin değişkenlikler toplam ortalama pH değerleri üzerinden değerlendirildiğinde, 2021 ve 2022 yılları için çalışma alanı topraklarının toplam ortalama pH değerlerinin yüzey toprak derinliğinde sırasıyla 8.26 ve 8.50 olduğu, alt toprak derinliğinde de yine sırasıyla 8.23 ve 8.47 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Bu sonuçlarda yine deneme alanı topraklarının pH değerlerinin hem yüzey hem de alt toprak derinliklerinde denemenin birinci yıl sonuçlarına oranla ikinci yılında daha da arttığını ortaya koymaktadır (Tablo 4.12).

Çalışma alanı topraklarının ortalama pH değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerini incelemek için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) yapılmıştır (Tablo 4.13). Varyans analizinde elde edilen sonuçlar, deneme alanı topraklarının ortalama pH değerlerinin farklı örnekleme dönemlerinin ($p < 0.001$) ve malç uygulamalarının ($p < 0.01$) etkisiyle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiği ancak farklı toprak derinliklerinin ($p = 0.20$) ortalama pH değerlerinde anlamlı değişkenlikler meydana getirmediği belirlenmiştir. Bunların yanı sıra ÖDxTD etkileşiminin [$F(3,120)=4.62$] toprakların ortalama pH değerleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık oluşturduğu da görülmüştür (Tablo 4.13).

Tablo 4.13. Deneme alanı topraklarının pH içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	16.55	3.00	5.52	985.65	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.01	1.00	0.01	1.67	0.20
Malç Uygulaması (MU)	0.09	4.00	0.02	3.91	0.006
ÖDxTD	0.08	3.00	0.03	4.62	0.005
ÖDxMU	0.09	12.00	0.01	1.39	0.19
TDxMU	0.02	4.00	0.004	0.77	0.55
ÖDxTDxMU	0.02	12.00	0.002	0.35	0.98
Hata	0.45	80.00	0.01		
Toplam	7976.60	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Çalışma alanı topraklarının EC değerleri ile ilgili bazı tanımlayıcı istatistiklere ilişkin sonuçlar Tablo 4.14’de verilmiştir. 2021 yılında ekim öncesi toprak örnekleme döneminde en yüksek EC değerleri yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız), GPM ve BPM-2 uygulama parsellerinde 0.17 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir. Aynı yılda hasat sonrası toprak örnekleme döneminde ise en yüksek EC değerleri

yine aynı toprak derinliğinde ve malç uygulama parsellerinde 0.17 dS m⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Ekim öncesi toprak örnekleme dönemi en düşük ortalama EC değerleri ise alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız), GPM, BPM-1 ve BPM-2 uygulama parsellerinde 2021 yılında 0.15 dS m⁻¹ olarak ölçülürken, hasat sonrası dönemde de yine aynı toprak derinliğinde ve malç uygulama parsellerinde benzer şekilde 0.15 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür. Buna karşın 2022 yılında ekim öncesi toprak örnekleme döneminde en yüksek ve en düşük EC değerlerinin sırasıyla yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde 0.19 dS m⁻¹ olarak ve alt toprak derinliğinde BPM-1 ve BPM-2 uygulama parsellerinde 0.16 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür. 2022 yılında hasat sonrası örnekleme dönemi en yüksek ve en düşük EC değerlerinin de sırasıyla yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde 0.45 dS m⁻¹ olarak ve alt toprak derinliğinde tüm malç uygulama parsellerinde 0.22 dS m⁻¹ olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.14).

Tablo 4.14. Deneme alanı topraklarının elektriksel iletkenlik içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.17	0.01	0.19	0.03
		GPM	0.17	0.01	0.18	0.02
		BPM-1	0.16	0.02	0.17	0.01
		BPM-2	0.17	0.02	0.17	0.01
		BKM	0.16	0.02	0.18	0.01
		Toplam (n=15)	0.17	0.01	0.18	0.02
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.15	0.01	0.18	0.01
		GPM	0.15	0.01	0.17	0.02
		BPM-1	0.15	0.01	0.16	0.03
		BPM-2	0.15	0.01	0.16	0.02
		BKM	0.16	0.01	0.17	0.02
		Toplam (n=15)	0.15	0.01	0.17	0.02
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.17	0.01	0.33	0.08
		GPM	0.17	0.01	0.34	0.10
		BPM-1	0.16	0.02	0.34	0.06
		BPM-2	0.17	0.02	0.45	0.23
		BKM	0.16	0.02	0.27	0.01
		Toplam (n=15)	0.17	0.01	0.35	0.12
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.15	0.01	0.22	0.01
		GPM	0.15	0.01	0.22	0.05
		BPM-1	0.15	0.01	0.22	0.02
		BPM-2	0.15	0.01	0.22	0.02
		BKM	0.16	0.01	0.22	0.02
		Toplam (n=15)	0.15	0.01	0.22	0.02

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (dS m⁻¹), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Çakılı deneme alanı topraklarının toplam ortalama EC değerlerinin ekim öncesi toprak örnekleme döneminde yüzey toprak derinliğinde 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla 0.17 dS m⁻¹ ve 0.18 dS m⁻¹ olduğu, alt toprak derinliğinde ise 0.15 dS m⁻¹ ve 0.17 dS m⁻¹ olduğu tespit edilmiştir. Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde toplam ortalama EC değerleri 2021 yılında yüzey) ve yüzey altı toprak derinliklerinde sırasıyla 0.17 dS m⁻¹ ve 0.17 dS m⁻¹ olarak ölçülürken 2022 yılında aynı toprak derinliklerinde sırasıyla 0.35 dS m⁻¹ ve 0.22 dS m⁻¹ olarak ölçülmüştür (Tablo 4.14). Ayrıca toplam ortalama değerler dikkate alındığında, deneme alanı topraklarının EC değerlerinin tez çalışması kapsamında yürütülen ekim öncesi ve hasat sonrası toprak örnekleme dönemlerinde ikinci yılda (2022 yılı) birinci yıldan (2021 yılı) daha yüksek değerler aldığı yani toprakların tuz içeriğinin arttığı görülmektedir (Tablo 4.14).

Çalışma alanı topraklarının ortalama EC değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) kullanılarak incelenmiştir (Tablo 4.15). Varyans analizi sonuçları, deneme alanı topraklarının ortalama EC değerlerinin farklı örnekleme dönemlerinin ve toprak derinliklerinin etkisiyle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde ($p < 0.001$) değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarından malç uygulamalarının ($p = 0.66$) ise deneme alanı topraklarının ortalama EC değerlerinin değişkenliği üzerine herhangi bir anlamlı istatistiksel etkisinin bulunmadığı da görülmüştür. Ayrıca ÖDxTD etkileşiminin [$F(3,120)=11.79$] de toprakların ortalama EC değerlerini istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı olarak değiştirdiği belirlenmiştir (Tablo 4.15).

Tablo 4.15. Deneme alanı topraklarının elektriksel iletkenlik içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	0.32	3.00	0.11	52.05	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.05	1.00	0.05	25.81	0.00
Malç Uygulaması (MU)	0.01	4.00	0.001	0.60	0.66
ÖDxTD	0.07	3.00	0.02	11.79	0.00
ÖDxMU	0.02	12.00	0.002	0.92	0.53
TDxMU	0.01	4.00	0.002	1.04	0.39
ÖDxTDxMU	0.02	12.00	0.002	0.77	0.68
Hata	0.16	80.00	0.002		
Toplam	5.15	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının OM içeriğine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.16’da sunulmuştur. Tez çalışmasının yürütüldüğü deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönem toprak örneklemeleri sonrasında en yüksek ortalama OM içerikleri, 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde sırasıyla BKM uygulama parsellerinde (%2.12) ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%2.09) elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama OM içerikleri 2021 ve 2022 yıllarında alt toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde (%1.75) ve BKM uygulama parsellerinde (%1.61) elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.16).

Tablo 4.16. Deneme alanı topraklarının organik madde içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	1.89	0.30	2.09	0.18
		GPM	1.80	0.23	1.98	0.23
		BPM-1	1.97	0.54	1.77	0.34
		BPM-2	1.92	0.09	2.06	0.11
		BKM	2.12	0.51	1.73	0.04
		Toplam (n=15)	1.94	0.34	1.92	0.23
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	1.79	0.31	1.70	0.21
		GPM	1.75	0.33	1.73	0.17
		BPM-1	1.95	0.43	1.67	0.13
		BPM-2	1.91	0.04	1.78	0.04
		BKM	2.01	0.57	1.61	0.17
		Toplam (n=15)	1.88	0.33	1.70	0.14
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	2.21	0.29	2.70	0.13
		GPM	1.94	0.20	2.15	0.06
		BPM-1	1.83	0.21	2.47	0.54
		BPM-2	2.10	0.14	2.77	0.24
		BKM	1.71	0.16	2.96	0.43
		Toplam (n=15)	1.96	0.26	2.61	0.40
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	2.04	0.26	2.29	0.29
		GPM	1.91	0.15	2.07	0.41
		BPM-1	2.01	0.51	2.15	0.33
		BPM-2	2.01	0.22	2.53	0.32
		BKM	1.52	0.36	2.49	0.60
		Toplam (n=15)	1.90	0.34	2.31	0.39

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Hasat sonrası dönem toprak örneklemelerinde ise 2021 yılında en yüksek ve en düşük ortalama OM içerikleri sırasıyla yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%2.21) ve alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde (%1.52) ölçülmüştür. En yüksek ve en düşük ortalama OM içerikleri

2022 yılında ise yine sırasıyla yüzey toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde (%2.96) ve 20-40 cm toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde (%2.07) tespit edilmiştir. Deneme alanında OM içeriği ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama OM içeriği sonuçları dikkate alınarak değerlendirildiğinde, toprakların OM içeriğinin 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde sırasıyla %1.94 ve %1.88 olduğu görülmektedir. Hasat sonrası örnekleme döneminde ise yine aynı toprak derinliklerinde sırasıyla %1.96 ve %1.90 olarak ölçülmüştür. Benzer değerlendirmeler 2022 yılı için yapıldığında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde toprakların OM içeriğinin sırasıyla %1.92 ve %1.70 olduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla %2.61 ve %2.31 olduğu görülmektedir (Tablo 4.16).

Çalışma alanı topraklarının ortalama OM içeriği üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile değerlendirilmiştir (Tablo 4.17). Elde edilen varyans analizi sonuçları, deneme alanı topraklarının ortalama OM içeriğinin farklı örnekleme dönemlerinin ($p<0.001$) ve toprak derinliklerinin ($p<0.01$) etkisiyle anlamlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarından malç uygulamalarının ($p= 0.13$) ise toprakların ortalama OM içeriklerini etkilemediği görülmüştür. Bunların yanı sıra ÖDxMU etkileşiminin [$F(12,120)=1.97$] çalışma alanı topraklarının ortalama OM içeriğini $p<0.05$ düzeyinde anlamlı şekilde değiştirdiği de tespit edilmiştir (Tablo 4.17).

Tablo 4.17. Deneme alanı topraklarının organik madde içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	7.66	3.00	2.55	26.45	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.79	1.00	0.79	8.17	0.005
Malç Uygulaması (MU)	0.71	4.00	0.18	1.85	0.13
ÖDxTD	0.33	3.00	0.11	1.15	0.34
ÖDxMU	2.29	12.00	0.19	1.97	0.04
TDxMU	0.17	4.00	0.04	0.43	0.79
ÖDxTDxMU	0.21	12.00	0.02	0.18	1.00
Hata	7.73	80.00	0.10		
Toplam	513.21	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Çakılı deneme alanı topraklarının TN değerlerine ilişkin elde edilen bazı tanımlayıcı istatistiksel özellikler Tablo 4.18’de sunulmuştur. Deneme arazisinde

ekim öncesi toprak örnekleme dönemine ait en yüksek ortalama TN değerleri, 2021 yılında 20-40 cm toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde %0.16 olarak, en düşük ortalama TN değerleri ise yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parseli ile alt toprak derinliğinde GPM ve BPM-2 uygulama parsellerinde %0.13 olarak belirlenmiştir. Aynı toprak örnekleme döneminde TN değerlerine ilişkin 2022 yılına ait en yüksek ortalama değerler yüzey toprak derinliğinde GPM, BPM-2 ve BKM uygulama parsellerinde (%0.12) ve en düşük ortalama değerler de yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parseli ile alt toprak derinliğinde GPM ve BKM uygulama parsellerinde (%0.10) tespit edilmiştir (Tablo 4.18).

Tablo 4.18. Deneme alanı topraklarının toplam azot içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.15	0.01	0.10	0.02
		GPM	0.14	0.01	0.12	0.01
		BPM-1	0.15	0.03	0.11	0.01
		BPM-2	0.13	0.01	0.12	0.01
		BKM	0.14	0.02	0.12	0.02
		Toplam (n=15)	0.14	0.02	0.11	0.01
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.14	0.03	0.11	0.02
		GPM	0.13	0.02	0.10	0.02
		BPM-1	0.16	0.02	0.11	0.01
		BPM-2	0.13	0.01	0.11	0.02
		BKM	0.15	0.02	0.10	0.01
		Toplam (n=15)	0.14	0.02	0.11	0.01
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	0.12	0.01	0.15	0.02
		GPM	0.11	0.01	0.16	0.04
		BPM-1	0.14	0.02	0.16	0.03
		BPM-2	0.11	0.01	0.18	0.05
		BKM	0.10	0.02	0.18	0.04
		Toplam (n=15)	0.12	0.02	0.17	0.03
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	0.10	0.02	0.17	0.03
		GPM	0.11	0.02	0.16	0.05
		BPM-1	0.11	0.03	0.18	0.03
		BPM-2	0.09	0.01	0.18	0.03
		BKM	0.09	0.03	0.17	0.05
		Toplam (n=15)	0.10	0.02	0.17	0.04

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Hasat sonrası toprak örnekleme dönemi TN değerlerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler incelendiğinde, en yüksek ortalama TN değerlerine sahip toprakların 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde (%0.14), 2022 yılında yüzey toprak derinliğinde BPM-2 ve BKM uygulama parselleri ile alt

toprak derinliğinde BPM-1 ve BPM-2 uygulama parsellerinde (%0.18) bulunduğunu görülmektedir. Yine Tablo 4.18’de sunulan sonuçlar, en düşük ortalama TN değerine sahip toprakların 2021 yılında alt toprak derinliğinde BPM-2 ve BKM uygulama parsellerinde (%0.09), 2022 yılında da yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%0.15) bulunduğunu göstermektedir. Çalışma alanı topraklarının TN değerlerinin değişkenliği, toplam ortalama TN değerine ilişkin sonuçlar kullanılarak kontrol edildiğinde, yüzey toprak derinliğinde 2021 yılında %0.12’den artarak 2022 yılında %0.17’ye değiştiği, alt toprak derinliğinde de 2021 yılında %0.10’dan artarak 2022 yılında %0.17’ye değiştiği bulunmuştur (Tablo 4.18).

