

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Rezan GÜNDOĞDU

**ADANA-KARATAŞ ÇEVRESİNDE ALÇAK SERA VE TEK
KULLANIMLIK DAMLA SULAMA UYGULANAN TARIM
ALANLARINDA TOPRAKLARIN MİKROPLASTİK
KİRLİLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**ADANA-KARATAŞ ÇEVRESİNDE ALÇAK SERA VE TEK
KULLANIMLIK DAMLA SULAMA UYGULANAN TARIM
ALANLARINDA TOPRAKLARIN MİKROPLASTİK KİRLİLİĞİNİN
BELİRLENMESİ**

Rezan GÜNDOĞDU

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANA BİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Derya ÖNDER
Yıl: 2021, Sayfa: 45
Jüri : Prof. Dr. Derya ÖNDER
: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof.Dr. Bilal ACAR

Bu çalışmada Adana/Karataş bölgesinde plastik alçak sera kullanılarak örtü altı yetiştiriciliği ve damla sulama yöntemi olarak da tek kullanımlık damla sulama borusu kullanılan bazı tarımsal alanlarda, hasat sonrası, topraktaki mikroplastik (5 mm'den daha küçük plastikler) miktarı tespit edilmiştir. Bu amaçla Ataköy, Bahçe, Tuzla ve Karataş konumlarındaki 10 ayrı parselden paçal yöntemiyle üç tekerrür olacak şekilde ve yüzeyin 5 cm derinliğindeki kısmından olmak üzere birer kg'lık toprak alınmıştır. Alınan toprak içerisindeki tek kullanımlık damla sulama boruları ve tünel sera örtülerine ait olabilecek mikroplastikler incelenmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda ortalama olarak 11.13 ± 2.31 adet/kg mikroplastik tespit edilmiştir. Bölgelere göre en yüksek mikroplastik miktarı 32.0 ± 14.36 adet/kg Bahçe-4 lokasyonunda, en düşük mikroplastik miktarı ise 0.3 ± 0.3 adet/kg ile Karataş-1 lokasyonunda tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin ortalama uzunluğu 3.28 ± 0.08 mm'dir. Mikroplastiklerin tiplerine göre sera örtü plastiklerinden kaynaklanan mikroplastiklerin ortalama uzunluğu 3.29 ± 0.09 mm, tek kullanımlık damla sulama borularından kaynaklanan mikroplastiklerin uzunluk ortalaması ise 3.17 ± 0.22 mm olarak bulunmuştur. Tarlalardaki mikroplastik miktarının tek kullanımlık damla sulama borusu ve sera örtü plastiklerinin toplanma durumu ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre tarımsal üretimlerinde plastik kullanan çiftçilerden plastikleri kullanım sonrası toplayanların arazilerindeki mikroplastik miktarları toplanmayan topraklara göre görece daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak Adana Karataş bölgesinde plastikültür uygulaması yapılan tarımsal alanlarda kullanılan plastiklerden kaynaklı olarak önemli miktarda mikroplastik kirliliği olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Plastikültür, mikroplastik, damla sulama, alçak tünel sera, Adana

ABSTRACT

MSc THESIS

MICROPLASTIC POLLUTION OF LOW GREENHOUSES AND DISPOSABLE DRIP IRRIGATION PIPES APPLIED SOILS IN ADANA- KARATAŞ

Rezan GÜNDOĞDU

CUKUROVA UNIVERSITY
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION

Supervisor : Prof. Dr. Derya ÖNDER
Year: 2021, Pages: 45
Jury : Prof. Dr. Derya ÖNDER
: Prof.Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof.Dr. Bilal ACAR

This study determined the number of microplastics (plastics smaller than 5 mm) in the soil after harvest in some agricultural areas where low tunnel greenhouses and single-use irrigation pipes are used in the Adana/Karataş region. For this purpose, in three replications, 1 kg of soil was taken from 10 different parcels in Ataköy, Bahçe, Tuzla, and Karataş locations, from the 5 cm deep part of the surface using the blending method. The presence of microplastics, which may belong to single-use drip irrigation pipes and low tunnel greenhouses plastics, were investigated in soil samples. An average of 11.13 ± 2.31 number/kg of microplastic was detected in the soil samples. According to the regions, the highest amount of microplastics was determined at 32.0 ± 14.36 number/kg at Bahçe-4 location and the lowest amount of microplastics with 0.3 ± 0.3 number/kg at Karataş-1 location. The average size of microplastics is 3.28 ± 0.08 mm. The average size of microplastic originating from low greenhouses plastics was 3.29 ± 0.09 mm, and from disposable drip irrigation pipe was 3.17 ± 0.22 mm. It was determined that the amount of microplastic in the fields was negatively correlated to the post-use removal of disposable drip irrigation pipes and greenhouse plastics. The number of microplastics in the lands where plastics were removed after use was relatively lower than in the soils where plastics were not removed. As a result, it has been determined that a significant amount of microplastic pollution occurs due to plastic utilisation in agricultural areas where plastic culture is applied in the Adana Karataş region.

Keywords: Plasticulture, microplastic, drip irrigation, low tunnel greenhouse, Adana

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Dünya çapında, mikroplastikler (MP'ler) genellikle toprak ekosistemleri için bir tehdit olarak kabul edilmektedir. Karasal topraklar, kanalizasyon çamuru ve atık su uygulaması, plastik malçlama, alçak tünel sera uygulamaları, damla sulama uygulamaları, düzensiz çöp dökümü, lastik aşınması sonucu kopan partiküller ve atmosferik birikim nedeniyle MP'ler tarafından büyük ölçüde kirletilmektedir. Son on yılda, artan sayıda çalışma, farklı küresel toprak ortamlarındaki MP sayılarına ve MP'lerin kütlelerine odaklanmıştır. Karasal ortamdaki MP kirliliğinin en yoğun olduğu alanların başında tarımsal alanlar gelmektedir.

Tarımsal uygulamalar dünyanın besin ihtiyacını karşılama açısından çok önemli olmakla birlikte bu uygulamalar biyolojik çeşitliliğin azalması, küresel iklim değişikliği (sera gazı emisyonu), azot ve potasyum kirliliği ve toprakların bozulması gibi olumsuz etkilere neden olabilmektedir. Plastikültür uygulamalarında kullanılan plastikler temel olarak;

- Poliolefin,
- Polietilen,
- Polipropilen,
- Etilen-Vinil Asetat Kopolimer,
- Poli-vinil klorür,
- Polietilen Tereftalat,
- Polikarbonat,
- Poli-metil-metakrilat türü plastiklerdir.

Bunlar da yoğun olarak alçak ve yüksek sera, damla sulama, malçlama, ilaç paketlenme, silaj depolama, ürün toplamada torba, kasa vb. olarak kullanılmaktadır. Tüm bu plastikler, genellikle tarımsal uygulamalar sonrasında toprak yüzeyinde kalmakta ve kirliliğe sebep olabilmektedir. Toprak yüzeyinde

kalan bu plastikler daha sonra birçok fiziksel ve biyolojik aktiviteden kaynaklı olarak parçalanıp mikroplastığe dönüşmekte ve toprak içerisine karışmaktadır. Tarımsal kaynaklı büyük boyutlu plastikler, güneş, hava sıcaklığı, nem, rüzgâr, yağmur ve dolu gibi atmosferik koşulların etkisiyle hızla parçalanıp bu tarımsal plastiklerin sökülmesi sırasında ciddi miktarda plastik parçalanarak ortama bulaşabilmektedir. Alçak tünel sera uygulaması için kullanılan tek kullanımlık polietilen plastik filmler tam olarak toplanamamakta ve alanda kalarak MP haline dönüşebilmektedir. Toprak içerisinde kalan ve mikroplastığe dönüşen bu kirleticiler yağışlar ya da sulama yoluyla nehir göl ve denizel ekosisteme taşınabilmektedir. Sucul ortama (nehirler, göller, denizler, sulak alanlar vb.) taşınan mikroplastikler sucul ortamı tehdit ederken, toprakta kalanlar da toprak ekosistemini tehdit etmektedir.

Tarımsal alanlardaki özellikle topraklardaki MP kirliliğinin miktarı ile ilgili Türkiye’de henüz yapılmış bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu tez çalışması ile Türkiye’nin ve Çukurova’nın önemli tarımsal alanlardan biri olan Aşağı Seyhan Ovasındaki (ASO) Karataş bölgesindeki tarımsal alanların MP kirliliği düzeyi ilk defa araştırılmıştır. Çalışma için alçak tünel sera uygulaması ve tek kullanımlık damla sulama boruları kullanılan tarımsal alanlar seçilmiş bunların uygulandığı alanlardaki mikroplastik kirliliğinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Bunun yanında kontrol amaçlı olarak da herhangi bir şekilde plastik uygulaması yapılmamış alanlar da seçilmiştir.

Yapılan incelemeler sonucunda ortalama olarak 11.13 ± 2.31 adet/kg mikroplastik tespit edilmiştir. Bölgelere göre en yüksek mikroplastik miktarı 32.0 ± 14.36 adet/kg Bahçe-4 lokasyonunda, en düşük mikroplastik miktarı ise 0.3 ± 0.3 adet/kg (yaklaşık olarak 10 kg toprakta 3 adet) ile Karataş-1 lokasyonunda tespit edilmiştir. Mikroplastiklerin ortalama uzunluğu 3.28 ± 0.08 mm’dir. Mikroplastiklerin tiplerine göre sera örtü plastiklerinden kaynaklanan mikroplastiklerin ortalama uzunluğu 3.29 ± 0.09 mm, tek kullanımlık damla sulama borularından kaynaklanan mikroplastiklerin uzunluk ortalaması ise $3.17 \pm$

0.22 mm olarak bulunmuştur. Tarlalardaki mikroplastik miktarının tek kullanımlık damla sulama borusu ve sera örtü plastiklerinin toplanma durumu ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir. Buna göre tarımsal üretimlerinde plastik kullanan çiftçilerden plastikleri kullanım sonrası toplayanların arazilerindeki mikroplastik miktarları toplanmayan topraklara göre görece daha düşük bulunmuştur. Sonuç olarak Adana Karataş bölgesinde plastikültür uygulaması yapılan tarımsal alanlarda kullanılan plastiklerden kaynaklı olarak önemli miktarda mikroplastik kirliliği olduğu tespit edilmiştir. Sonuç olarak bu çalışma ile elde edilen bulgular daha sonra araştırmacılar tarafından gerçekleştirilecek çalışmalara da rehber niteliğindedir.



TEŞEKKÜR

Bu çalışmanın yürütülmesi sırasında bana yol gösteren, destek ve emeklerini esirgemeyen, beni yüreklendiren, öğrencisi olmaktan her zaman gurur duyacağım değerli danışman hocam Prof. Dr. Derya ÖNDER'e, materyal temininde yardımcı olan Adana Karataş Belediyesi çalışanı Umut Işık'a, tüm çalışmalarım boyunca geniş bilgi birikimi ve deneyimiyle yanımda olan değerli eşim Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü Öğretim Üyesi Doç. Dr. Sedat GÜNDOĞDU'ya, laboratuvar çalışması için Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesine, Tez çalışmam esnasında maddi destek veren Ç.Ü Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: FYL-2019-12410) içtenlikle teşekkürlerimi sunarım. Saygı ve Sevgilerimle.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	VII
İÇİNDEKİLER	VIII
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	7
2.1. Topraktaki Mikroplastik Kirliliği	7
2.2. Türkiye’deki Mikroplastik Kirliliği	11
3. MATERYAL VE METOT	13
3.1. Materyal.....	13
3.2. Metot.....	16
3.2.1. Toprak Örnekleme.....	16
3.2.2. Mikroplastiklerin Ayrıştırılması.....	16
3.2.3. İstatistiksel Analiz.....	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	21
4.1. Mikroplastik Miktarları.....	21
4.2. Mikroplastiklerin Uzunluk Dağılımı.....	25
4.3. Kullanılan Plastiklerin Toplanma Durumunun Mikroplastik Miktarına Etkisi	28
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	31
KAYNAKLAR	33
ÖZGEÇMİŞ	45



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 1.1.	Plastiğin tarımsal kullanım alanları	3
Çizelge 4.1.	İstasyonlara göre tespit edilen ortalama, minimum, maksimum MP miktarları (adet/kg kuru toprak) ve standart hataları. Harflendirmeler gruplandırmaları belirlemek için yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır.	23
Çizelge 4.2.	Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MPlerin MP tipine göre minimum, maksimum ve ortalama uzunlukları (mm) ve standart hataları. Tek yönlü varyans analizi tüm lokasyonların MP tipi gözetilmeksizin gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan farklar DUNCAN testi ile belirlenmiştir.	27