Çalışma alanı topraklarının ortalama TN değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerini incelemek için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) yürütülmüştür (Tablo 4.19). Varyans analizinde elde edilen sonuçlar, deneme alanı topraklarının TN değerlerinin farklı örnekleme dönemlerinin etkisiyle $p < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiğini ortaya koymuştur. Ancak çalışmada etkileri incelenen değişkenlik kaynaklarından toprak derinliklerinin ($p = 0.33$) ve malç uygulamalarının ($p = 0.61$) yanı sıra değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin deneme alanı topraklarının ortalama TN değerlerinde anlamlı değişkenlikler meydana getirmediği görülmüştür (Tablo 4.19).

Tablo 4.19. Deneme alanı topraklarının toplam azot içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	0.08	3.00	0.03	44.33	0.00
Toprak Derinliği (TD)	0.001	1.00	0.001	0.97	0.33
Malç Uygulaması (MU)	0.002	4.00	0.000	0.68	0.61
ÖDxTD	0.002	3.00	0.001	1.03	0.38
ÖDxMU	0.004	12.00	0.000	0.58	0.85
TDxMU	0.001	4.00	0.000	0.22	0.93
ÖDxTDxMU	0.002	12.00	0.000	0.30	0.99
Hata	0.05	80.00	0.001		
Toplam	2.25	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Farklı örnekleme dönemlerinin deneme alanı topraklarının pH değerleri üzerine olan etkileri incelendiğinde her bir örnekleme döneminde toprak pH değerlerinin istatistiksel olarak anlamlı şekilde farklılaştığı görülmektedir (Tablo 4.20). En düşük

pH değerleri 7.52 ile 2021 EÖ örnekleme döneminde, en yüksek pH değerleri ise 8.49 ile 2022 HS örnekleme döneminde elde edilirken deneme alanı topraklarının pH değerlerinin genel olarak her bir örnekleme dönemiyle birlikte artış eğiliminde olduğu tespit edilmiştir. Farklı örnekleme dönemlerinin toprakların EC değerleri üzerine etkileri de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek EC değerleri 2022 HS örnekleme döneminde elde edilmiştir. Ayrıca bu örnekleme dönemi dışındaki diğer üç örnekleme döneminin toprakların EC değerleri üzerinde benzer en düşük istatistiksel etkileri olduğu görülmüştür (Tablo 4.20).

Tablo 4.20. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının pH, elektriksel iletkenlik, organik madde ve toplam azot üzerine etkileri

Ana Etkiler	pH	EC (dS m ⁻¹)	OM (%)	TN (%)
Örnekleme Dönemi (ÖD)				
2021 EÖ	7.52 d	0.16 b	1.91 b	0.14 b
2021 HS	8.24 c	0.16 b	1.93 b	0.11 c
2022 EÖ	8.33 b	0.17 b	1.81 b	0.11 c
2022 HS	8.49 a	0.28 a	2.46 a	0.17 a
Toprak Derinliği (TD)				
0-20 cm	8.14	0.21 a	2.11 a	0.14
20-40 cm	8.15	0.17 b	1.95 b	0.13
Malç Uygulaması (MU)				
Kontrol (Malçsız)	8.13 ab	0.19	2.09	0.13
GPM	8.17 a	0.19	1.92	0.13
BPM-1	8.16 ab	0.19	1.98	0.14
BPM-2	8.16 ab	0.20	2.14	0.13
BKM	8.10 b	0.18	2.02	0.13
İki Yönlü ANOVA		p-değerleri		
ÖD	***	***	***	***
TD	öd	***	**	öd
MU	**	öd	öd	öd
ÖDxTD	**	***	öd	öd
ÖDxMU	öd	öd	*	öd
TDxMU	öd	öd	öd	öd
ÖDxTDxMU	öd	öd	öd	öd

EÖ: Ekim öncesi; HS: Hasat Sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması; öd: Önemli değil; *: p<0.05; **: p<0.01; ***: p<0.001.

İki yıl süresince toprak örneklemelerinin gerçekleştirildiği farklı örnekleme dönemlerinde deneme alanı topraklarının OM içeriğinin önemli düzeylerde değiştiği görülmektedir (Tablo 4.20). En yüksek ortalama OM içeriği 2022 HS örnekleme döneminde %2.46 olarak belirlenirken, diğer örnekleme dönemlerinin (2021 EÖ, 2021 HS ve 2022 EÖ) toprak OM içeriğinin değişimleri üzerinde benzer en düşük istatistiksel etkilere sahip olduğu bulunduğu görülmüştür. Farklı örnekleme

dönemlerinde toprak TN değerlerinin de önemli düzeylerde değiştiği görülmektedir (Tablo 4.20). Deneme alanı topraklarında en yüksek TN değerleri 2022 HS örnekleme döneminde belirlenirken, 2021 HS ve 2022 EÖ örnekleme dönemlerinin deneme alanı topraklarının TN değerlerinin değişkenliği üzerinde benzer en düşük istatistiksel etkilerinin bulunduğu görülmüştür. Ayrıca 2021 EÖ örnekleme döneminin de TN değerlerinin değişkenliği üzerinde diğer üç örnekleme döneminden istatistiksel olarak farklı bir etkisinin olduğu da tespit edilmiştir (Tablo 4.20).

Farklı toprak derinliklerinin deneme alanı topraklarının EC değerlerinin değişkenliği üzerine etkileri incelendiğinde yüzey toprak derinliğinde EC değerlerinin alt toprak derinliğinden istatistiksel olarak $p<0.001$ düzeyinde daha yüksek olduğu görülmektedir (Tablo 4.20). Deneme alanı topraklarının yüzey toprak derinliğinde daha fazla tuz içeriğine sahip olmasının muhtemel nedenleri, deneme süresince toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmalar sonrasında alt toprak derinliğinden kapillar hareketle toprak yüzeyine tuz taşınımının gerçekleşmiş olması veya denemede test bitkisinin sulanması sırasında kuyu suyu ile deneme alanına tuz taşınımının gerçekleşmiş olması olabilir. Toprak OM içeriğinin toprak derinliğine göre değişimleri değerlendirildiğinde ise artan toprak derinliğiyle birlikte toprakların OM içeriğinin azaldığı görülmektedir. Yüzey toprak derinliği %2.11'lik OM içeriği ile en yüksek değeri alırken alt toprak derinliğinde OM içeriği %1.95 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.20). Çakılı arazi denemesinde yürütülen metodolojiye göre, deneme alanına 2020 ve 2021 yılları sonbahar döneminde yeşil gübre olarak kullanılmak üzere ekilen fiğ bitkisi, 2021 ve 2022 yılları ilkbahar döneminde çiçeklenme aşamasında iken organik madde kaynağı olması amacıyla pulluk ile toprak içerisine sürülmüştür. Bu bağlamda, yüzey toprak derinliğindeki OM artışının önemli bir nedeninin tez çalışmasının yürütüldüğü iki yıl boyunca deneme alanında fiğ bitkisi kullanılarak yürütülen bu yeşil gübreleme yönetiminin olabileceği değerlendirilmektedir.

Farklı malç uygulamalarının toprak pH değerleri üzerine etkileri incelendiğinde, GPM uygulamasının ortalama toprak pH'sını en fazla artıran malç uygulaması olduğu görülürken, BKM uygulaması altındaki toprakların ortalama pH değerlerinin ise GPM uygulaması altındaki toprakların ortalama pH değerlerinden istatistiksel olarak $p<0.001$ düzeyinde daha düşük olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte Kontrol (Malçsız), BPM-1 ve BPM-2 uygulamalarının ise toprakların pH

değerleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkilerinin olmadığı da bulunmuştur (Tablo 4.20). Wu et al (2022) karasal topraklardaki plastik kirliliği üzerine gerçekleştirdikleri araştırmada, plastik malç film uygulamasının kısa süre içinde toprak pH'sı ve organik madde içeriği gibi fizikokimyasal özelliklerini etkilemediğini belirtmişlerdir. Zhang et al (2019), geleneksel polietilen plastik malç film uygulaması ile daha iyi izole olmuş topraklarda oluşan mikroklimatik koşulların, topraklardaki geçici pH değişimlerini kontrol etmede dikkate değer bir etkisinin olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, Lammel et al (2018)'de mikroklimatik koşulların yanı sıra artan mikrobiyal aktivitelerin etkisiyle toprakların pH değerlerinde önemli değişkenliklerin gerçekleşebileceğini belirtmişlerdir. Bu çalışmada pH ile ilgili elde edilen sonuçların diğer araştırmacılar tarafından bildirilen sonuçlarla uyumlu olduğu, GPM, BPM-1 ve BPM-2 uygulamaları altındaki topraklarda yüksek pH değerlerinin bulunmuş olmasıyla desteklenmektedir. Buna karşın bu çalışmada sunulan bulgulardan farklı olarak plastik malç film uygulamalarının toprakların pH değerlerini düşürdüğünü rapor eden çalışmalarda bulunmaktadır (Santini et al., 2022; Bo et al., 2022; Zhang et al., 2018; Alharbi, 2017). Reid et al (2020)'da iki farklı lokasyonda yürüttükleri çalışmada, iki farklı biyolojik olarak parçalanabilen malç (polilaktik asit ve nişasta-polyester temelli biyoplastik malçlar) ve kompost uygulamalarının toprak kimyasal ve fiziksel özellikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Polilaktik asit içerikli biyoplastik malç kalıntısının toprağa dahil edilmesinden 6 ay sonra toprakların nitrat içeriğinin azaldığını rapor etmişlerdir. Sintim et al (2020) hasattan sonra plastik malç uygulaması altında kalan toprakların nitrat ve nitrit içeriklerinin, artan verim ve buna bağlı olarak artan bitki besin maddesi alımı nedeniyle, malçsız uygulamaya karşın daha düşük (4.1 kg ha^{-1} ila 7.3 kg ha^{-1}) olduğunu bildirmişlerdir.

Deneme alanında etkileri incelenen değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimleri incelendiğinde, ÖDxTD etkileşiminin deneme alanı topraklarının pH değerlerinde $p<0.01$ düzeyinde, EC değerlerinde ise $p<0.001$ düzeyinde, ÖDxMU etkileşiminin de deneme alanı topraklarının OM içeriğinde $p<0.05$ düzeyinde anlamlı olarak farklılıklar yarattığı görülmüştür (Tablo 4.20).

4.3. Toprakların Tarla Kapasitesi, Daimi Solma Noktası ve Yarayışlı Su İçeriği Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri

Çakılı arazi deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi değerlerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.21’de verilmiştir.

Tablo 4.21. Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi içeriklerine ilişkin 2021ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	22.16	2.07	25.61	1.11
		GPM	24.59	1.21	24.12	1.21
		BPM-1	22.97	2.45	22.56	2.27
		BPM-2	23.13	2.16	23.43	2.88
		BKM	24.52	1.45	24.32	2.17
		Toplam (n=15)	23.47	1.90	24.00	2.02
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	23.84	1.20	25.63	0.90
		GPM	25.06	1.25	25.84	0.68
		BPM-1	24.49	2.85	23.37	2.93
		BPM-2	24.15	2.13	22.40	4.80
		BKM	23.36	1.97	25.16	2.27
		Toplam (n=15)	24.18	1.77	24.48	2.72
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	23.56	0.75	24.00	2.78
		GPM	25.82	0.86	24.58	1.71
		BPM-1	25.24	1.50	23.94	2.78
		BPM-2	22.99	1.09	23.84	2.91
		BKM	26.06	0.93	25.46	1.73
		Toplam (n=15)	24.73	1.56	24.36	2.16
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	24.89	0.73	25.70	1.88
		GPM	25.60	0.64	26.10	0.75
		BPM-1	25.29	1.64	23.65	0.70
		BPM-2	24.98	0.88	25.48	2.28
		BKM	26.12	0.66	25.87	2.25
		Toplam (n=15)	25.38	0.95	25.36	1.72

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Tabloda sunulan ortalama tarla kapasitesine ilişkin sonuçlar en yüksek ve en düşük değerler bakımından incelendiğinde, tez çalışmasının yürütüldüğü her iki yılda da toprakların tarla kapasitesi değerlerinin incelenen değişkenlik kaynaklarının etkisiyle düzensiz değişkenlikler sergilediği görülmektedir. Deneme alanında yürütülen ekim öncesi dönem toprak örnekleme çalışmaları sonrasında 2021 yılında en yüksek ortalama tarla kapasitesi değeri, alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde %25.06 olarak bulunurken, en düşük ortalama tarla kapasitesi değeri yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %22.16 olarak

belirlenmiştir. Aynı örnekleme döneminde 2022 yılına ait en yüksek ve en düşük ortalama tarla kapasitesi değerlerinin de alt toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde %25.84 olarak ve BPM-2 uygulama parsellerinde %22.40 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.21). Aynı toprak örnekleme döneminde tarla kapasitesinin değişimleri toplam ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde, toplam ortalama tarla kapasitesi değerinin 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde %23.47 ve 20-40 cm toprak derinliğinde %24.18, 2022 yılında ise yüzey toprak derinliğinde %24.00 ve alt toprak derinliğinde %24.48 olarak değiştiği görülmektedir (Tablo 4.21). Bu sonuçlar çalışma alanı topraklarının toplam ortalama tarla kapasitesi değerleri bakımından her iki toprak derinliğinde de birinci yıla oranla ikinci yılda daha yüksek değerler aldığını ortaya koymaktadır (Tablo 4.21).

Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde tarla kapasitesi değerine ilişkin en yüksek değerler 2021 yılında alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde, 2022 yılında ise yine aynı toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde ölçülmüştür. Buna karşın en düşük ortalama tarla kapasitesi değerleri ise 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde, 2022 yılında alt toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde ölçülmüştür. Çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi değerine ilişkin değişkenlikler toplam ortalama tarla kapasitesi değerleri üzerinden incelendiğinde ise 2021 ve 2022 yılları için çalışma alanı topraklarının tarla kapasitesi değerinin yüzey toprak derinliğinde sırasıyla %24.73 ve %24.36 olarak ölçülürken, alt toprak derinliğinde de yine sırasıyla %25.38 ve %25.36 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.21).

Çalışma alanı topraklarının ortalama tarla kapasitesi değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerini incelemek için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) yapılmıştır (Tablo 4.22). Çakılı deneme alanı topraklarının ortalama tarla kapasitesi değerlerinin, farklı malç uygulamalarının etkisiyle anlamlı olarak ($p<0.05$) değiştiği görülmektedir. Buna karşın farklı örnekleme dönemleri ($p=0.06$) ile toprak derinliklerinin ($p=0.05$) yanı sıra değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin deneme alanı topraklarının ortalama tarla kapasitesi değerleri üzerinde herhangi bir anlamlı istatistiksel etkisinin bulunmadığı da belirlenmiştir (Tablo 4.22).