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1. Tuzla-Karataş yolu üzerindeki tarımsal alanlarda sera örtü plastiği uygulaması	14
Şekil 3.2. Çalışma kapsamında örnek alınan noktalar	15
Şekil 3.3. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen mikroplastiklerin mikroskop altındaki görünüşleri.....	19
Şekil 4.1. İstasyonlara göre tespit edilen MP miktarları. Çubuklar standart hataları göstermektedir.....	22
Şekil 4.2. İstasyonlara göre tespit edilen MP miktarlarının harita gösterimi	23
Şekil 4.3. Tüm istasyonlardan tespit edilen MPlerin kaynağına göre oransal miktarları.....	25
Şekil 4.4. Tüm istasyonlardan tespit edilen MPlerin uzunluk-frekans dağılımları.....	26
Şekil 4.5. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MP'lerin kullanılan plastiklerin toplanma/toplanmama durumuna göre miktarlarındaki (adet/kg kuru toprak) değişim miktarları.....	28
Şekil 4.6. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MP'lerin kullanılan plastiklerin toplanma/toplanmama durumuna göre uzunluklarındaki değişimler.....	30



SİMGELER VE KISALTMALAR

ANOVA	: Analysis of Variance
ASO	: Aşağı Seyhan Ovası
BBP	: Butil benzil ftalat
DBP	: Dibutil ftalat
DEHP	: Bis (2-etilheksil) ftalat
DEP	: Dietil ftalat
DMP	: Dimetil ftalat
DnOP	: Di-n-oktil ftalat
EVA	: Etilen-Vinil Asetat Kopolimer
MP	: Mikroplastik
NAI	: Sodyum iyodür
PAE	: Fitalat ester
PC	: Polikarbonat
PE	: Polietilen
PET	: Polietilen Terephthalate
PMMA	: Poli-metil-metakrilat
PP	: Polipropilen
PVC	: Poli-vinil klorür
μ-FTIR	: Mikro Fourier Transform Infrared



1. GİRİŞ

Her alanda kullanılan plastiğin 2018 yılı itibariyle toplam üretimi 368 milyon tona ulaşmıştır (PlasticEurope, 2020). Avrupa’da ise her yıl ortalama 60 milyon ton plastik üretilmekte olup bunun 27 milyon tonu atık olarak depolama sahalarında depolanmaktadır (WWF, 2018). Türkiye’de de 2020 sonu itibariyle toplam plastik üretimi 10.1 milyon ton civarında gerçekleşmiş ve bunun da 8.4 milyon tonu yurtiçinde tüketilmiştir (Pagev, 2021). Net bir bilgi ve rapor olmamasına rağmen Türkiye’de geri dönüşüm miktarının toplam atığın %1’i civarında olduğu düşünülmektedir (OECD, 2015). Çevresel plastik çöpler, fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörlerden kaynaklı olarak bozulma ve parçalanmaya uğrayabilirler. Son zamanlarda yapılan çalışmalar, biyobozunur olarak rapor edilen plastikler de dahil olmak üzere birçok plastiğin, bozunmaktan ziyade daha küçük parçalara ayrıldığını ortaya koymuştur (Barnes ve ark, 2009; de Souza Machado ve ark, 2018a). Bu nedenle, makroplastik olarak nitelendirilen 5 mm’den daha büyük olan plastikler, bahsi geçen faktörlerden kaynaklı olarak, genellikle mikroplastik (MP) olarak adlandırılan 5 mm’den daha küçük parçacıklara dönüşür. MP’ler ayrıca çeşitli amaçlarla tasarlanmış mikro boyutlu parçacıkların üretimi yoluyla doğrudan olarak da çevreye verilebilir (resin pelet vb.). MP’lerin de çeşitli faktörlerle daha da parçalanması, nanoplastikler olarak adlandırılan, 0.1 µm’den daha küçük boyutlara sahip parçacıklar meydana gelmesine neden olmaktadır.

Çevrenin plastik atıklarla kirlenmesi, 1950’lerin başlarında bağırsakları plastiklerle dolu olan deniz kuşları bulunmasıyla fark edilmiş ve bu olağanüstü istikrarlı malzemeye ilişkin farkındalığımız da adım adım artmaya başlamıştır (Thompson ve ark, 2009). MP’ler, daha sonra, 1970’lerde, Carpenter ve Smith (1972), tarafından ilk olarak Sargasso denizinde rapor edilmiş ve adından 2000’li yıllarda artan bir şekilde çoğunluğu denizel ortamlarda olan üzere MP’lerin kirlenici olarak bulunurlukları rapor edilmiştir. Bu nedenle söyleyebiliriz ki MP’ler üzerine yapılan ilk araştırmalar esas olarak deniz ve tatlı su ortamlarına

odaklanmıştır. Bugün MP kirliliğine dair sahip olduğumuz bilgilerin çoğunluğu sucul ortamlara ait bilgilerdir. Ancak bunun yanında son 10 yılda artan sayıda araştırma karasal ortamlardaki MP kirliliğine odaklanmaktadır. MP'lerin küresel ekosistemler üzerindeki etkisi geniş çapta bilinen ve birçok kapsamlı araştırmayla tartışılmış bir konudur (Bläsing ve Amelung, 2018: Schell ve ark, 2020: Büks ve Kaupenjohann, 2020).

MP'ler, toprakta, sucul ekosistemlerde, soluduğumuz havada, kişisel bakım ürünlerinde, sofraya tuzunda ve birçok deniz ürünüde bulunabilen ve tehlikeli olabilen doğal olmayan kirleticilerdir (Duis ve Coors, 2016: Dehghani ve ark, 2017: Gündoğdu ve Çevik, 2017: Gündoğdu, 2018: Lusher ve ark, 2018: Gündoğdu ve ark, 2020: Gündoğdu ve ark, 2021). MP kirliliği, belki de gezegenimizin yüzeyindeki en yaygın ve uzun süreli antropojenik değişikliklerden biridir. Bu sebeple sucul ortamlarda olduğu kadar karasal ortamlarda da ciddi anlamda ve keşfedilmeyi bekleyen bir kirlilik kaynağıdır.

Karasal ortamdaki MP kirliliğinin en yoğun olduğu alanların başında da tarımsal alanlar gelmektedir. Tarımsal uygulamalar dünyanın besin ihtiyacını karşılama açısından çok önemli olmakla birlikte bu uygulamalar biyolojik çeşitliliğin azalması, küresel iklim değişikliği (sera gaz emisyonu), azot ve potasyum kirliliği ve toprakların bozulması gibi olumsuz etkilere neden olabilir (Foley ve ark, 2011: Steffen ve ark, 2015: Tschardtke ve ark, 2012). Tarımsal uygulamalar arasında plastikültür uygulamaları sıklıkla kullanılan metotlardan birisidir. Plastikültür uygulamalarında kullanılan plastikler temel olarak Polyolefin, Polietilen (PE), Polipropilen (PP), Etilen-Vinil Asetat Kopolimer (EVA), Poli-vinil klorür (PVC), Polietilen Terephthalate (PET) ve nadiren Polikarbonat (PC) ve Poli-metil-metakrilat (PMMA) türü plastiklerdir. Bunlar da yoğun olarak alçak ve yüksek sera, damla sulama, malçlama, ilaç paketleme, silaj depolama, ürün toplamada torba, kasa vb. olarak kullanılmaktadır (Çizelge 1.1). Tüm bu plastikler, tarımsal uygulamalar sonrasında toprak yüzeyinde kalmakta ve kirliliğe sebep olabilmektedir. Toprakta yüzeyinde kalan bu plastikler daha sonraki aşamalarda

birçok fiziksel ve biyolojik aktiviteden kaynaklı olarak parçalanmakta ve mikroplastığa dönüşmekte ve toprak içerisine karışmaktadır. Tarımsal makro plastikler, güneş, hava sıcaklığı, nem, rüzgâr, yağmur ve dolu gibi atmosferik koşulların etkisiyle oldukça hızlı parçalanabilmektedirler. Bu özelliklerinden dolayı, tarımsal plastiklerin sökülmesi sırasında ciddi miktarda plastik parçalanarak ortama ulaşabilmektedir.