Tablo 4.22. Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	28.73	3.00	9.58	2.510	0.06
Toprak Derinliği (TD)	14.91	1.00	14.92	3.909	0.05
Malç Uygulaması (MU)	40.57	4.00	10.14	2.658	0.04
ÖDxTD	1.05	3.00	0.35	0.092	0.96
ÖDxMU	38.92	12.00	3.24	0.850	0.60
TDxMU	4.67	4.00	1.17	0.306	0.87
ÖDxTDxMU	19.94	12.00	1.66	0.435	0.94
Hata	305.30	80.00	3.82		
Toplam	72480.67	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Çalışma alanı topraklarının daimi solma noktası değerleri ile ilgili bazı tanımlayıcı istatistiklere ilişkin sonuçlar Tablo 4.23’de verilmiştir.

Tablo 4.23. Deneme alanı topraklarının daimi solma noktası içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	13.48	0.65	13.89	0.62
		GPM	13.66	0.69	13.71	0.41
		BPM-1	13.23	1.43	13.08	1.27
		BPM-2	13.02	0.75	13.48	0.82
		BKM	14.34	1.23	13.75	1.08
		Toplam (n=15)	13.54	0.97	13.58	0.81
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	13.64	0.81	13.96	0.63
		GPM	14.00	0.89	13.75	0.54
		BPM-1	13.87	1.56	13.63	1.64
		BPM-2	13.47	1.06	13.36	0.86
		BKM	14.11	1.35	13.95	1.06
		Toplam (n=15)	13.82	1.02	13.73	0.89
	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	12.86	1.08	13.02	0.33
		GPM	13.04	0.80	13.57	0.81
		BPM-1	13.30	1.39	13.51	1.14
		BPM-2	13.12	0.88	13.12	0.74
		BKM	13.31	1.34	13.69	0.67
		Toplam (n=15)	13.12	0.97	13.38	0.71
HS	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	13.00	1.15	13.75	0.97
		GPM	12.97	0.78	13.95	0.88
		BPM-1	13.36	1.51	14.04	1.11
		BPM-2	13.19	0.87	13.67	0.43
		BKM	13.72	0.77	14.24	0.80
		Toplam (n=15)	13.25	0.94	13.93	0.76

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Ekim öncesi toprak örnekleme döneminde en yüksek daimi solma noktası değerleri 2021 yılında %14.34 olarak yüzey toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde, 2022 yılında da alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parselinde %13.96 olarak tespit edilmiştir. 2021 yılında ekim öncesi toprak örnekleme dönemi en düşük daimi solma noktası değerleri yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde %13.02 olarak belirlenirken, 2022 yılında ise yine aynı toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde %13.08 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.23).

Buna karşın hasat sonrası toprak örnekleme döneminde 2021 yılında en yüksek ve en düşük daimi solma noktası değerlerinin sırasıyla alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde %13.72 olarak ve yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %12.86 olarak ölçülmüştür. 2022 yılına ait en yüksek ve en düşük daimi solma noktası değerlerinin ise sırasıyla yine alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde %14.24 olarak ve yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %13.02 olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.23). Deneme alanı topraklarının daimi solma noktasına ilişkin sonuçları toplam ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirildiğinde, ekim öncesi toprak örnekleme döneminde yüzey toprak derinliğinde 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla %13.54 ve %13.58 olarak, alt toprak derinliğinde ise %13.82 ve %13.73 olarak belirlendiği görülmektedir. Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde toplam ortalama daimi solma noktası değerlerinin ise 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %13.12 ve %13.25 olarak ölçülürken, 2022 yılında aynı toprak derinliklerinde sırasıyla %13.38 ve %13.93 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.23).

Çalışma alanı topraklarının ortalama daimi solma noktası değerleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) kullanılarak değerlendirilmiştir (Tablo 4.24). Elde edilen varyans analizi sonuçları, deneme alanı topraklarının ortalama daimi solma noktası değerleri üzerine çalışmada etkileri incelenen değişkenlik kaynakları ile onların ikili ve üçlü etkileşimlerinin istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin olmadığı tespit edilmiştir (Tablo 4.24).

Tablo 4.24. Deneme alanı topraklarının daimi solma noktası içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	5.19	3.00	1.73	1.73	0.16
Toprak Derinliği (TD)	2.23	1.00	2.24	2.23	0.14
Malç Uygulaması (MU)	4.54	4.00	1.13	1.13	0.35
ÖDxTD	0.84	3.00	0.28	0.28	0.84
ÖDxMU	3.23	12.00	0.27	0.27	0.99
TDxMU	0.25	4.00	0.06	0.06	0.99
ÖDxTDxMU	1.07	12.00	0.09	0.09	1.00
Hata	80.14	80.00	1.00		
Toplam	22121.67	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının yarayışlı su içeriğine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistik sonuçları Tablo 4.25’de sunulmuştur.

Tablo 4.25. Deneme alanı topraklarının yarayışlı su içeriklerine ilişkin 2021-2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	8.68	2.43	11.71	0.98
		GPM	10.93	0.51	10.40	0.79
		BPM-1	9.74	1.22	9.47	1.06
		BPM-2	10.11	1.41	9.95	2.06
		BKM	10.18	0.36	10.56	1.20
		Toplam (n=15)	9.92	1.40	10.42	1.34
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	10.19	1.63	11.67	0.56
		GPM	11.05	0.40	12.09	0.56
		BPM-1	10.62	1.37	9.74	1.45
		BPM-2	10.68	1.16	9.04	3.97
		BKM	9.25	2.09	11.20	1.42
		Toplam (n=15)	10.36	1.38	10.75	2.09
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	10.70	0.33	10.97	2.52
		GPM	12.78	1.31	11.00	0.93
		BPM-1	11.94	0.83	10.43	1.65
		BPM-2	9.87	0.51	10.71	2.19
		BKM	12.75	0.63	11.77	1.07
		Toplam (n=15)	11.61	1.37	10.98	1.58
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	11.89	0.52	11.95	1.08
		GPM	12.63	0.56	12.15	1.61
		BPM-1	11.93	0.33	9.60	0.92
		BPM-2	11.79	0.07	11.80	1.87
		BKM	12.40	0.13	11.62	1.54
		Toplam (n=15)	12.13	0.46	11.42	1.55

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönemde gerçekleştirilen toprak örneklemleri sonrasında 2021 ve 2022 yıllarında en yüksek ortalama yarayışlı su içerikleri, alt toprak derinliğinde GPM parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama yarayışlı su içeriklerinin 2021 ve 2022 yıllarında sırasıyla yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve alt toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde elde edildiği görülmektedir (Tablo 4.25).

Hasat sonrası dönem toprak örneklemlerinde ise 2021 yılında en yüksek ve en düşük ortalama yarayışlı su içerikleri yüzey toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde ve BPM-2 uygulama parsellerinde ölçülmüştür. 2022 yılında ise en yüksek ve en düşük ortalama yarayışlı su içerikleri alt toprak derinliğinde sırasıyla GPM uygulama parsellerinde ve BPM-1 uygulama parsellerinde tespit edilmiştir. Deneme alanında yarayışlı su içerikleri ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama yarayışlı su içerikleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde, toprakların yarayışlı su içeriklerinin 2021 yılında ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %9.92 ve %10.36 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.25). Hasat sonrası örnekleme döneminde ise toplam ortalama yarayışlı su içerikleri yine aynı toprak derinliklerinde sırasıyla %11.61 ve %12.13 olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.25). Benzer değerlendirmeler 2022 yılı için yapıldığında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde toprakların yarayışlı su içerikleri sırasıyla %10.42 ve %10.75 olarak bulunurken, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla %10.98 ve %11.42 olarak ölçülmüştür (Tablo 4.25).

Çalışma alanı topraklarının ortalama yarayışlı su içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri, iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir (Tablo 4.26). Çakılı deneme alanında toprakların ortalama yarayışlı su içerikleri, farklı örnekleme dönemleri ($p<0.001$) ve malç uygulamalarının ($p<0.05$) etkisiyle istatistiksel olarak anlamlı düzeyde değiştiği tespit edilmiştir. Ortalama yarayışlı su içerikleri üzerine farklı toprak derinlikleri ($p=0.09$) ile incelenen değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin anlamlı bir istatistiksel etkisinin bulunmadığı da belirlenmiştir (Tablo 4.26).

Tablo 4.26. Deneme alanı topraklarının yarayışlı su içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ait iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	50.74	3.00	16.91	8.47	0.00
Toprak Derinliği (TD)	5.60	1.00	5.60	2.80	0.09
Malç Uygulaması (MU)	24.13	4.00	6.03	3.02	0.02
ÖDxTD	0.14	3.00	0.05	0.02	0.99
ÖDxMU	34.84	12.00	2.90	1.45	0.16
TDxMU	5.27	4.00	1.32	0.66	0.62
ÖDxTDxMU	15.76	12.00	1.31	0.66	0.78
Hata	159.74	80.00	1.99		
Toplam	14688.91	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Çalışmanın değişkenlik kaynaklarından örnekleme dönemlerinin yalnızca toprak yarayışlı su içerikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı bulunmuştur (Tablo 4.27). İki yıl süreyle ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere dört farklı toprak örnekleme döneminin etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek bitkiye yarayışlı su içeriğinin %11.87 ile 2021 HS örnekleme döneminde, en düşük bitkiye yarayışlı su içeriğinin ise %10.15 ile 2021 EÖ döneminde belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.27). Çalışma alanında 2022 yılında yürütülen örnekleme dönemlerinden 2022 EÖ örnekleme döneminin bitkiye yarayışlı su içeriği üzerine 2021 EÖ ve 2022 HS örnekleme dönemleri ile benzer istatistiksel etkileri olduğu belirlenirken, 2022 HS örnekleme döneminin ise 2022 EÖ örnekleme döneminin yanı sıra 2021 HS örnekleme dönemi ile bitkiye yarayışlı su içeriği üzerine benzer istatistiksel etkileri olduğu görülmüştür (Tablo 4.27).

Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarından malç uygulamalarının deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi ile bitkiye yarayışlı su içerikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı belirlenmiştir (Tablo 4.27). Geleneksel polietilen plastik malç uygulaması çalışmada etkileri araştırılan diğer malç uygulamaları ile karşılaştırıldığında deneme alanı topraklarının tarla kapasitesini ve yarayışlı su içeriğini en fazla artıran uygulama olduğu görülmektedir. Bununla birlikte BKM uygulamasının da deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi değerleri üzerinde GPM uygulaması ile benzer en yüksek istatistiksel etkiye sahip bir başka malç uygulaması olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.27).

Biyobozunur plastik malç-2 uygulamasının ise hem tarla kapasitesi hem de bitkiye yarayışlı su içeriği üzerinde en düşük istatistiksel etkiye sahip malç uygulaması olduğu, BPM-1 uygulamasının da deneme alanı topraklarının tarla

kapasitesi değerleri üzerine en düşük istatistiksel etki bakımından BPM-2 uygulamasına eşlik ettiği belirlenmiştir. Ayrıca Kontrol (Malçsız) uygulamasının da her iki toprak özelliği üzerinde anlamlı etkisi bulunmayan tek malç uygulaması olduğu da görölmüştür (Tablo 4.27).

Tablo 4.27. Farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve yarayışlı su içeriği üzerine etkileri

Ana Etkiler	TK	DSN	YSİ
		(%)	
Örnekleme Dönemi (ÖD)			
2021 EÖ	23.83	13.68	10.15 c
2021 HS	25.06	13.19	11.87 a
2022 EÖ	24.25	13.66	10.59 bc
2022 HS	24.86	13.66	11.20 ab
Toprak Derinliği (TD)			
0-20 cm	24.15	13.41	10.74
20-40 cm	24.85	13.68	11.17
Malç Uygulaması (MU)			
Kontrol	24.43 ab	13.45	10.97 ab
GPM	25.22 a	13.58	11.63 a
BPM-1	23.94 b	13.50	10.44 b
BPM-2	23.80 b	13.31	10.50 ab
BKM	25.11 a	13.89	11.22 ab
İki Yönlü ANOVA			
ÖD	öd	öd	***
TD	öd	öd	öd
MU	*	öd	*
ÖDxTD	öd	öd	öd
ÖDxMU	öd	öd	öd
TDxMU	öd	öd	öd
ÖDxTDxMU	öd	öd	öd

EÖ: Ekim öncesi; HS: Hasat Sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması; öd: Önemli değil; *: $p<0.05$; **: $p<0.01$; ***: $p<0.001$.

Malç uygulaması, genel bir etki olarak toprak yüzeyinde yaratmış olduğu fiziksel bariyer ile toprak yüzeyinden buharlaşma yoluyla su kayıplarını azaltarak toprakların nem içeriğini artırmaktadır (Huang et al., 2005; Anikwe et al., 2007; Mulumba and Lal, 2008; Wang et al., 2009; Yu et al., 2018). Sun et al (2018), %0, %10, %15 ve %20 nişasta karışımı içeren dört farklı nişasta/polibütül adipat tereftalat biyobozunur malç film, polietilen plastik malç ve malçsız (kontrol) uygulamalarının toprak nem içeriği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Toprak nem içeriği üzerine, %15 nişasta içeren nişasta/polibütülen adipat tereftalat (PBAT) biyobozunur malç filminin dikimden sonraki 20. günde 0-40 cm toprak derinliğinde polietilen plastik

malça benzer bir etkisinin olduğunu, dikimden sonraki 40., 60. ve 120. günlerde daha düşük ancak 80. ve 100. günlerde ise biyobozunma nedeniyle artan yağmur infiltrasyonundan kaynaklı olarak daha yüksek bulunduğunu rapor etmiştir. Zhao et al (2011)'de bu çalışmada BPM-1 ile ilgili elde edilen bulgulara benzer olarak, biyobozunur malç filmle örtülen topraklarda, biyobozunur malç filmin bitki gelişim sezonu içerisinde zamanla parçalanması ve toprak yüzeyini çıplak bırakması nedeniyle su depolama kapasitesinin azaldığını bildirmektedir. Zhang et al (2019)'da yine bizim bulgularımıza benzer olarak biyobozunur kağıt malç uygulamasının toprak sıcaklığını azaltarak toprak nemini artırdığını bildirmiştir. Yisfa et al (2023) organik ve inorganik malçların toprağın nem içeriği ve su verimliliği üzerindeki etkilerini araştırdıkları çalışmada beyaz plastik malç, siyah plastik malç ve keten samanı malcı uygulamalarının toprağın nem içeriğini sırasıyla %16, %10.8 ve %3.5 oranında artırdığını rapor etmişlerdir.

Bunların yanı sıra deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi, daimi solma noktası ve bitkiye yarayışlı su içeriği üzerine çalışmadaki değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinin ise anlamlı farklılıklar yaratmadığı da belirlenmiştir (Tablo 4.27).

4.4. Toprakların Farklı Tansiyonlardaki (0.0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06, 0.1 atm) Hacimsel Nem İçerikleri Üzerine Değişkenlik Kaynaklarının Etkileri

Deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.28'de verilmiştir. Tabloda sunulan toprakların 0.0 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriklerine ilişkin sonuçlar en yüksek ve en düşük değerler bakımından incelendiğinde, çalışmanın yürütüldüğü her iki yılda da 0.0 atmosfer tansiyonda hacimsel nem içeriği değerlerinin incelenen değişkenlik kaynaklarının etkisiyle düzensiz değişimler sergilediği görülmektedir (Tablo 4.28).

Ekim öncesi dönem toprak örnekleme çalışmaları sonrasında 2021 yılında 0.0 atmosfer tansiyonda deneme alanı topraklarının en yüksek ortalama hacimsel nem içeriği, yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde %55.57 olarak bulunmuştur. Aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama hacimsel nem içeriği alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde %49.85 olarak belirlenmiştir. 2022

Tablo 4.28. Deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	53.82	2.53	51.68	3.13
		GPM	55.17	2.25	49.90	1.49
		BPM-1	55.57	0.59	50.57	1.90
		BPM-2	54.46	0.51	49.00	1.85
		BKM	54.76	3.02	53.54	0.41
		Toplam (n=15)	54.75	1.85	50.94	2.32
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	50.48	2.16	47.75	2.06
		GPM	49.85	2.68	47.05	1.84
		BPM-1	50.60	0.35	45.99	2.00
		BPM-2	52.01	1.12	45.21	1.53
		BKM	51.41	1.95	48.24	0.60
		Toplam (n=15)	50.87	1.74	46.85	1.84
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	48.12	1.51	53.27	1.86
		GPM	49.05	0.17	55.24	0.25
		BPM-1	47.98	1.61	54.14	1.09
		BPM-2	48.84	0.34	54.76	2.51
		BKM	47.62	1.66	51.33	1.93
		Toplam (n=15)	48.32	1.19	53.75	2.03
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	44.83	2.33	45.49	1.79
		GPM	46.13	1.03	46.99	0.48
		BPM-1	46.57	2.02	45.93	0.47
		BPM-2	44.91	1.33	47.53	1.90
		BKM	46.02	0.94	47.26	3.67
		Toplam (n=15)	45.69	1.55	46.64	1.90

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

yılında ekim öncesi toprak örnekleme döneminde 0.0 atmosfer tansiyonda en yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içeriklerinin ise sırasıyla yüzey toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde %53.54 olarak ve alt toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde %45.21 olarak tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.28). Bunların yanı sıra deneme alanı topraklarının ekim öncesi toprak örnekleme döneminde 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili değişimleri toplam ortalama değerler dikkate alınarak incelendiğinde, toplam ortalama hacimsel nem içeriklerinin 2021 yılında yüzey toprak derinliğinde %54.75 ve alt toprak derinliğinde %50.87, 2022 yılında ise yüzey toprak derinliğinde %50.94 ve alt toprak derinliğinde %46.85 olarak azaldığı görülmektedir (Tablo 4.28). Bu sonuçlar her iki toprak derinliğinde de deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin ikinci yılda azaldığını ortaya koymuştur.

Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki en yüksek hacimsel nem içerikleri 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde aynı malç uygulama parsellerinde(GPM) ölçülmüştür. Buna karşın 0.0 atmosfer tansiyonda toprakların en düşük ortalama hacimsel nem içerikleri ise 2021 ve 2022 yılında alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ölçülmüştür. Çalışma alanında toprakları 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri toplam ortalama hacimsel nem içeriği değerleri üzerinden incelendiğinde, 2021 ve 2022 yılları için yüzey toprak derinliğinde sırasıyla %48.32 ve %53.75 olarak ölçülürken, alt toprak derinliğinde de yine sırasıyla %45.69 ve %46.64 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.28). Ekim öncesi örnekleme döneminin aksine hasat sonrası örnekleme döneminde deneme alanı topraklarının toplam ortalama hacimsel nem içeriklerinin denemenin ikinci yılında arttığı görülmektedir.

Çalışma alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir (Tablo 4.29).

Tablo 4.29. Deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	535.02	3.00	178.34	55.43	0.00
Toprak Derinliği (TD)	588.30	1.00	588.30	182.84	0.00
Malç Uygulaması (MU)	5.66	4.00	1.42	0.44	0.78
ÖDxTD	81.07	3.00	27.02	8.40	0.00
ÖDxMU	73.98	12.00	6.16	1.92	0.04
TDxMU	6.32	4.00	1.58	0.49	0.74
ÖDxTDxMU	33.02	12.00	2.75	0.85	0.59
Hata	257.41	80.00	3.22		
Toplam	298347.54	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Elde edilen varyans analizi sonuçları, 0.0 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemlerinin ve toprak derinliklerinin $p < 0.001$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin () olduğunu göstermiştir. Malç uygulamalarının ise deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine herhangi bir istatistiksel etkisinin ($p = 0.78$) bulunmadığı da belirlenmiştir. Bunların yanı sıra çalışmadaki

değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinden ÖDxTD etkileşiminin [F(3,120)=8.40] deneme alanı topraklarının 0.0 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine $p<0.001$ düzeyinde, ÖDxMU etkileşiminin [F(12,120)=1.92] ise $p<0.05$ düzeyinde anlamlı istatistiksel etkilerinin olduğu da tespit edilmiştir (Tablo 4.29).

Çalışma alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili tanımlayıcı istatistiklere ilişkin sonuçlar Tablo 4.30'da verilmiştir.

Tablo 4.30. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	48.64	3.73	47.56	1.95
		GPM	50.13	0.59	46.43	1.29
		BPM-1	52.06	0.56	46.11	1.83
		BPM-2	51.04	0.47	44.58	2.01
		BKM	50.20	0.78	48.91	1.23
		Toplam (n=15)	50.41	1.89	46.72	2.07
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	46.59	1.64	44.87	1.37
		GPM	46.11	2.69	44.16	1.46
		BPM-1	47.30	0.62	43.16	2.17
		BPM-2	48.25	0.88	42.90	0.58
		BKM	47.16	1.48	45.22	0.80
		Toplam (n=15)	47.08	1.56	44.06	1.50
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	45.50	1.55	47.87	2.48
		GPM	45.97	0.58	48.91	1.82
		BPM-1	45.55	1.66	46.70	1.59
		BPM-2	46.71	0.31	46.50	2.90
		BKM	44.98	1.44	45.78	2.11
		Toplam (n=15)	45.74	1.20	47.16	2.20
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	42.51	1.43	43.28	1.70
		GPM	43.80	0.70	44.25	0.33
		BPM-1	43.33	2.13	43.19	0.66
		BPM-2	42.70	1.23	43.82	3.01
		BKM	43.39	0.77	43.79	2.33
		Toplam (n=15)	43.14	1.24	43.67	1.65

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Ekim öncesi toprak örnekleme döneminde 0.01 atmosfer tansiyonda deneme alanı topraklarına ait en yüksek hacimsel nem içerikleri 2021 yılında %52.06 olarak yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde, 2022 yılında da yine aynı toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde %48.91 olarak tespit edilmiştir. Ekim öncesi toprak örnekleme döneminde 0.01 atmosfer tansiyonda en düşük hacimsel nem içerikleri 2021 yılında alt toprak derinliğinde BPM-1 uygulama

parsellerinde %46.11 olarak, 2022 yılında da aynı toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde %42.90 olarak ölçüldüğü görülmektedir (Tablo 4.30). Diğer taraftan hasat sonrası örnekleme döneminde 0.01 atmosfer tansiyonda en yüksek ve en düşük hacimsel nem içerikleri 2021 yılında sırasıyla yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde %46.71 olarak ve alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde %42.51 olarak bulunmuştur. 2022 yılında 0.01 atmosfer tansiyondaki en yüksek ve en düşük hacimsel nem içeriklerinin de sırasıyla yüzey toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde %48.91 olarak ve alt toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde %43.19 olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.30).

Çakılı deneme alanında toprakların 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama hacimsel nem içerikleri ile değerlendirildiğinde ekim öncesi örnekleme döneminde 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde sırasıyla %50.41 ve %46.72 olarak, alt toprak derinliğinde ise %47.08 ve %44.06 olarak belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.30).

Hasat sonrası toprak örnekleme döneminde ise toplam ortalama hacimsel nem içeriklerinin 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %45.74 ve %43.14 olarak ölçülürken, 2022 yılında aynı toprak derinliklerinde sırasıyla %47.16 ve %43.67 olarak ölçülmüştür. Ayrıca toplam ortalama değerler dikkate alındığında, deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin ekim öncesi toprak örnekleme dönemlerinde ikinci yılda daha yüksek olduğu ancak hasat sonrası toprak örnekleme dönemlerinde ise tersi bir değişkenliğin olduğu görülmektedir (Tablo 4.30).

Çalışma alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir (Tablo 4.31). Varyans analizinde elde edilen sonuçları, deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriklerinin farklı örnekleme dönemleri ve toprak derinliklerinin etkisiyle $p < 0.001$ düzeyinde anlamlı olarak değiştiğini ortaya koymuştur. Farklı malç uygulamalarının 0.01 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine anlamlı bir istatistiksel etkisinin ($p = 0.88$) ise bulunmadığı görülmüştür. Bunların yanı sıra ÖDxTD etkileşiminin $p < 0.001$ düzeyinde, ÖDxMU etkileşiminin $[F(12,120) = 2.15]$ ise

$p < 0.05$ düzeyinde deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriğini değiştirdiği de tespit edilmiştir (Tablo 4.31).

Tablo 4.31. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı rneklemme dönemleri, toprak derinlikleri ve mal uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örneklemme Dönemi (D)	320.70	3.00	106.90	37.88	0.00
Toprak Derinliği (TD)	273.85	1.00	273.85	97.04	0.00
Mal Uygulaması (MU)	3.29	4.00	0.82	0.29	0.88
DxTD	4.80	3.00	1.60	0.56	0.63
DxMU	72.95	12.00	6.08	2.15	0.02
TDxMU	2.56	4.00	0.64	0.23	0.92
DxTDxMU	20.90	12.00	1.74	0.61	0.82
Hata	225.75	80.00	2.82		
Toplam	254881.63	120.00			

D: Örneklemme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Mal uygulaması.

Deneme alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.32’de sunulmuştur. Tez çalışmasının yürütüldüğü deneme alanında gerçekleştirilen ekim öncesi dönem toprak örneklemeleri sonrasında en yüksek ortalama hacimsel nem içerikleri 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde sırasıyla BPM-2 uygulama parsellerinde ve BKM uygulama parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı rneklemme döneminde en düşük ortalama hacimsel nem içerikleri 2021 yılında alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde ve 2022 yılında ise aynı toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde elde edildiği grlmştir (Tablo 4.32).

Hasat sonrası dönem toprak örneklemelerinde en yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içeriklerinin ise 2021 yılında sırasıyla yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde ve alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde llmştir. En yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içerikleri 2022 yılında ise yüzey toprak derinliğinde sırasıyla Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve BPM-1 uygulama parsellerinde tespit edilmiştir (Tablo 4.32).

Deneme alanında 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama hacimsel nem içerikleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde 2021 yılında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi rneklemme döneminde sırasıyla %46.61 ve %44.27 olarak llmştir. Hasat sonrası

Tablo 4.32. Deneme alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	45.78	1.63	42.65	0.29
		GPM	45.53	0.85	43.14	1.80
		BPM-1	47.69	1.08	42.47	1.69
		BPM-2	47.77	0.83	42.76	1.68
		BKM	46.28	1.15	44.63	1.96
		Toplam (n=15)	46.61	1.38	43.13	1.58
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	44.38	0.51	43.95	1.52
		GPM	42.63	0.50	43.49	1.32
		BPM-1	45.10	0.49	42.42	2.10
		BPM-2	44.91	0.89	42.58	0.54
		BKM	44.32	1.62	44.40	0.06
		Toplam (n=15)	44.27	1.18	43.37	1.37
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	43.08	0.68	43.33	2.11
		GPM	43.18	0.48	43.01	2.05
		BPM-1	43.64	1.00	41.46	1.13
		BPM-2	44.19	1.15	42.36	2.70
		BKM	43.15	0.59	41.79	2.08
		Toplam (n=15)	43.45	0.82	42.39	1.90
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	41.85	0.91	42.51	1.39
		GPM	42.74	0.77	42.35	0.60
		BPM-1	42.77	1.92	41.95	0.71
		BPM-2	42.12	0.96	42.61	2.29
		BKM	42.80	1.35	42.59	1.15
		Toplam (n=15)	42.45	1.13	42.40	1.18

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

örnekleme döneminde aynı toprak derinliklerinde ise toplam ortalama hacimsel nem içeriklerinin sırasıyla %43.45 ve %42.45 değerlerini aldığı görülmektedir. Benzer değerlendirme 2022 yılı için yapıldığında yüzey ve alt toprak derinliklerinde ekim öncesi örnekleme döneminde toprakların 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin sırasıyla %43.13 ve %43.37 olarak bulunduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla %42.39 ve %42.40 olarak olduğu görülmektedir (Tablo 4.32).

Çalışma alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerini incelemek için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) yapılmıştır (Tablo 4.33). Varyans analizi sonuçları, deneme alanı

Tablo 4.33. Deneme alanı topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	160.17	3.00	53.39	28.51	0.00
Toprak Derinliği (TD)	17.85	1.00	17.85	9.53	0.003
Malç Uygulaması (MU)	3.63	4.00	0.91	0.48	0.75
ÖDxTD	31.06	3.00	10.35	5.52	0.002
ÖDxMU	41.58	12.00	3.46	1.85	0.05
TDxMU	2.31	4.00	0.58	0.30	0.87
ÖDxTDxMU	8.66	12.00	0.72	0.38	0.96
Hata	149.82	80.00	1.87		
Toplam	227614.74	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

topraklarının 0.02 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemlerinin ve toprak derinliklerinin sırasıyla $p<0.001$ ve $p<0.01$ düzeylerinde istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin olduğunu göstermiştir. Farklı malç uygulamalarının ise 0.02 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisinin ($p=0.75$) bulunmadığı da görülmüştür. Ayrıca çalışmada etkileri incelenen değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinden ÖDxTD etkileşiminin [$F(3,120)=5.52$] de toprakların 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar oluşturduğu ($p<0.01$) tespit edilmiştir (Tablo 4.33).

Deneme alanı toprakları için 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili bazı tanımlayıcı istatistikler Tablo 4.34’de sunulmuştur. Toprakların 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri tabloda sunulan ortalama değerler dikkate alınarak değerlendirildiğinde, 2021 yılında en yüksek hacimsel nem içeriğinin ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde (%44.90), hasat sonrası örnekleme döneminde ise yine aynı malç uygulama parsellerinde (%42.69) belirlenmiştir. 2021 yılında en düşük hacimsel nem içeriklerinin ise ekim öncesi örnekleme döneminde alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde (%41.15), hasat sonrası örnekleme döneminde de Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%41.40) tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.34). 2022 yılında malç uygulama parsellerine ait 0.03 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriklerine ilişkin değişimlere bakıldığında en yüksek hacimsel nem içeriklerinin ekim öncesi örnekleme döneminde alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde (%44.09), hasat

sonrası örnekleme döneminde de aynı toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%42.15) belirlenmiştir. En düşük hacimsel nem içeriklerinin ise ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde (%41.04) ve hasat sonrası örnekleme döneminde de aynı toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde (%39.03) tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.34).