Çizelge 1.1. Plastiğin tarımsal kullanım alanları

Plastik Kullanım alanı	Uygulama Türleri
Örtü altı yetiştiriciliği	Sera ve Tünel, Alçak Tünel, Malçlama, Fidan filmi, Direkt örtü, Bağ bahçe örtüsü
Sulama/Drenaj	Su tankı, Su kanalı, Sulama ekipmanları (Drenaj boruları, Mikro sulama, Damla Sulama)
Koruma Ağı/Örtüsü	Dolu önleyici, Kuş önleyici, Rüzgâr kırıcı, Gölgeleme, Zeytin/Fındık toplama ağı
Paketleme	Gübre çuvalama, Zirai ilaç kutusu, Konteyner, Sıvı depolama tankları, Kasalama
Diğer	Silaj Filmleri, Dumanlama, Balyalama, Fide poşetleme, Çubuk ve halat

Bugün MP'lerin tarımsal alanlara, bahçelere, otlaklara ve orman topraklarına giriş yolları, sadece plastikültür uygulamaları değildir. Bunun yanında atık su çamurunun gübre olarak kullanılması, kentsel kompostlar, hayvansal gübreler, otomobil lastikleri ve kentsel faaliyetlerden kaynaklanan yollarla da plastikler ve MP'ler toprak ortamına dâhil olabilmektedir (Büks ve Kaupenjohann, 2020). Yapılan çalışmalardan elde edilen kanıtlar, MP'lerin düzenli olarak salınmaları halinde toprakta önemli bir birikime yol açtığını göstermektedir(Corradini ve ark, 2019: van den Berg ve ark, 2020).

Toprağa dahil olan MP'lerin, toprağın su tutma kapasitesi, toprak keseklenmesi, toprak mikrobiyal topluluğunun performansı ve bileşimini, toprak faunası ve flora gibi fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri etkilediği bilinmektedir (Souza de Machado ve ark, 2018: Lehmann ve ark, 2019: Rillig ve ark, 2019: Büks ve ark, 2020: Fei ve ark, 2020). Toprak ortamlarındaki MP'lerin

varlığı üzerine yapılan çalışmaların sayısı son on yılda artmış olsa da, MP'lerin bu ortamdaki varlıkları ve etkileri hala tam olarak bilinmemektedir. Buna rağmen tarımsal faaliyetlerde plastik uygulamaları tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de oldukça hızlı bir şekilde atmaktadır. Pagev (2020), Türkiye'nin 2020 yılı itibarıyla 9.54 milyon ton plastik ürettiğini ve bunun da 382 bin tonunun tarımsal amaçlı kullanıldığını belirtmektedir. Tarımsal amaçlı plastik kullanımında ise en önemli kullanım alanı örtü altı yetiştiriciliğidir. Türkiye, örtü altı yetiştiriciliğinde dünyada ilk dördte yer alırken, Avrupa'da ise İspanya'nın ardından ikinci sırada yer almaktadır (Tüzel ve ark, 2020). Türkiye'nin toplam örtü altı alanı 2018 yılı itibarı ile 77209.1 ha'a ulaşmıştır. Toplam örtü altı alanının %27.36'sında (11423.2 ha) alçak plastik tünel, %14.8'inde yüksek plastik tünel (11423.2ha), %10.12'inde cam sera (7811 ha) ve %47.73'ünde de plastik yüksek sera (36852.7 ha) uygulanmaktadır (Tüzel ve ark, 2020). Toplam örtü altı alanı 2008'den 2018 yılına kadar %42.4 oranında artmıştır. Plastik sera, yüksek ve alçak tünel alanlarındaki artış oranları sırasıyla %74.1, %70.6 ve %16.5 olmuştur (Tüzel ve ark, 2020). Bu değerler dikkate alındığında plastik materyalin seracılık uygulamalarındaki yerinin oldukça yüksek olduğu anlaşılmaktadır.

Her ne kadar Türkiye'deki tarımsal sulamanın %75'i salma sulama şeklinde gerçekleşiyor olsa da tek kullanımlık plastik boruların da kullanıldığı damlama sulama oranlarının da artış gösterdiği bilinmektedir. Bu durum da tarımsal plastik kullanımının artmasında bir faktör olarak kabul edilmektedir.

Gerek alçak tünel sera uygulaması sonrası gerekse de tek kullanımlık plastik boruların damla sulamada kullanılması sonrası etkin olarak toplanamaması bu plastiklerin tarımsal topraklarda kirletici olarak kalmasına neden olabilmektedir. Büks ve Kaupenjohann (2020) özellikle plastik örtü yetiştiriciliği ve genel olarak plastik içeren tarımsal uygulamaların yapıldığı alanlardaki toprakların önemli miktarda MP kalıntı içerdiğini belirtmektedirler. Malçlama olarak bilinen ve toprağın koyu renkli ince plastik film ile kaplanması şeklinde gerçekleştirilen uygulama ile alçak tünel sera örtüsü plastik filmlerinin ekilebilir topraklarda

önemli bir MP kaynağı olduğuna inanılmakta (Huang ve ark, 2020), ve bu ince film tipindeki plastikler (8-50 µm kalınlığında polietilen gibi) toprağa kolayca girerek biyolojik bozunma süreçlerinden etkilenmedikleri düşünülmektedir (Steinmetz ve ark, 2016 , Qi ve ark, 2020). Özellikle plastik seralar, çevresel koşulların ayarlanmasına imkân sağlamak yoluyla ürün verimini arttırmaları nedeniyle tarımsal üretimde tüm dünyada kritik bir rol oynamaktadır. Bu durum tarımsal topraklara MP karışmasına ve plastiklerde yaygın katkı maddeleri olarak kullanılan ve kovalent bağlar olmadan polimere yalnızca gevşek bir şekilde eklenen ftalat esterlerin (PAE) toprağa kolayca sızabildiği bir durum oluşturmaktadır. Bunun yanında diğer potansiyel kanserojen ve endokrin bozucu kimyasallar olan dimetil ftalat (DMP), dietil ftalat (DEP), dibutil ftalat (DBP), butil benzil ftalat (BBP), bis (2-etilheksil) ftalat (DEHP) gibi bazı PAE'ler ve di-n-octyl phthalate (DnOP) gibi kimyasallar da plastikültür uygulamalarından kaynaklı olarak tarımsal toprağa karışabilirler. Ancak bu durumun küresel anlamdaki durumu çalışma sayısındaki eksikliklerden kaynaklı tam olarak bilinmemektedir. Buna rağmen Nizzetto ve ark, (2016) sadece atık su arıtma çamuru uygulamasıyla Avrupa'daki tarımsal toprakların MP yükünün yıllık olarak 5.8 kg/ha olarak bildirmektedir.

Türkiye'de ise bu durumu ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu anlamıyla bu çalışma oldukça özgün ve yenilikçi bir çalışma olma özelliği taşımaktadır. Bu çalışmada Adana/Karataş ilçesindeki bazı tarımsal alanlarda plastik alçak tünel sera ve tek kullanımlık plastik damla sulama borusu kullanılarak yapılan tarımsal faaliyetler sonucu toprakta kalan mikroplastiklerin miktarı araştırılmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Topraktaki Mikroplastik Kirliliği

Büks ve Kauenjohann (2020) tarafından gerçekleştirilen literatür taraması çalışmasında incelenen çalışmaların gerçekleştirildiği 223 örnekleme sahasının tamamında, topraktaki MP'lerin medyanları 1167 MP/kg ve 0.6 mg/kg olarak tahmin edilmiştir. Büks ve Kauenjohann (2020) endüstriyel alanlardaki topraklarda yapılan bazı çalışmalarda bulunan değerlerin, büyüklük sırasına göre değerlendirildiğinde bu değerleri aştığını bildirmektedir. Arıtma çamuru uygulaması yapılan sahaların ortalama MP konsantrasyonları, arıtma çamuru uygulaması sayısı ile de artan bir şekilde 1998 MP/kg veya 2.2 mg/kg olarak tespit edilmiştir (Corradini ve ark, 2019: Crossman ve ark, 2020: van den Berg ve ark, 2020). Bu yükler, hem sayı hem de ağırlık olarak plastik malçlama yapılan tarlalarda ölçülen değerlerin yaklaşık bir kat üzerindedir. Medyanlara ve miktar aralıklarına göre MP sayısı değerlendirildiğinde, araç lastiği tozuna maruz kalan ve çöp depolama sahalarına yakın olan alanlar ile atık su arıtma çamuru kullanılan sahalar birbirlerine benzer oranda MP içermektedir (Büks ve Kauenjohann, 2020). Bununla birlikte, tıpkı çeltik tarlaları ve kirlenmemiş araziler gibi, bu veri setleri yalnızca birkaç örnekleme sahası içeren tek bir çalışmaya dayanmaktadır ve kütle konsantrasyonlarının verileri daha da seyrek.

Büks ve Kauenjohann (2020) çayır, nadas ve orman topraklarının aksine, tarım ve bahçecilik yapılan tarlalardaki MP kirliliğinin görece daha iyi araştırıldığını bildirmektedir. Her ikisi de yaklaşık 1200 adet/kg ve 1000 adet/kg mikroplastik miktarı gibi benzer ortalama konsantrasyonlara sahiptir, ancak tarım arazilerinde, çok daha geniş bir konsantrasyon aralığıyla karşılaşılabilmektedir. Belediyelerin çöp döküm alanlarına yakın yerler, kırsal alanlara göre üç kat daha fazla araştırıldığı için bu alanlardaki MP miktarları daha iyi bilinmektedir.

Çin'de, sera ile yapılan sebze üretim alanlarındaki fitalat esterlerinin araştırıldığı bir çalışmada, fitalat esterlerin (PAE'ler) toprakta, plastik filmde ve

sebzede de olmak üzere her yerde bulunabilen kirleticiler olduğu tespit edilmiştir. Ancak buna rağmen plastik film ve sera topraklarında tespit edilen PAE'lerin tüketiciler için düşük sağlık riski oluşturduğu belirtilmiştir (Cheng Li ve ark, 2016).

Rillig ve ark, (2017) tarafından yapılan ve solucanların topraktaki MP taşınımı üzerine olan etkisinin araştırıldığı çalışmada, toprak ekosisteminde MP birikiminin giderek artan bir çevresel problem haline geldiği tespit edilmiştir. Burada MP partiküllerin (polietilen boncuklar) toprak yüzeyinden solucanlar yoluyla toprak profiline taşınabileceği fikriyle yola çıkan araştırmacılar solucanların, derinlere inildikçe MP parçacıkların varlığını büyük ölçüde artırdığını tespit etmişlerdir (her biri 3.5 cm kalınlığında 3 toprak katmanı incelenmiştir) ve daha küçük PE mikro boncukların daha yüksek düzeyde derinlere taşındığını ortaya koymuşlardır. Çalışma, solucanların topraktaki MP'leri önemli ölçüde taşıdıklarını, bu materyali toprağa oyuklar ve solucan dış yüzeyine yapışma yoluyla karıştırabileceklerini açıkça tespit etmiştir. Bu nedenle, topraktaki diğer canlı organizmaların MP'lere maruz kalması ve MPlerin daha derinlerdeki yeraltı suyuna karışmaları için potansiyel sonuçlara sahip olduğunu bildirmişlerdir.

İsviçre'de, taşkın yatağı topraklarında MPlerin araştırıldığı bir çalışmada, MP'lerin ancak karasal çevre için açık bir şekilde sorun oluşturan sonuçları olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada, İsviçre doğa rezervlerinde bulunan ve İsviçre'nin %53'ünü kaplayan havzalarla ilişkili 29 taşkın yatağı analiz edilmiştir. Taşkın yatağı topraklarının %90'ının MP'leri içerdiği tespit edilmiştir. Ayrıca, MP'lerin çoğunlukla rüzgarlar yoluyla toprağa girdiği belirtilmiştir (Scheurer ve Bigalke, 2018).

Çin'de tarım topraklarında yapılan MP ve mezoplastik (5 mm ile 2.5 cm boyutları arasındaki plastiklere verilen isim) kirliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada mikro ve mezo plastiklerin oluşumu, Şangay'daki tarım arazileri toprakları üzerinden ortaya konulmuştur. MPlerin ortalama miktarı üst ve derin topraklarda sırasıyla 78.00 ile 62.50 adet/kg ve çoğunlukla fiber, fragment ve film

biçiminde olduğu tespit edilmişlerdir. Üst katmanlarda (önemli ölçüde daha büyük) ve derin toprakta mikro ve mezo plastiklerin ortalama uzunluğu 1.91 ve 1.48 mm olarak ve plastiklerin çoğunluğunun polipropilen (%50.51) ve polietilen (%43.43) olduğu tespit edilmiştir (Liu ve ark, 2018).