Tablo 4.34. Deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	43.38	1.23	41.04	0.06
		GPM	42.95	1.01	41.28	1.54
		BPM-1	44.19	0.80	41.29	1.38
		BPM-2	44.90	0.43	41.88	1.29
		BKM	43.57	1.15	42.94	1.86
		Toplam (n=15)	43.80	1.08	41.68	1.36
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	43.00	0.42	43.61	1.42
		GPM	41.15	0.90	43.24	1.29
		BPM-1	43.34	0.65	41.93	1.98
		BPM-2	42.70	0.73	42.33	0.58
		BKM	42.60	1.46	44.09	0.11
		Toplam (n=15)	42.56	1.09	43.04	1.35
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	41.68	0.34	41.23	1.78
		GPM	41.73	0.72	40.65	1.74
		BPM-1	42.47	1.03	39.03	0.65
		BPM-2	42.69	1.49	40.14	2.52
		BKM	41.91	0.21	40.57	2.46
		Toplam (n=15)	42.10	0.86	40.32	1.81
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	41.40	0.32	42.15	1.22
		GPM	42.41	0.65	41.48	0.59
		BPM-1	42.40	1.84	41.48	0.86
		BPM-2	41.72	1.05	42.13	2.12
		BKM	42.42	1.47	42.02	0.58
		Toplam (n=15)	42.08	1.11	41.85	1.07

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Çalışma alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin değişkenliği toplam ortalama değerler bakımından incelendiğinde ise yüzey toprak derinliğinde ekim öncesi örnekleme döneminde 2021 yılında %43.80'den azalarak 2022 yılında %41.68'e değiştiği, hasat sonrası örnekleme döneminde ise 2021 yılında %42.10'dan yine azalarak 2022 yılında %40.32'ye değiştiği görülmektedir (Tablo 4.34). Bununla birlikte toplam ortalama hacimsel nem

içeriklerinin alt toprak derinliğinde ekim öncesi örnekleme döneminde 2021 yılında %42.56'dan artarak 2022 yılında %43.04'e değiştiği, hasat sonrası örnekleme döneminde ise 2021 yılında %42.08'den azalarak 2022 yılında %41.85'e değiştiği tespit edilmiştir (Tablo 4.34).

Çalışma alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının önemli istatistiksel etkilenin olduğu görülmüştür (Tablo 4.35). Deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri farklı örnekleme dönemlerinin etkisiyle $p<0.001$ düzeyinde anlamlı şekilde değişirken, farklı toprak derinliklerinin ($p=0.08$) ve malç uygulamalarının ($p=0.43$) istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin bulunmadığı görülmüştür. Değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinden ÖDxTD etkileşiminin [$F(3,120)=7.86$] deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriklerini istatistiksel olarak anlamlı bir şekilde farklılaştırdığı ($p<0.001$) da tespit edilmiştir (Tablo 4.35).

Tablo 4.35. Deneme alanı topraklarının 0.03 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	66.95	3.00	22.32	13.95	0.00
Toprak Derinliği (TD)	4.98	1.00	4.99	3.12	0.08
Malç Uygulaması (MU)	6.15	4.00	1.54	0.96	0.43
ÖDxTD	37.75	3.00	12.58	7.86	0.00
ÖDxMU	27.19	12.00	2.26	1.42	0.17
TDxMU	2.82	4.00	0.70	0.44	0.78
ÖDxTDxMU	10.77	12.00	0.90	0.56	0.87
Hata	128.01	80.00	1.60		
Toplam	213814.99	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistik değerleri Tablo 4.36'da sunulmuştur. Deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönem toprak örnekleme sonrası 0.06 atmosfer tansiyondaki en yüksek ortalama hacimsel nem içerikleri, 2021 ve 2022 yıllarında alt toprak derinliğinde sırasıyla Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve BKM uygulama parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük 0.06 hacimsel nem içeriklerinin ise her iki yılda da yüzey

toprak derinliğinde sırasıyla BPM-1 uygulama parsellerinde ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde elde edildiği görülmüştür (Tablo 4.36).

Tablo 4.36. Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	39.51	1.22	38.48	0.39
		GPM	38.82	1.59	39.05	1.75
		BPM-1	38.22	0.73	38.68	1.14
		BPM-2	39.52	0.69	39.51	0.74
		BKM	39.15	1.30	39.99	1.86
		Toplam (n=15)	39.04	1.10	39.14	1.24
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	40.40	0.75	41.31	1.18
		GPM	38.55	1.47	42.04	0.96
		BPM-1	39.84	0.83	39.76	2.05
		BPM-2	38.98	0.55	41.39	0.43
		BKM	39.82	1.19	42.69	0.78
		Toplam (n=15)	39.52	1.09	41.44	1.44
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	38.55	0.91	37.73	1.53
		GPM	39.06	1.21	36.96	1.23
		BPM-1	39.78	2.29	35.78	0.85
		BPM-2	38.91	1.27	36.49	2.50
		BKM	39.37	0.53	38.37	3.08
		Toplam (n=15)	39.13	1.24	37.07	1.94
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	40.11	0.37	41.31	1.01
		GPM	40.92	0.38	39.80	0.75
		BPM-1	40.32	1.73	39.88	1.36
		BPM-2	40.55	0.67	40.69	1.52
		BKM	40.90	1.66	41.25	0.30
		Toplam (n=15)	40.56	1.01	40.58	1.13

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Hasat sonrası dönem toprak örneklemelerinde ise 2021 yılında en yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içerikleri sırasıyla alt toprak derinliğinde GPM uygulama parsellerinde ve yüzey toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ölçülmüştür. 2022 yılında en yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içeriklerinin ise sırasıyla alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde tespit edildiği görülmektedir. Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama hacimsel nem içeriklerine ilişkin sonuçlar dikkate alınarak değerlendirildiğinde, 2021 yılında ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %39.04 ve %39.52 olarak ölçülmüştür. Aynı yılın hasat sonrası örnekleme döneminde ise yüzey

ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %39.13 ve %40.56 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Toplam ortalama hacimsel nem içeriklerine ilişkin değerlendirmeler 2022 yılı verileri için yapıldığında ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %39.14 ve %41.44 değerlerinin bulunduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde de yine aynı toprak derinlikleri için sırasıyla %37.07 ve %40.58 değerlerinin belirlendiği görülmektedir (Tablo 4.36).

Çalışma alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerini incelemek için iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) yapılmıştır (Tablo 4.37). Varyans analizinde elde edilen sonuçlar, deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriği değerlerinin, farklı örnekleme dönemleri ve toprak derinliklerinin etkisiyle $p < 0.001$ düzeyinde, farklı malç uygulamalarının etkisiyle ise $p < 0.05$ düzeyinde anlamlı şekilde değiştiğini ortaya koymaktadır. Ayrıca ÖDxTD etkileşiminin $[F(3,120)=7.18]$ de toprakların 0.06 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriği değerlerini istatistiksel olarak $p < 0.001$ düzeyinde farklılaştırdığı görülmektedir (Tablo 4.37).

Tablo 4.37. Deneme alanı topraklarının 0.06 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	36.91	3.00	12.30	7.01	0.00
Toprak Derinliği (TD)	111.57	1.00	111.57	63.64	0.00
Malç Uygulaması (MU)	17.32	4.00	4.33	2.47	0.05
ÖDxTD	37.77	3.00	12.59	7.18	0.00
ÖDxMU	21.94	12.00	1.82	1.04	0.41
TDxMU	0.70	4.00	0.17	0.10	0.98
ÖDxTDxMU	11.92	12.00	0.99	0.56	0.86
Hata	140.25	80.00	1.75		
Toplam	188216.40	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin bazı tanımlayıcı istatistiksel değerler Tablo 4.38’de sunulmuştur. Deneme alanı topraklarında ekim öncesi dönem toprak örneklemeleri sonrasında 0.1 atmosfer tansiyonda en yüksek ortalama hacimsel nem içerikleri, 2021 ve 2022 yıllarında alt toprak derinliğinde sırasıyla Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde

ve BKM uygulama parsellerinde elde edilmiştir. Yine aynı örnekleme döneminde en düşük ortalama hacimsel nem içeriklerinin 2021 ve 2022 yıllarında yüzey toprak derinliğinde sırasıyla BPM-1 uygulama parsellerinde ve Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde elde edildiği görülmektedir (Tablo 4.38).

Tablo 4.38. Deneme alanı topraklarının 0.01 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerine ilişkin 2021 ve 2022 yıllarına ait bazı tanımlayıcı istatistikler

Örnekleme Dönemi	Toprak Derinliği	Malç Uygulamaları	2021		2022	
			Ortalama*	SS	Ortalama*	SS
EÖ	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	36.50	0.57	36.71	0.61
		GPM	36.27	0.57	37.77	1.52
		BPM-1	35.18	0.69	36.72	1.32
		BPM-2	36.35	0.65	37.60	0.81
		BKM	36.51	1.39	38.15	1.99
		Toplam (n=15)	36.16	0.87	37.39	1.28
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	38.37	1.02	39.07	1.68
		GPM	36.69	1.49	40.55	0.70
		BPM-1	37.23	1.06	37.87	1.89
		BPM-2	36.61	1.09	39.78	0.96
		BKM	37.92	0.89	40.95	1.15
		Toplam (n=15)	37.36	1.19	39.64	1.61
HS	0-20 cm	Kontrol (Malçsız)	36.77	0.96	35.99	2.01
		GPM	36.99	1.26	35.20	0.88
		BPM-1	37.57	2.80	34.24	1.19
		BPM-2	36.57	1.32	34.54	2.44
		BKM	37.64	0.39	37.49	3.06
		Toplam (n=15)	37.11	1.39	35.49	2.13
	20-40 cm	Kontrol (Malçsız)	38.49	0.46	40.53	1.07
		GPM	39.22	0.58	38.60	0.92
		BPM-1	38.27	1.58	39.04	1.43
		BPM-2	39.08	0.61	39.42	1.78
		BKM	39.34	1.60	40.49	0.11
		Toplam (n=15)	38.88	1.02	39.61	1.29

EÖ: Ekim öncesi, HS: Hasat sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; SS: Standart sapma.

*: Ortalama değerler (%), her bir malç uygulama parseline ait üç tekerrür örneğinin ortalaması olarak hesaplanmıştır.

Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin 2021 yılındaki hasat sonrası örnekleme dönemine ilişkin en yüksek ve en düşük ortalama değerleri sırasıyla alt toprak derinliğinde BKM uygulama parsellerinde ve yüzey toprak derinliğinde BPM-2 uygulama parsellerinde ölçülmüştür. 2022 yılında en yüksek ve en düşük ortalama hacimsel nem içeriklerinin ise sırasıyla alt toprak derinliğinde Kontrol (Malçsız) uygulama parsellerinde ve yüzey toprak derinliğinde BPM-1 uygulama parsellerinde tespit edildiği görülmektedir (Tablo 4.38).

Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriği değerleri ile ilgili değişkenlikler toplam ortalama hacimsel nem içerikleri dikkate alınarak değerlendirildiğinde 2021 yılı ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %36.16 ve %37.36 olarak ölçüldüğü görülmektedir. Hasat sonrası örnekleme döneminde ise toplam ortalama hacimsel nem içerikleri yüzey ve alt toprak derinliklerinde sırasıyla %37.11 ve %38.88 olarak belirlenmiştir. Yine aynı değerlendirmeler 2022 yılı verileri için yapıldığında ekim öncesi örnekleme döneminde yüzey ve alt toprak derinliklerinde 0.1 atmosfer tansiyonda toprakların hacimsel nem içeriklerinin sırasıyla %37.39 ve %39.64 olarak bulunduğu, hasat sonrası örnekleme döneminde ise sırasıyla %35.49 ve %39.61 olduğu görülmektedir (Tablo 4.38).

Çalışma alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkileri iki yönlü varyans analizi (Two-way ANOVA) ile incelenmiştir (Tablo 4.39).

Tablo 4.39. Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içerikleri üzerine farklı örnekleme dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının etkilerine ilişkin iki yönlü varyans analiz sonuçları

Varyans Kaynakları	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	p
Örnekleme Dönemi (ÖD)	49.60	3.00	16.53	8.77	0.00
Toprak Derinliği (TD)	163.94	1.00	163.94	86.95	0.00
Malç Uygulaması (MU)	30.41	4.00	7.60	4.03	0.01
ÖDxTD	36.00	3.00	12.00	6.36	0.001
ÖDxMU	24.24	12.00	2.02	1.07	0.39
TDxMU	0.89	4.00	0.22	0.12	0.97
ÖDxTDxMU	13.25	12.00	1.10	0.58	0.85
Hata	150.84	80.00	1.88		
Toplam	171112.95	120.00			

ÖD: Örnekleme dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması.

Deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içeriklerinin farklı örnekleme dönemleri ve toprak derinliklerinin etkisiyle $p < 0.001$ düzeyinde, farklı malç uygulamalarının etkisiyle de $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı değişkenlikler sergilediği görülmektedir. Ayrıca değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimlerinden ÖDxTD etkileşiminin $[F(3,120)=6.36]$ de deneme alanı topraklarının 0.1 atmosfer tansiyondaki ortalama hacimsel nem içerikleri üzerinde $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı farklılıklar oluşturduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.39).

Çalışmadaki değişkenlik kaynaklarından örneklem dönemlerinin deneme alanı topraklarının değişen nem tansiyonlarının (0.0, 0.01, 0.02, 0.03, 0.06 ve 0.1 atmosfer) tamamında hacimsel nem içerikleri üzerine istatistiksel olarak anlamlı etkilerinin ($p<0.001$) olduğu görülmektedir (Tablo 4.40). Değişen nem tansiyonlarında istatistiksel olarak en yüksek hacimsel nem içeriklerinin belirlendiği örneklem dönemleri 2021 EÖ (0.0, 0.01, 0.02 ve 0.03 atmosfer) ve 2022 EÖ (0.06 ve 0.1 atmosfer) olmuştur. Buna karşın farklı nem tansiyonları için en düşük hacimsel nem içeriklerinin ölçüldüğü örneklem dönemleri ise 2021 EÖ (0.1 atmosfer), 2021 HS (0.0 0.01 ve 0.02 atmosfer) 2022 EÖ (0.01 ve 0.02 atmosfer) ve 2022 HS (0.01, 0.02, 0.03 ve 0.06 atmosfer) olmuştur (Tablo 4.40).