Qi ve ark.(2018), tarafından yapılan toprak-bitki sistemindeki plastik malç film kalıntılarından kaynaklanan makro ve MP'lerin buğday (*Triticum aestivum*) büyümesi üzerindeki etkileri isimli çalışma bu alanda yapılan ilk deneysel çalışma olarak kabul edilmiştir. Bu çalışmada toprak-bitki sisteminde hem plastik kalıntılar hem de toprak organizmaları incelenmiştir. Çalışmaya göre biyolojik olarak parçalanabilen plastikler, konvansiyonel polietilene göre daha az olumsuz etkiler göstermişlerdir.

Corradini ve ark, (2019), tarafından yapılan bir çalışmada arıtma çamuru uygulaması yapılan tarımsal topraklardaki MP birikiminin varlığı araştırılmıştır. Bu kapsamda farklı oranlarda çamur uygulaması yapılan 31 saha değerlendirilmiştir. Toprak örneklerinde 0.6-10.4 partikül g⁻¹ MP bulunmuştur. MP miktarının çamur uygulamasının artışıyla birlikte arttığı tespit edilmiştir.

Corradini ve ark, (2019), tarafından yapılan çalışmada malç filmi uygulanan topraklardaki MPlerin, tarım topraklarındaki bakteriler için ayrı bir yaşam alanı olup olmadığı araştırılmış ve çalışmada MP'lerin üzerindeki mikrobiyal topluluğun, diğer kalıntılar ve toprakta bulunanlardan yapısal olarak farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Zhang ve ark, (2020), tarafından yapılan çamur bazlı gübreleme uygulamasından tarımsal topraklara MP'lerin karışması konulu çalışmada, atık su arıtma tesislerinde üretilen arıtma çamurunun yaygın kullanılması, toprağa birincil MPlerin karışmasının ana kaynağı olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmada arıtma çamuru uygulanmış topraklardaki ve buralarda yaşayan solucanlardaki MPlerin bolluğu, polimer türleri ve morfolojisini μ -FTIR spektrometri yöntemiyle kapsamlı şekilde araştırılmıştır. Topraktaki MP'lerin miktarının çamur bazlı gübrelerin uygulama oranıyla yakından ilişkili olduğu açıkça gösterilmiştir. Çamur

kompostlarının MP'lerinin toprağa giden bir aracı olarak hareket edebileceğini ve daha sonra toprak biyotasına karışarak MP'lerin çevreye yayılmasını etkilediğini bildirmişlerdir.

Çin'in Hangzhou körfezindeki kıyı bölgesinde yer alan tarımsal topraklardaki MP'lerin araştırıldığı bir çalışmada, plastik malçlama uygulanan tarlalar ile malçlama yapılmayan tarım alanları karşılaştırılmış ve malçlama yapılan topraklarda daha yüksek düzeyde MP bulunduğu bildirilmiştir. Sulama suyundaki MP'lerin de araştırıldığı çalışmada, partikül boyutunun sulama suyundaki MP'lerin toprağa göre daha düşük olduğunu tespit etmişlerdir. Topraklardaki MP bolluğu ile sulama suları arasında ise bir ilişki bulunmadığı belirtilmiştir (Zhou ve ark, 2020).

Huang ve ark, (2020), tarafından yapılan ve karasal ortamda MP'lerin kaynağı olan tarımsal plastik malçlamanın etkisinin araştırıldığı çalışmada, Çin genelindeki 19 ilden 384 toprak örneği incelenmiştir. Konsantrasyonların Çin'in batısında, Doğu Çin'e göre daha yüksek olarak bulunmuş ve malçlama oranıyla plastik kalıntıların birbirine bağlı olduğu tespit edilmiştir. Sürekli olarak yapılan plastik malçlama ile topraktaki MP bolluğunun arttığı belirtilmiştir.

Çin'in kuzeybatısındaki Shaanxi eyaletinin tarımsal topraklarında MP'lerin miktarının incelendiği çalışmada, MP konsantrasyonunun 1430 ile 3410 adet/kg arasında değiştiği tespit edilmiştir. Toprak örneklerindeki MP miktarının, ekim türü ve iklim faktörüyle ilişkili olduğu ayrıca bildirilmiştir (Ding ve ark, 2020).

Harms ve ark, (2021), tarafından yapılan ve Kuzey Almanya, Schleswig Holstein'deki 15 tarım arazisi topraklarındaki MP miktarının araştırıldığı çalışmada, ortalama MP miktarı kg kuru toprak başına 3.7 adet olarak bulunmuştur. MP'lerin bileşiminin örneklenen tarım arazileri boyunca aynı olduğu ve en çok bulunan MP tipinin polietilenden yapılmış film tipteki plastikler olduğu tespit edilmiştir.

Selonen ve ark, (2019) tarafından yapılan çalışmada, plastiklerin topraktaki etkileri araştırılmıştır. Buna göre polyester tekstil liflerinin toprak omurgasızları üzerindeki ortaya konulmuş ve özellikle görece daha uzun liflerin bu canlıların

üremesini %30 kadar azalttığı tespit edilmiştir. Özellikle Isopod'ların enerji metabolizmaları ve beslenme aktivitelerinin topraktaki liflerden etkilendiğini ortaya koymuşlardır. Bunun yanında polyester liflerin 21-28 günlük sürede toprak omurgasızlarına çok fazla zararlı olmadığını ancak bu liflerin yutulmasıyla omurgasızlar tarafından karasal besin ağlarına girdikleri tespit edilmiştir.

2.2. Türkiye'deki Mikroplastik Kirliliği

Türkiye 80 milyon üzerinde nüfusu ve yıllık ortalama %1'lik nüfus artış hızı ile gelişmekte olan bir ülkedir (TÜİK, 2020). Bu nüfusun yarısından fazlası (%54,6 veya yaklaşık 45 milyon kişi) kıyı bölgelerinde yaşamaktadır. Bu kıyısız alanlarda da yoğun tarımsal faaliyetler yürütülmekte ve bu alanlarda da yoğun plastik kültür uygulamaları gerçekleştirilmektedir. Bu faaliyetlerden kaynaklı olarak Türkiye'nin kendi sınırlarında oluşan plastik kirliliğinin yanı sıra, Türkiye kıyılarında (toplam 8483 km) Akdeniz, Ege ve Karadeniz'den gelen sınır aşan plastik kirliticiler yoğun olarak bulunmaktadır. Her ne kadar Türkiye'deki tarımsal alanlarda ciddi plastik kirliliği ve dolayısıyla MP kirliliği olduğu düşünülse de bunu ortaya koyan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

Türkiye'de plastik ve MP kirliliği çoğunlukla sucul ortamlar için bildirilmiştir. Türkiye sularında ilk denizel plastik kirliliği çalışması Bingel ve ark, (1987) tarafından ve ikincisi de Yılmaz ve ark, (2002) tarafından gerçekleştirilmiştir. Bunun yanında 2016 yılına kadar yapılan çalışmaların çoğunluğu karasal katı atıklar ve bu atıkların yönetimi veya kıyısız çöpler üzerine odaklanmıştır (Aydın ve ark, 2016; Berkun ve ark, 2005; Metin ve ark, 2003; Topçu ve Öztürk, 2010; Turan ve ark, 2009). 2016 yılına kadar sınırlı sayıda çalışma yapılmış olması nedeniyle, Türk sucul ekosistemlerindeki MP kirliliği hakkında da çok az bilgi vardı. Ancak 2016'dan sonra özellikle MP'leri araştıran çalışmaların sayısının artmasıyla beraber, Türkiye'deki sucul ekosistemlerindeki plastik kirliliğinin durumunun artık daha iyi bilindiği söylenebilir. Plastik kirliliği ile ilgili yapılan bilimsel çalışmaların büyük bir kısmı Türk denizlerinde ve kıyı

bölgelerinde (plaj, lagün ve sulak alan) yapılmıştır. Bu çalışmaların büyük bir kısmı Akdeniz kıyısında (Aydın ve ark, 2016; Bingel ve ark, 1987; Eryaşar ve ark, 2014; Genc ve ark, 2019; Gündoğdu ve ark, 2017; Gündoğdu. 2017; Gündoğdu ve ark, 2019; Gündoğdu ve Çevik, 2019; Güven ve ark, 2017; Mutlu ve ark, 2020; Olguner ve ark, 2018; Özdilek ve ark, 2006; Yılmaz ve ark, 2002) bir kısmı Karadeniz'de (Aytan ve ark, 2016; Öztekin ve ark, 2020; Öztekin ve Bat, 2017; Terzi ve Seyhan, 2017; Terzi ve ark, 2020; Topçu ve ark, 2013; Topçu ve Öztürk, 2010; Visne ve Bat, 2016:), bir tanesi Ege Denizi'nde (Yabancı ve ark, 2019) ve bir kısmı da Marmara Denizi'nde ve bağlantılı boğazlarda (Baysal ve ark, 2020; Doğruyol, 2019; Çullu ve ark, 2021; Tunçer ve ark, 2018) gerçekleştirilmiştir. Bunların yanında MP'lerin sucül organizmalar tarafından yutulması, sindirim sistemindeki varlığı, tüketimlik deniz ürünlerindeki MP içeriği ve deniz organizmalarının plastiklere dolanması üzerine de çeşitli çalışmalar yapılmıştır (Gündoğdu ve ark, 2020; Isinibilir ve ark, 2020; Tunçer ve ark, 2019).

Tatlı su ortamlarındaki MP kirliliğini ortaya koyan çalışmaların sayısı ise bir elin parmaklarını geçmemektedir (Tavşanoğlu ve ark, 2020).

Türkiye'deki tarımsal toprakların mikroplastik kirliliğine dair olarak da herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Çukurova Deltasının önemli bir bölgesini oluşturan Aşağı Seyhan Ovası (ASO) Akdeniz Bölgesinde, kuzeyde Toros Dağlarının etekleri, batıda Berdan Nehri, güneyde Akdeniz, doğuda Ceyhan Nehri ile sınırlanan 210 000 ha genişliğindeki sahadır. Saha kuzeyden güneye Seyhan Nehri ile ikiye bölünür. Seyhan Nehri ile Berdan Nehri arasında kalan kısma Seyhan Sağ Sahil veya Tarsus Ovası, Seyhan nehri ile Ceyhan Nehri arasında kalan kısma Seyhan Sol Sahil veya Yüreğir Ovası denir. ASO aynı zamanda bir sulama sahası olup, bu sulama sahasında 24 adet Sulama Birliği faaliyet göstermektedir. Bu sulama birlikleri sulama sahasında, salma sulama, yağmurlama sulama ve damla sulama teknikleri uygulanmaktadır. ASO’da, Seyhan, Ceyhan ve Berdan nehirlerinin taşıdığı alüvyonlar toprak ve topografik yapı açısından uygun koşullar oluşturmakta ve ılıman iklimin de etkisiyle, bölgede çay ve fındık dışında, ülkemizde yetiştirilebilen neredeyse bütün temel tarım ürünleri yetiştirilebilmektedir (Şatır, 2013). Yeler ve ark, (2017), ASO’da tarımsal ürün desenini yazlık ve kışlık olarak iki dönem halinde belirledikleri ürün deseni belirleme çalışmalarında, kışlık dönemde buğday ağırlıklı ürün yetiştirildiğini, yazlık dönemde de mısır, pamuk ve soya tarımı ağırlıklı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca yine aynı yazarlar, bölgede, tarla tarımı dışında, narenciye üretiminin de Türkiye genelinde önemli bir yere sahip olduğunu bildirmişlerdir. Bu denli geniş tarımsal ürün yelpazesi, Çizelge 1.1’de belirtilen plastik türlerinin hemen hepsinin ASO bölgesinde kullanılma ihtimalini ortaya çıkartmaktadır. Bu da bölgedeki MP kirliliği riskinin araştırmaya değer olduğunu ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda bu tez çalışmasında örnekleme alanı olarak ASO’nun en yoğun plastik kullanımlı tarımsal faaliyetlerinin yürütüldüğü Adana/Karataş bölgesindeki tarımsal alanlardaki tarımın yoğun yapıldığı topraklar seçilmiştir. Daha önce gerçekleştirilen saha ziyaretlerinde Karataş bölgesinde önemli miktarda

tarımsal plastik kullanımı olduğu gözlenmiştir (Şekil 3.1). Bu plastikler de tek kullanımlık sera örtü plastiği ve tek kullanımlık damlama sulama borularıdır. Bu amaçla ilgili alanda henüz hasat edilmiş veya yeni ürün ekimi gerçekleştirilmemiş tarlalar tercih edilmiştir. Bu bağlamda detayları ve lokasyonları Şekil 3.2 ve Çizelge 3.1’de detaylıca verilmiş olan 10 farklı örnekleme lokasyonu yeri seçilmiş ve bu lokasyonlardan Eylül 2020’de üçer tekerrürlü olmak üzere toprak numuneleri alınmıştır.