Tablo 4.40. Farklı örneklem dönemleri, toprak derinlikleri ve malç uygulamalarının değişen tansiyonlarda toprakların hacimsel nem içerikleri üzerine etkileri

Ana Etkiler	0 atm		0.01 atm		0.02 atm		0.03 atm		0.06 atm		0.1 atm	
(%)												
Örnekleme Dönemi (ÖD)												
2021 EÖ	52.81	a	48.75	a	45.44	a	43.18	a	39.28	bc	36.76	c
2021 HS	47.00	d	44.44	b	42.95	b	42.09	b	39.85	ab	37.99	ab
2022 EÖ	48.89	c	45.39	b	43.25	b	42.36	ab	40.29	a	38.52	a
2022 HS	50.19	b	45.42	b	42.40	b	41.09	c	38.83	c	37.55	bc
Toprak Derinliği (TD)												
0-20 cm	51.94	a	47.51	a	43.89	a	41.98		38.60	b	36.54	b
20-40 cm	47.51	b	44.49	b	43.12	b	42.39		40.53	a	38.87	a
Malç Uygulaması (MU)												
Kontrol	49.43		45.85		43.44		42.19		39.68	ab	37.80	ab
GPM	49.92		46.22		43.26		41.86		39.40	ab	37.66	ab
BPM-1	49.67		45.93		43.44		42.03		39.03	b	37.01	b
BPM-2	49.59		45.82		43.66		42.31		39.51	ab	37.49	ab
BKM	50.02		46.18		43.74		42.52		40.19	a	38.56	a
İki	Yönlü		p-değerleri									
ANOVA												
ÖD	***		***		***		***		***		***	
TD	***		***		**		öd		***		***	
MU	öd		öd		öd		öd		*		**	
ÖDxTD	***		öd		**		***		***		**	
ÖDxMU	*		*		öd		öd		öd		öd	
TDxMU	öd		öd		öd		öd		öd		öd	
ÖDxTDxMU	öd		öd		öd		öd		öd		öd	

EÖ: Ekim öncesi; HS: Hasat Sonrası; GPM: Geleneksel polietilen plastik malç; BPM-1: Biyobozunur plastik malç-1; BPM-2: Biyobozunur plastik malç-2; BKM: Biyobozunur kağıt malç; ÖD: Örneklem dönemi; TD: Toprak derinliği; MU: Malç uygulaması; öd: Önemli değil; *: $p<0.05$; **: $p<0.01$; ***: $p<0.001$.

Farklı toprak derinliklerinin değişen nem tansiyonlarındaki hacimsel nem içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde deneme alanı topraklarının 0.0, 0.01, 0.06 ve 0.1 atmosfer nem tansiyonlarında hacimsel nem içeriklerinin toprak derinliklerinin etkisiyle $p<0.001$ düzeyinde, 0.02 atmosfer tansiyondaki hacimsel nem içeriklerinin

de $p < 0.01$ düzeyinde farklılaştığı belirlenmiştir (Tablo 4.40). Toprak derinliklerinin 0.0, 0.01 ve 0.02 atmosfer nem tansiyonlarındaki hacimsel nem içerikleri üzerine benzer istatistiksel etkilerinin olduğu ve bu nem tansiyonlarında deneme alanı topraklarının hacimsel nem içeriklerinin artan toprak derinliğinin etkisiyle azaldığı tespit edilmiştir. Buna karşın daha yüksek nem tansiyonlarında (0.06 ve 0.1 atmosfer) ise toprak derinliklerinin hacimsel nem içerikleri üzerinde tersi yönde bir istatistiksel etkisinin olduğu ve artan toprak derinliği ile deneme alanı topraklarının hacimsel nem içeriklerinin arttığı tespit edilmiştir (Tablo 4.40). Yüksek nem tansiyonlarındaki (0.06 ve 0.1 atmosfer) hacimsel nem değerlerinin toprak derinliğine bağlı bu değişimlerinin, toprak hacimsel nemi ile doğrudan ilişkili olan ve hacimsel nemin hesaplamasında kullanılan toprak hacim ağırlığı sonuçlarının toprak derinliğine bağlı değişkenlikleri (Tablo 4.11) ile uyumlu olduğu görülmektedir. Ancak yüksek nem tansiyonlarında toprak derinliğine bağlı olarak hacimsel nem içerikleri ile hacim ağırlığı arasındaki bu uyumun düşük nem tansiyonlarında (0.0, 0.01, 0.02 atmosfer) belirlenemediği görülmektedir.

Deneme alanında farklı malç uygulamalarının değişen nem tansiyonlarındaki toprak hacimsel nem içerikleri üzerine etkileri incelendiğinde, malç uygulamalarının 0.06 atmosfer nem tansiyonlarındaki hacimsel nem içeriklerinde $p < 0.05$ düzeyinde, 0.1 atmosfer nem tansiyonundaki hacimsel nem içeriklerinde ise $p < 0.01$ düzeyinde anlamlı farklılıklar yarattığı görülmüştür (Tablo 4.40). Malç uygulamalarının ayrı ayrı etkileri değerlendirildiğinde deneme alanı topraklarının değişen nem tansiyonlarındaki (0.06 ve 0.1 atmosfer) hacimsel nem içeriklerini en fazla artıran malç uygulamasının BKM uygulaması olduğu görülmüştür. Bununla birlikte aynı nem tansiyonlarında toprakların hacimsel nem içeriklerinde en az anlamlı istatistiksel değişkenlikler ortaya koyan malç uygulamasının ise BPM-1 uygulaması olduğu bulunmuştur. Diğer malç uygulamalarının 0.06 ve 0.1 atmosfer nem tansiyonlarında toprakların hacimsel nem içerikleri üzerinde herhangi bir anlamlı istatistiksel etkisinin bulunmadığı da tespit edilmiştir (Tablo 4.40). Toprak su tutma özelliklerinin ve infiltrasyonun artışıyla ilgili birçok araştırma, plastik malç film uygulamalarının etkilerini rapor etmektedir (Sintim et al., 2021; Sağlam et al., 2017; Zhang et al., 2017; Wang et al., 2009; Li et al., 2001). Bandopadhyay et al (2018), yaptıkları çalışmada geleneksel polietilen plastik ve biyobozunur plastik malçların atmosfer ile toprak yüzeyi arasındaki buharlaşmayı azaltarak toprakta suyun tutulmasının

düzenlenmesinde kritik bir rol oynadığı belirtmişlerdir. Dai et al (2021), farklı malç ve toprak işleme uygulama kombinasyonlarını içeren çalışmada toprakta su ve nitrat-N taşınımına etkileri araştırmışlardır. Kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında, malçlama uygulamalarının toprak profilinin ortalama su içeriğini ve toprakta suyun depolamasını artırdığını rapor etmişlerdir. Hu et al (2021), üç farklı malç (şeffaf plastik malç, saman malç ve malçsız) uygulaması altında toprak karbon ve azot içeriğindeki değişiklikleri belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, saman malç uygulamasının toprak sıcaklığını düşürüp toprağın su içeriğini arttırdığını, şeffaf plastik malç uygulamasının da toprak su içeriğini malçsız uygulamaya göre artırdığını belirtmişlerdir.

Deneme alanı topraklarının değişen nem tansiyonlarındaki hacimsel nem içerikleri üzerine çalışmadaki değişkenlik kaynaklarının ikili ve üçlü etkileşimleri incelendiğinde, ÖDxTD etkileşiminin 0.0, 0.03 ve 0.06 atmosfer nem tansiyonlarında hacimsel nem içeriklerinde $p<0.001$ düzeyinde, 0.02 ve 0.1 atmosfer nem tansiyonlarında ise $p<0.01$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı görülmüştür. Ayrıca ÖDxMU etkileşiminin 0.0 ve 0.01 atmosfer nem tansiyonlarında toprak hacimsel nem içeriklerinde $p<0.05$ düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar yarattığı tespit edilmiştir (Tablo 4.40).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ülkemizde Karadeniz iklim bölgesinde Samsun ekolojik koşullarında tarla denemesi olarak yürütülen tez çalışmasında, iki adet biyobozunur nitelikte plastik malç filmi ve bir adet biyobozunur nitelikte kağıt malç olmak üzere üç farklı biyobozunur malç materyali ile GPM filminin tarımsal performansları araştırılmıştır. Yürütülen çalışmada hem Samsun ili ekolojik koşullarında hem de ülkemizde yeni nesil BPM materyallerinin tarımsal üretim sistemlerinde gelecekteki kullanımlarına yönelik önemli sonuçlar elde edilmiştir.

İki yıl süreyle yürütülen çakılı arazi denemesinde elde edilen sonuçlar, farklı materyal özelliklerine sahip malç uygulamalarının incelenen toprak özelliklerinde önemli ve anlamlı değişkenlikler meydana getirdiğini ortaya koymuştur. Toprak özelliklerinden K_s , pH, TK, YSİ ile değişen nem tansiyonlarından 0.06 atm ve 0.1 atm nem tansiyonlarındaki hacimsel nem içeriklerinin malç uygulamalarının etkisiyle farklılaştığı görülmüştür. Toprak suyu ile ilişkili toprak özelliklerinde elde edilen sonuçlar, arazi denemesinde kullanılan biyobozunur malç materyallerinin çalışma bölgesinde toprak neminin korunmasında GPM materyallerine önemli bir alternatif olabildiğini ortaya koymuştur. Özellikle BKM ve GPM uygulamalarının toprakların tarla kapasitesi nem içeriğinde meydana getirmiş oldukları anlamlı artışlar ile deneme alanı topraklarının bitkiye YSİ en fazla artıran malç uygulamaları oldukları görülmüştür. Ayrıca GPM uygulamasının topraklarda su infiltrasyonun önemli bir göstergesi olarak kullanılan K_s 'yi en fazla artıran malç uygulaması olduğu da belirlenmiştir.

Denemede kullanılan malçlar sahip oldukları farklı materyal özellikleri nedeniyle bitki yetiştiricilik sezonu boyunca masura yüzeylerini fiziksel olarak örtülü tutma yönündeki etkileri önemli farklılıklar göstermiştir. Yürütülen çalışmada etkileri incelenen malç materyallerinin bazıları bitki yetiştiricilik sezonunun başlangıcında veya içerisinde masura yüzeylerinde zamanla değişen farklı geçirgen yüzey koşullarının oluşmasına neden olmuştur. Bu durum masura yüzeylerinde birbirinden farklı infiltrasyon ve evaporasyon süreçlerinin yaşanmasına yol açarak deneme alanı topraklarının nem içeriklerinde ve su kullanım etkinliklerinde artışlar veya azalmalar meydana getirmiştir. Toprakların nem içeriğini artıran malç uygulamalarında birisi olan BKM uygulamasının özellikle sahip olduğu gözenekli yarı geçirgen yüzey özelliği nedeniyle yıllık gelen yağışların önemli bir kısmının

infiltrasyon ile toprak içersine girişine izin verdiği görülmüştür. Buna karşın BPM-1 uygulaması ise özellikle etkileri incelenen diğer biyobozunur plastik malç (BPM-2) materyaline göre bitki yetiştiricilik sezonu içersinde daha erken bir dönemde ve daha fazla oranlarda parçalanmaya başlamıştır. Bunun sonucunda da BPM-1 uygulaması altındaki parsellerde toprak yüzeyinden suyun buharlaşmasına izin veren daha fazla çıplak toprak yüzeyleri oluşmuş ve dolayısıyla da BPM-1 uygulaması çalışma alanı topraklarında nem içeriğini en az artıran malç uygulaması olmuştur.

Tez çalışması kapsamında etkileri araştırılan yeni nesil biyobozunur plastik malç materyallerinin toprak özellikleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu ve ülkemizdeki tarımsal ekosistemlerde kullanılmaları durumunda etkili sonuçlarının olabileceği görülmüştür. Bununla birlikte GPM filmlerden farklı olarak biyobozunur malç materyallerinin hasat sonrası dönemlerde araziden çıkarılmaları ve imhaları için ilave bir işgücü gerektirmemelerinin de üreticiler için önemli bir avantaj olduğu değerlendirilmektedir. Ancak biyobozunur malç materyallerinin bazı önemli dezavantajlarının olabileceği ve bunlarında kullanımlarını sınırlandırabileceği düşünülmektedir. Biyobozunur plastik malç (BPM) filmlerin üretimlerinin ülkemizde bulunmamasından kaynaklı karşılaşılabilecek dezavantajları arasında; temin edilmelerinin zor ve uzun süreli olması, yurt dışında üretilmeleri nedeniyle yaygınlıklarının düşük olması, fiyatlarının yüksek olması ve bunun da üretim maliyetlerini artırması gibi sebepler sayılabilir. Dolayısıyla ülkemizde BPM filmlerin kullanımlarının yaygınlaştırılabilmesi için bu sorunların giderilmesine öncelikli olarak ihtiyaç bulunmaktadır. Biyobozunur plastik malç (BPM) filmlerin kullanımlarını kısıtlayabilecek bir diğer önemli nedenin de yetiştiricilik sezonu içersinde daha kısa sürede parçalanmaya başlamaları ve bunun da toprak yüzeyini fiziksel olarak örtülü tutma yeteneklerinin GPM filmler ile rekabet edip edemeyeceğine yönelik sorgulamalar yaptırmasıdır.

Biyobozunur plastik malç (BPM) filmler kullanımları sırasında maruz kaldıkları gerçek atmosfer koşullarının etkileri veya kullanımları sonrasında içersine işlendikleri arazilerin farklı toprak ve iklim özelliklerinin etkileri nedeniyle parçalanma ve ayrışma süreçlerinde önemli farklılıklar ortaya koyabilmektedir. Bu farklı parçalanma ve ayrışma süreçleri, GPM filmler ile ilgili bildirilen mikropplastik üretimi ve tarım topraklarının plastik ile kirletilmesi gibi toprak ekosistemini çok farklı boyutlarda etkileyebilecek çevre sorunlarının BPM filmlerin kullanım

alanlarında da yaşanmasına yol açmaktadır. Ülkemizde ve Karadeniz bölgesinde kullanımları oldukça yeni olan BPM filmlerin tarımsal üretim süreçlerindeki kullanımları sırasında ve daha sonrasında da toprak içerisine işlenmelerinin tarımsal toprak ekosistemine olan etkilerinin ortaya konulabilmesi için hem ülkemizde hem de kullanımlarının daha yaygın olduğu dünyanın farklı coğrafyalarında daha uzun süreli arazi çalışmalarının yürütülmesine ihtiyaç bulunmaktadır.

Biyobozunur plastik malç (BPM) filmlerin ülkemizde kullanımlarının yaygın olmamasına karşın iki yıllık çakılı arazi denemesi olarak yürütülen bu tez çalışmasında elde edilen sonuçlar, BPM filmlerin ülkemizde ve bölgemizde yürütülecek tarımsal üretim süreçlerinde başarılı olarak kullanılabileceğini kanıtlamıştır. Ayrıca bildiğimiz kadarıyla çakılı arazi denemesi olarak yürütülen tez çalışmasının ülkemizde ve bölgemizde farklı özelliklere sahip biyobozunur malç materyalleri ile GPM filmlerin etkilerini karşılaştıran ilk özgün arazi çalışması olmasının literatüre önemli katkıların olacağı ve elde edilen sonuçların da gelecekte yürütülecek benzer çalışmaların metodolojilerinin planlanmasına önemli katkıların olabileceği değerlendirilmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbate, C., Scavo, A., Pesce, G.R., Fontanazza, S., Restuccia, A. and Mauromicale, G. (2023). "Soil Bioplastic Mulches for Agroecosystem Sustainability: A Comprehensive Review". *Agriculture* (2023), 13, 197, <https://doi.org/10.3390/agriculture13010197>
- Alharbi, A. (2017). "Effect Of Mulch On Soil Properties Under Organic Farming Conditions In Center Of Saudi Arabia". *International Scientific Journal*, WEB ISSN 2534-8450, P.P. 161-167.
- Amare, G., Desta, B. (2021). "Coloured plastic mulches: impact on soil properties and crop productivity". *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8(1), 1-9.
- Anikwe, M.A.N., Mbah, C.N., Ezeaku, P.I. and Onyia, V.N. (2007). "Tillage and plastic mulch effect on soil properties and growth and yield of cocoyam (*Colocasia esculenta*) on an ultisol in southeastern Nigeria". *Soil and Tillage Research*, 93, 264–272.
- Bandopadhyay, S., Martin-Closas, L., Pelacho, A.M. and DeBruyn, J.M. (2018). "Biodegradable plastic mulch films: impacts on soil microbial communities and ecosystem functions". *Frontiers in Microbiology* 9 (2018) 1–7, <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00819>.
- Bandopadhyay, S., Sintim, H.Y. and DeBruyn, J.M. (2019). "Structural and Functional Responses of Soil Microbial Communities to Biodegradable Plastic Film Mulching in Two Agroecosystems". *Department of Crop and Soil Sciences*, Washington State University, Pullman, WA 99164 and Puyallup, WA 98374 <https://doi.org/10.1101/650317>
- Bandyopadhyay, A., Sinha, A., Thakur, P., Thakur, S. and Ahmed, M. (2023). "A review of soil pollution from LDPE mulching films and the consequences of the substitute biodegradable plastic on soil health". *International Journal of Experimental Research and Review*, Vol. 32: 15-39(2023), <https://doi.org/10.52756/ijerr.2023.v32.002>
- Barnes, D.K., Galgani, F., Thompson, R.C. and Barlaz, M. (2009). "Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments". *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 364:1985–1998 DOI 10.1098/rstb.2008.0205.
- Blake, G.R. and Hartge, K.H. (1986). *Bulk Density and Particle Density*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 363-381. ASA and SSSA Agronomy Monograph. no: 9., Madison, WI.
- Bo, L., Shukla, M.K. and Mao, X. (2023). "Long-term plastic film mulching altered soil physicochemical properties and microbial community composition in Shiyang River Basin, Northwest China". *Applied Soil Ecology* 193 (2024) 105108 <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2023.105108>
- Bremner, J.M. (1965). *Total Nitrogen*. *Methods of Soil Analysis*. (Editor: Black, C.A.) Part 2. Agronomy Series No: 9, 1179-1237, 1965.
- Briassoulis, D., Babou, E., Hiskakis, M. and Kyrikou, I. (2015). "Degradation in soil behavior of artificially aged polyethylene films with pro- oxidants". *Journal of Applied Polymer Science*, 132.
- Brodhagen, M., Peyron, M., Miles, C. and Inglis, D.A. (2015). "Biodegradable plastic agricultural mulches and key features of microbial degradation". *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99:1039–1056 DOI 10.1007/s00253-014-6267-5
- Campanale, C., Galafassi, S., Pippo F.D., Pojar, I., Massarelli, C. and Uricchio, F. (2024). "A critical review of biodegradable plastic mulch films in agriculture: Definitions, scientific background and potential impacts". *Trends in Analytical Chemistry*, 170 117391 (<https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117391>).

- Campanale, C., Savino, I., Massarelli, C. and Uricchio, V.F. (2022). "Assessment of metals associated with virgin pre-production and freshwater microplastics collected by an Italian river". *NanoImpact* 28 (2022), 100438, <https://doi.org/10.1016/j.impact.2022.100438>.
- Chah, C.N., Banerjee, A., Gadi, V.K., Sekharan, S. and Katiyar, V. (2022). "A systematic review on bioplastic-soil interaction: Exploring the effects of residual bioplastics on the soil geoenvironment". *Science of the Total Environment* 851 (2022) 158311, <http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2022.158311>
- Chen, N., Li, X.Y., Simunek, J., Shi, H., Hu, Q. and Zhang, Y. (2021). "Evaluating the effects of biodegradable and plastic film mulching on soil temperature in a drip-irrigated field". *Soil and Tillage Research* 213 (2021) 105116, <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105116>
- Chen, N., Li, X., Shi, H., Hu, Q., Zhang, Y., Dong, Q. and Wang, G. (2022). "Evaluating crop coefficient and associated processes in a drip irrigation with different color of biodegradable film mulching". *Irrigation Science* (2022), 40:321–335 <https://doi.org/10.1007/s00271-022-00772-4>
- Chu, J., Zhou J., Wang, Y., Jones, D.L., Ge, J., Yang, Y., Brown, R.W., Zang, H. and Zeng, Z. (2023). "Field application of biodegradable microplastics has no significant effect on plant and soil health in the short term". *Environmental Pollution* 316 (2023) 120556, <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2022.120556>
- Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., Bilotto, M., Petriccione, M., Ferrara, E., Mori, M. and Morra, L. 2023. "Assessing yield and quality of melon (*Cucumis melo* L.) improved by biodegradable mulching film", *Plants*, 12(1), 219. <https://doi.org/10.3390/plants12010219>
- Dai, Z.J., Hu, J.S., Fan, J., Fu, J., Fu, W., Wang, H. and Hao, M.D. (2021). "No-tillage with mulching improves maize yield in dryland farming through regulating soil temperature, water and nitrate-N". *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 309, 107288.
- Deb, S.K. and Shukla, M.K. (2012). "Variability of Hydraulic Conductivity due to Multiple Factors", *American Journal of Environmental Science*, 8 (5), 489-502.
- Deng, L., Yu, Y., Zhang, H., Wang, Q. and Yu, R. (2019). "The Effects of Biodegradable Mulch Film on the Growth, Yield, and Water Use Efficiency of Cotton and Maize in an Arid Region", *Sustainability*, 11, 7039. doi:10.3390/su11247039
- Duis, K. and Coors, A. (2016). "Microplastics in the aquatic and terrestrial environment: sources (with a specific focus on personal care products), fate and effects". *Environmental Sciences Europe*, 28(1), 1–25.
- Feuilloley, P., Cesar, G., Benguigui, L., Grohens, Y., Pillin, I., Bewa, H., Lefaux, S. and Jamal, M. (2005). "Degradation of polyethylene designed for agricultural purposes". *Journal of Polymers and the Environment*, 2005, 13, 349–355.
- Freitas, A.R.J., Freitas, F.C.L., Souza, C.M., Delazari, F.T., Berger, P.G., Borges, F.J.G. and Zanuncio, J.C. (2021). "Biodegradable mulch controls weeds and increases water use efficiency in lettuce crops". *Horticultura Brasileira* 39: 330-334. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/s0102-0536-20210314>
- Fu, X. and Du, Q. (2011). "Uptake of di-(2-ethylhexyl) phthalate of vegetables from plastic film greenhouses". *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59:11585–11588 DOI 10.1021/jf203502e.
- Galafassi, S., Campanale, C., Massarelli, C., Uricchio, V.F. and Volta, P. (2021). "Do freshwater fish eat microplastics? A review with a focus on effects on fish health and

- predictive traits of mps ingestion". *Water (Switzerland)* 13 (2021) 1–20, <https://doi.org/10.3390/w13162214>.
- Gao, X., Xie, D. and Yang, C. (2021). "Effects of a PLA/PBAT biodegradable film mulch as a replacement of polyethylene film and their residues on crop and soil environment" *Agricultural Water Management* 255 (2021) 107053, <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107053>
- Gee, G.W. and Bauder, J.W. (1986). Particle-size analysis. In A. Klute (Ed.), *Methods of soil analysis, part I: physical and mineralogical methods* (2nd ed., pp. 388–409). Madison: ASA and SSSA Agronomy Monograph.
- Goldberger, J.R., Jones, R.E., Miles, C., Wallace, R.W. and Inglis, D.A. (2015). "Barriers and bridges to the adoption of biodegradable plastic mulches for US specialty crop production" *Renewable Agriculture and Food Systems*: 30(2); 143–153.
- Hann, S., Fletcher, E., Molteno, S., Sherrington, C., Elliott, L., Kong, M. and Martinez, V. (2021). "Relevance of conventional and biodegradable plastics in agriculture". *Publications Office of the European Union: Luxembourg*.
- Hendershot, W.H., Lalonde, H. and Duquette, M. (1993). *Soil Reaction and Exchangeable Acidity*. In *Soil Sampling and Methods of Analysis*, M.R. Carter (ed.). Canadian Society of Soil Science
- Hu, B., Brandenberger, L., Beartrack, M., Carrier, L. and Goad, C. (2023). "Field performance of paper and plastic mulches for fresh market tomato production". *International Journal Of Vegetable Science* (2023), VOL. 29, NO. 4, 294–302 <https://doi.org/10.1080/19315260.2023.2212371>
- Hu, Y., Sun, B., Wu, S., Feng, H., Gao, M., Ma, P., Zhang, T. and Pi, X. (2021). "Soil carbon and nitrogen of wheat–maize rotation system under continuous straw and plastic mulch". *Nutrient Cycling in Agroecosystems* (2021). 119:181–193 [https://doi.org/10.1007/s10705-020-10114-5\(0123456789\(\),-volV\)\(01234567](https://doi.org/10.1007/s10705-020-10114-5(0123456789(),-volV)(01234567)
- Huang, Y., Chen, L., Fu, B., Huang, Z. and Gong, E. (2005). "The wheat yields and water use efficiency in the Loess Plateau: straw mulch and irrigation effects". *Agricultural Water Management*. 72, 209–222.
- Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., Gooren, H., Peters, P., Salánki, T., Van der Ploeg, M., Besseling, E., Koelmans, A.A. and Geissen, V. (2016). "Microplastics in the terrestrial ecosystem: implications for *Lumbricus terrestris* (Oligochaeta, Lumbricidae)". *Environmental Science and Technology*, 50:2685–2691 DOI 10.1021/acs.est.5b05478.
- Hussain, I., Hamid, H. and Andrady, A.L. (Eds.) (2003). "Plastics in agriculture". *Plastics and the environment*. Wiley, Hoboken, 185–209.
- Imam, S.H., Cinelli, P., Gordon, S.H. and Chiellini, E. (2005). "Characterization of biodegradable composite films prepared from blends of poly (vinyl alcohol), cornstarch and lignocellulosic fiber". *Journal of Polymers and the Environment*, 13(1): 47-55.
- Janssens, V. (2022, October). Plastics – the facts 2022. *Plasticseurope*, 81, Source: Eurostat, September 2022, <https://plasticseurope.org/knowledge-hub/plastics-the-facts-2022/>.
- Kader, M.A., Senge, M., Mojid, M.A. and Ito, K. (2017). "Recent advances in mulching materials and methods for modifying soil environment". *Soil and Tillage Research*, 168:155–166 <https://doi.org/10.1016/j.still.2017.01.001>.
- Kasirajan, S. and Ngouajio, M. (2012). "Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: a review". *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 501–529.

- Kijchavengkul, T. and Auras, R. (2008). "Compostability of polymers". *Polymer International*, 2008, 57, 793–804.
- Klute, A. (1986). Water Retention: Laboratory methods. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 635-662. ASA and SSSA Agronomy Monograph. No: 9. Madison, WI.
- Klute, A. and Dirksen, C. (1986). *Hydraulic Conductivity and Diffusivity: Laboratory Methods*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part I, Physical and Mineralogical Methods (Second edition), pp: 687-732. ASA and SSSA Agronomy Monograph no 9. Madison, WI
- Kong, S., Ji, Y., Liu, L., Chen, L., Zhao, X., Wang, J., Bai, Z. and Sun, Z. (2012). "Diversities of phthalate esters in suburban agricultural soils and wasteland soil appeared with urbanization in China". *Environmental Pollution*, 170:161–168 DOI 10.1016/j.envpol.2012.06.017.
- Koskei, K., Munyasya, A.N., Wang Y.B., Zhao, Z.Y., Zhou, R., Indoshi, S.N., Wang, W., Cheruiyot, W.K., Mburu, D.M., Nyende, A.B. and Xiong, Y.C. (2021). "Effects of increased plastic film residues on soil properties and crop productivity in agro-ecosystem". *Journal of Hazardous Materials*, 414, 125521.
- Kyrikou, I. and Briassoulis, D. (2007). "Biodegradation of agricultural plastic films: a critical review". *Journal of Polymers and the Environment*, 15:125–150 DOI 10.1007/s10924-007-0053-8.
- Lammel, D.R., Barth, G., Ovaskainen, O., Cruz, L.M., Zanatta, J.A., Ryo, M., de Souza, E.M. and Pedrosa, F.O. (2018). "Direct and indirect effects of a pH gradient bring insights into the mechanisms driving prokaryotic community structures". *Microbiome*, (2018) 6:106 <https://doi.org/10.1186/s40168-018-0482-8>
- Lamont, W. and Lamont, W. (Eds.) (2004a) *Plastic mulches*. In: Production of vegetables, strawberries, and cut flowers using plasticulture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), Ithaca.
- Lamont, W. and Lamont, W. (Eds.) (2004b). *Plasticulture: an overview*. In: Production of vegetables, strawberries, and cut flowers using plasticulture. Natural Resource, Agriculture, and Engineering Service (NRAES), Ithaca.
- Lamont, W.J. (2005). "Plastics: Modifying the microclimate for the production of vegetable crops". *Hort Technology*, 15(3), 477-481. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.15.3.0477>
- Le Moine, B. and Ferry, X. (2019). "Plasticulture: economy of resources". *Acta Horticulturae*. 1252 (2019) 121–130, <https://doi.org/10.17660/ACTAHORTIC.2019.1252.17>.
- Li, C., Moore-Kucera, J., Lee, J., Corbin, A., Brodhagen, M., Miles, C. and Inglis, D. (2014). "Effects of biodegradable mulch on soil quality". *Applied Soil Ecology* 79 (2014) 59–69, <https://doi.org/10.1016/J.APSOIL.2014.02.012>.
- Li, F.M., Yan, X., Wang, J., Li, S.Q. and Wang, T.C. (2001). "The mechanism of yield decrease of spring wheat resulted from plastic film mulching". *Scientia Agricultura Sinica*, 34 (3), 330–333.
- Li, M., Zhang, Q., Wei, S., Liu, Z., Zong, R., Jin, T., Zhang, M., Sun, C. and Li, Q. (2023). "Biodegradable film mulching promotes better soil quality and increases summer maize grain yield in North China Plain". *Archives of Agronomy and Soil Science*, 69:13, 2493-2509, DOI: 10.1080/03650340.2022.2158327

- Liu, E.K., He, W.Q. and Yan, C.R. (2014). 'White revolution' to 'white pollution'-agricultural plastic film mulch in China". *Environmental Research Letters*, 9:3. doi: 10.1088/1748-9326/9/9/091001
- Lucas, N., Bienaime, C., Belloy, C., Queneudec, M., Silvestre, F. and Nava-Saucedo, J.E. (2008). "Polymer biodegradation: Mechanisms and estimation techniques". *Chemosphere* (2008), 73, 429–442.
- Magdouli, S., Daghrir, R., Brar, S.K., Drogui, P. and Tyagi, R.D. (2013). "Di 2-ethylhexylphthalate in the aquatic and terrestrial environment: a critical review". *Journal of Environmental Management*, 127:36–49.
- Malinconico, M., Immirzi, B., Massenti, S., La Mantia, F.P., Mormile, P. and Petti, L. (2002). "Blends of polyvinylalcohol and functionalized polycaprolactone. A study of the melt extrusion and post-cure of films suitable for protected cultivation". *Journal of Material Science*, 37: 4973- 4978.
- Mansoor, Z., Tchuenbou-Magaia, F., Kowalczyk, M., Adamus, G., Manning, G., Parati, M., Radecka, I. and Khan, H. (2022). "Polymers Use as Mulch Films in Agriculture—A Review of History, Problems and Current Trends". *Polymers* 14 (2022), 14, 5062. <https://doi.org/10.3390/polym14235062>
- Marechal, F. (2003). *Biodegradable Plastics*. In Chiellini, E. and Solaro, R. (Eds.) *Biodegradable Polymers and Plastics*, Springer: US, 2003; pp 67–71.
- Martín-Closas, L., Costa, J., Pelacho, A.M. and Malinconico, M., (Eds). (2017). *Agronomic effects of biodegradable films on crop and field environment*. In: Soil degradable bioplastics for a sustainable modern agriculture. Berlin: Springer Berlin Heidelberg, 67–104
- Miles C., DeVetter, L., Ghimire, S. and Hayes, D.G. (2017). "Suitability of biodegradable plastic mulches for organic and sustainable agricultural production systems". *HortScience*, 52:10–15 DOI 10.21273/hortsci11249-16.
- Mishra, S. and Mishra, R.C. (2023). "Review of the Impact of Drip Irrigation Mulching on Soil Characteristics and Efficiency in Water Usage". *International Journal of Environment and Climate Change*, vol. 13, no. 10, pp. 4373-4383, 2023
- Moshood, T.D., Nawanir, G., Mahmud, F., Mohamad, F., Ahmad, M.H. and Ghani, A. (2022). "Sustainability of biodegradable plastics: New problem or solution to solve the global plastic pollution?" *Current Research in Green and Sustainable Chemistry*, 100273. <https://doi.org/10.1016/j.crgsc.2022.100273>
- Mu, X.G., Gao, H., Li, M.H., Zhao, X.R., Guo, N., Jin, L., Li, J.S. and Ye, L. (2023). "Effects of Different Types of Plastic Film Mulching on Soil Quality, Root Growth, and Yield". *Huan Jing Ke Xue* (2023 Jun 8);44(6):3439-3449. DOI: [10.13227/j.hj.kx.202206046](https://doi.org/10.13227/j.hj.kx.202206046)
- Mulumba, L.N. and Lal, R. (2008). "Mulching effects on selected soil physical properties", *Soil and Tillage Research*, 98, 106–111.
- Nelson, D.W. and Sommers, L.E. (1982). *Total carbon, organic carbon and organic matter*. In Page, A. L., Miller, R. H. and Keeney, D. R. (eds.). *Methods of Soil Analysis*, Part2. Agronomy 9:539–579.
- Núñez-Zofío, M., Larregla, S. and Garbisu, C. (2011). "Application of organic amendments followed by soil plastic mulching reduces the incidence of *Phytophthora capsici* in pepper crops under temperate climate". *Crop Protection*, 1563-1572 (doi:10.1016/j.cropro.2011.08.020).
- Palansooriya, K.N., Sang, M.K., El-Naggar, A., Shi, L., Chang, S.X., Sung, J., Zhang, W. and Ok, Y.S. (2023). "Low-density polyethylene microplastics alter chemical

- properties and microbial communities in agricultural soil". *Scientific Reports* (2023), 13:16276 (<https://doi.org/10.1038/s41598-023-42285-w>)
- Paunović, S.M., Milinković, M. and Pešaković M. (2020). "Effect of Sawdust and Foil Mulches on Soil Properties, Growth and Yield of Black Currant". *Erwerbs-Obstbau* 0014-0309 (<https://doi.org/10.1007/s10341-020-00522-w>)
- Pereira, R., Hernandez, A., James, B., Lemoine, B., Carranca, C., Rayns, F., Cornelis, G., Erälinna, L., Czech, L. and Picuno, P. (2021). The actual uses of plastics in agriculture across EU: An overview and the environmental problems: Output of EIP-AGRI Focus Group 'Reducing the plastic footprint of agriculture' Minipaper A.
- Qi, Y., Beriot, N., Gort, G., Lwanga, E.H., Gooren, H., Yang, X. and Geissen, V. (2020a). "Impact of plastic mulch film debris on soil physicochemical and hydrological properties". *Environmental Pollution*, 266, 115097.
- Qi, Y., Ossowickib, A., Yanga, X., Lwangaa, E.H., Dini-Andreoteb, F., Geissena, V. and Garbeva, P. (2020b). "Effects of plastic mulch film residues on wheat rhizosphere and soil properties". *Journal of Hazardous Materials* 387, 12171, <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2019.121711>
- Ramos, L., Berenstein, G., Hughes, E.A., Zalts, A. and Montserrat, J.M. (2015). "Polyethylene film incorporation into the horticultural soil of small periurban production units in Argentina". *Science of the Total Environment*, 523, 74-81. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.03.142>
- Ray, M. and Biswasi, S. (2016). "Impact of mulching on crop production: A review". *Trends Biosci.* (2016), 9, 757–767.
- Reid, E.V., Samuelson, M.B., Blanco-Canqui, H., Drijber, R., Kadoma, I. and Wortman, S.E. (2022). "Biodegradable and biobased mulch residues had limited impacts on soil properties but reduced yield of the following crop in a low fertility soil". *Renewable Agriculture and Food Systems* 37, 490–503. <https://doi.org/10.1017/S1742170522000217>
- Rhoades, J.D. (1986). *Soluble Salts*. In *Methods of Soil Analysis*, A. Klute (ed.), Part II, Chemical and Microbiological Properties (Second edition), pp: 167-179. ASA and SSSA Agronomy Monograph, no. 9, Madison, WI.
- Rillig, M.C. (2012). "Microplastic in terrestrial ecosystems and the soil?" *Environmental Science and Technology*, 46:6453–6454 DOI 10.1021/es302011r.
- Saglam, M., Sintim, H.Y., Bary, A.I., Miles, C.A., Ghimire, S., Inglis, D.A. and Flury, M. (2017). "Modeling the effect of biodegradable paper and plastic mulch on soil moisture dynamics". *Agricultural Water Management*, 193, 240–250.
- Santini, G., Acconcia, S., Napoletano, M., Memoli, V., Santorufo, L. and Maisto, G. (2022). "Un-biodegradable and biodegradable plastic sheets modify the soil properties after six months since their applications". *Environmental Pollution*, 308, 119608.
- Sintim, H.Y., Bandopadhyay, S., English, M.E., Bary, A., Liquet y González, J.E., DeBruyn, J.M., Schaeffer, S.M., Miles, C.A. and Flury, M. (2021). "Four years of continuous use of soil-biodegradable plastic mulch: impact on soil and groundwater quality". *Geoderma* 381 (2021), 1146. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2020.114665>
- Sintim, H. Y., Bandopadhyay, S., English, M. E., Bary, A., Liquet y González, J. E., DeBruyn, J. M., Schaeffer, S. M., Miles, C.A., Reganold, J.P. and Flury, M. (2019). "Impacts of biodegradable plastic mulches on soil health". *Agriculture, Ecosystems and Environment* 273 (2019) 36–4, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2018.12.002>
- Sivan, A. (2011). "New perspectives in plastic biodegradation". *Current Opinion in Biotechnology*, 22:422–426 DOI 10.1016/j.copbio.2011.01.013.

- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., Munoz, K., Frör, O. and Schaumann, G.E. (2016). "Plastic mulching in agriculture. Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation?" *Science of the Total Environment*, 550, 690–705.
- Subrahmaniyan, K., Veeramani, P. and Harisudan, C. (2018). "Heat accumulation and soil properties as affected by transparent plastic mulch in Blackgram (*Vigna mungo*) doubled cropped with Groundnut (*Arachis hypogaea*) in sequence under rainfed conditions in Tamil Nadu, India". *Field Crops Research*, 219, 43-54
- Sun, T., Li, G., Ning, T. Y., Zhang, Z. M., Mi, H. and Lal, R. (2018). "Suitability of mulching with biodegradable film to moderate soil temperature and moisture and to increase photosynthesis and yield in peanut". *Agricultural Water Management*, 208, 214-223.
- Teuten, E.L., Saquing, J.M., Knappe, D.R., Barlaz, M.A., Jonsson, S., Björn, A., Rowland, S.J., Thompson, R.C., Galloway, T.S. and Yamashita, R. (2009). "Transport and release of chemicals from plastics to the environment and to wildlife". *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364:2027–2045 DOI 10.1098/rstb.2008.0284.
- Van Wezel, A., Van Vlaardingen, P., Posthumus, R., Crommentuijn, G. and Sijm, D. (2000). "Environmental risk limits for two phthalates, with special emphasis on endocrine disruptive properties". *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 46:305–321 DOI 10.1006/eesa.2000.1930.
- Vural, H., Eşiyok D. ve Duman, İ. (2000). *Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme)*. Ege Üniversitesi Basım Evi. s: 440. Bornova. İzmir.
- Wang, J., Chen, G., Christie, P., Zhang, M., Luo, Y. and Teng, Y. (2015). "Occurrence and risk assessment of phthalate esters (PAEs) in vegetables and soils of suburban plastic film greenhouses". *Science of The Total Environment*, 523:129–137 DOI 10.1016/j.scitotenv.2015.02.101.
- Wang, J., Luo, Y., Teng, Y., Ma, W., Christie, P. and Li, Z. (2013). "Soil contamination by phthalate esters in Chinese intensive vegetable production systems with different modes of use of plastic film". *Environmental Pollution*, 180:265–273 DOI 10.1016/j.envpol.2013.05.036.
- Wang, Y., Xie, Z., Malhi, S.S., Vera, C.L., Zhang, Y. and Wang, J. (2009). "Effects of rainfall harvesting and mulching technologies on water use efficiency and crop yield in the semi-arid Loess Plateau, China". *Water Management*, 96, 374–382.
- Wang, Z., Li, M., Flury, M., Schaeffer, S. M., Chang, Y., Tao, Z., Jia, Z., Li, S., Ding, F. and Wang, J. (2021). "Agronomic performance of polyethylene and biodegradable plastic film mulches in a maize cropping system in a humid continental climate". *Science of the Total Environment*, 786, 147460.
- Wang, Z., Wu, Q., Fanc, B., Zheng, X., Zhang, J., Li, W. and Guo, L. (2019). "Effects of mulching biodegradable films under drip irrigation on soil hydrothermal conditions and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield", *Agricultural Water Management*, 213, 477-485.
- Xiu, Y., Chen, K., and Wu, J. (2022). "Plastic mulch affect heavy metal migration from soil to vegetable through changing soil physicochemical properties and bacteria". School of Earth Sciences and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210023, China <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4309496>
- Xue, Y., Zhao, F., Sun, Z., Bai, W., Zhang ,Y., Zhang, Z., Yang, N., Feng, C. and Feng, L. (2023). "Long-term mulching of biodegradable plastic film decreased fungal

- necromass C with potential consequences for soil C storage”. *Chemosphere* 337 (2023) 139280, <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2023.139280>
- Yang, Y., Liu, H., Wu, J., Zhang, S., Gao, C., Zhang, S. and Tang, D. W. S. (2023). “Soil enzyme activities, soil physical properties, photosynthetic physical characteristics and water use of winter wheat after long-term straw mulch and organic fertilizer application”. *Frontiers in Plant Science* 14:1186376. doi: 10.3389/fpls.2023.1186376
- Yisfa, T., Grum, B. and Aregay, G. (2023). “Comparison of diferent mulching options for improving water productivity and maize yield in a semi-arid climate, Northern Ethiopia, Tigray”. *Discover Agriculture* (2023) 1:5 (<https://doi.org/10.1007/s44279-023-00005-y>)
- Yu, Y. Y., Turner, N. C., GongY, H., Li, F. M., Fang, C., Ge, L. J. and Ye, J.S. (2018). “Benefits and limitations to straw- and plastic-film mulch on maize yield and water use efficiency: a meta-analysis across hydrothermal gradients”. *European Journal of Agronomy*, 99, 138–147.
- Zhang, F., Li, M., Zhang, W., Li, F. and Qi, J. (2017). “Ridgefurrow mulched with plastic film increases little in carbon dioxide efflux but much significant in biomass in a semiarid rainfed farming system”. *Agricultural and Forest Meteorology*, 244–245, 33–41.
- Zhang, G., Zhang, X. and Hu, X. (2013). “Runoff and soil erosion as affected by plastic mulch patterns in vegetable field at Dianchi lake’s catchment, China”. *Agricultural Water Management* 122 (2013), 20–27 (<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2013.02.004>).
- Zhang, H., Pang, H., Lu, C., Zhang, X. and Li Y. (2018). “Subsurface Organic Amendment Plus Plastic Mulching Promotes Salt Leaching and Yield of Sunflower”. *Agronomy Journal*, 111:457–466 (doi:10.2134/agronj2018.02.0097)
- Zhang, S., Wang, J., Liu, X., Qu, F., Wang, X., Li, Y. and Sun, Y. (2019). “Microplastics in the environment: a review of analytical methods, distribution, and biological effects”. *Trends in Analytical Chemistry*, 111, 62–72.
- Zhang, X., You, S., Tian, Y. and Li, J. (2019). “Comparison of plastic film, biodegradable paper and bio-based film mulching for summer tomato production: Soil properties, plant growth, fruit yield and fruit quality”. *Scientia Horticulturae*, 249, 38-48.
- Zhao, C. X., He, W. Q., Liu, S., Yan, C. R. and Cao, S. L. (2011). “Degradation of biodegradable plastic mulch film and its effect on the yield of cotton in Xinjiang Region”. *China Journal of Agro-Environment Science*, 30, 1616–1621 (in Chinese with English abstract).

ÖZ GEÇMİŞ

Edip Erhan KÜÇÜK, Samsun Terme Anadolu Teknik Lisesi'ni bitirdikten sonra 2015 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünde lisans öğrenimine başladı. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme bölümünden 29.06.2020 tarihinde mezun oldu. 2020 yılında OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi. Orta derecede İngilizce bilmektedir.

İletişim Bilgileri

ORCID ID : 0000-0002-1393-9231

Yayınlar:

1. **Küçük, E.E.**, Sağlam, M., İç, S., 2022. Farklı sulama yönetimlerinin fındık (*Corylus avellana* L.) bahçesinde bazı toprak fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkileri. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8(3): 508-519.
2. Eren, E., **Küçük, E.E.**, İç, S., Sağlam, M., 2023. Temel Bileşenler Analizi Kullanılarak Fındık Bahçesi Toprak Özelliklerine Farklı Sulama Yönetimlerinin Etkilerinin Değerlendirilmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi (**Kabul edildi**)