Şekil 3.1. Tuzla-Karataş yolu üzerindeki tarımsal alanlarda sera örtü plastiği uygulaması



Şekil 3.2. Çalışma kapsamında örnek alınan noktalar

Çizelge 3.1. Örnekleme lokasyonlarının özellikleri (S: Alçak tünel sera örtü plastiği, D: Tek kullanımlık damla sulama)

No	Lokasyon adı	Plastik kullanımı	En son yetiştirilen bitki	Sera örtü plastiği ya da damla sulama geçmişi	Kullanılan sera örtü plastiği ve borular toplanıyor mu?
1	Bahçe-1	S ve D	Karpuz	10 yıldan fazla S ve D	Sadece boruları topluyorlar
2	Bahçe-2	Yok	Mısır/Soya	–	–
3	Bahçe-3	S ve D	Karpuz	10 yıldan fazla S ve D	Her ikisini de bazen topluyor
4	Bahçe-4	S ve D	Karpuz	5 yıldan fazla S ve D	Toplamıyor
5	Karataş-1	Yok	Buğday	–	–
6	Karataş-2	Yok	Pamuk	–	–
7	Ataköy-1	Yok	Mısır	5 yıl önce S kullanılmış	–
8	Ataköy-2	S ve D	Domates/Karpuz	5 yıldan fazla S ve D	Toplamıyor
9	Ataköy-3	S ve D	Fıstık	Geçen yıl S ve D uygulanmış	Toplamıyor
10	Tuzla-1	S ve D	Biber	5 yıldan fazla S ve D	Toplamıyor

3.2. Metot

3.2.1. Toprak Örneklemesi

Tez çalışması, Şekil 3.2.'de belirtilen yerlerden toprak örneklemesi yapılarak gerçekleştirilmiştir. Toprak örneklemesi aşağıdaki şekilde gerçekleştirilmiştir.

- Her bir tarla içerisindeki rastgele belirlenmiş on farklı noktadan, paçal (farklı topraklardan alınan belli miktardaki toprakların bir araya getirilerek oluşturulan homojen karışım) oluşturmak amacıyla bir kürek yardımıyla topraklar alınarak bir araya getirilmiştir,
- Oluşturulan karışım içerisinde tesadüfi olarak alınan 3 tekerrür halindeki 1 kg civarındaki toprak, önceden temizlenmiş ve darası alınmış cam örneklem kaplarına alınmıştır,
- Örneklem kaplarının ağızları kapatılmış ve bu şekilde laboratuvara incelenmek üzere taşınmıştır.

3.2.2. Mikroplastiklerin Ayırıştırılması

Toprak ve sediment gibi yoğun organik içeriğe sahip ortamlardan MP'lerin ayırıştırılması işlemi oldukça zahmetli bir işlemdir (Blasing ve Amelung, 2018; Hurley ve ark, 2018). Her istasyondan 3 tekerrürlü olacak şekilde alınan ve yaklaşık 1 kg'lık olan numuneler laboratuvara getirilmiş ve 5 mm göz açıklığına sahip çelik elekten geçirilerek uzunluk olarak MP'ler için üst sınır olan 5 mm'den daha büyük partiküller ayıklanarak ayrı bir örnek kabına aktarılacak şekilde üzerine gerekli tanımlayıcı bilgiler yapıştırılmış ve kaldırılmıştır. Daha sonra elek altı malzemenin bulunduğu kavanozlar 40 °C'ye ayarlanmış etüv içerisinde yerleştirilmiştir. İki günlük bekleme işleminin ardından çıkarılan örnekler tekrar tartılmış ve örneklerin kuru ağırlıkları not edilmiştir. Daha sonra toprak içerisinde gerek organik madde yükünden gerekse de toprağın yapısından kaynaklı olarak oluşan topaklanmaların MP ayırıştırılmasını zorlaştırmaması için numuneler 5 litrelik sterilize edilmiş cam

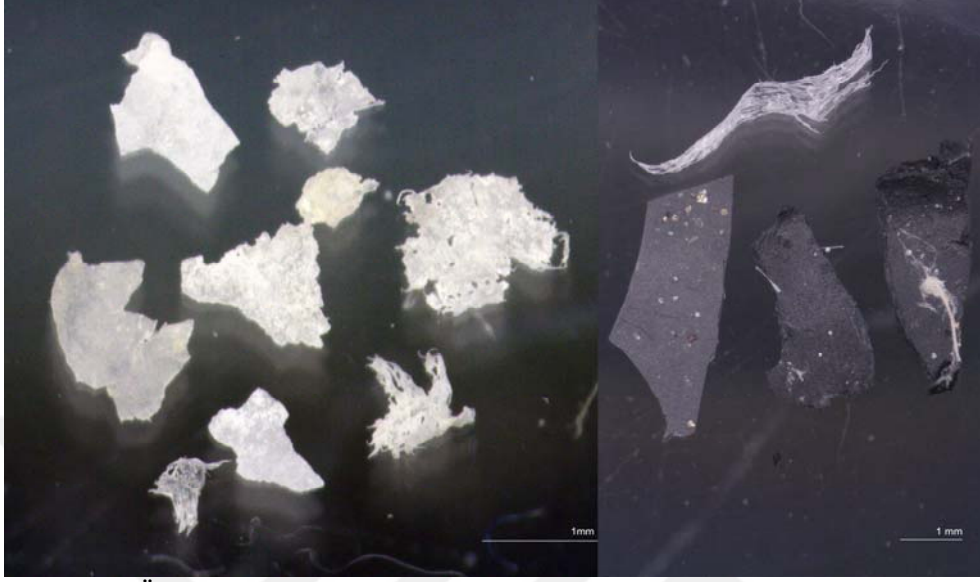
kavanozlara aktarılmış ve üzerlerine 1 cm mesafeyi kaplayacak şekilde ultra saf su eklenmiştir. Bu şekilde tüm toprağın bir eriyik haline dönüşmesi sağlanmıştır.

Tüm numunenin eriyik haline geldiği cam bir çubukla kontrol edildikten sonra yoğunluk ayrımını gerçekleştirebilmek amacıyla numune üzerine yaklaşık 1.8 g/ml yoğunluğa sabitlenmiş 4 molar NaI çözeltisi, şişe içerisindeki numunenin üzerini 3-5 cm aşacak kadar eklenmiş ve karıştırılarak bir gün yoğunluk ayrımının gerçekleşmesi için ağzı kapalı bir şekilde bekletilmiştir. Yoğunluk ayrımının tam anlamıyla gerçekleştiği gözlemlendikten sonra yüzer hale geçen materyal 55 mikron çapında göz açıklığına sahip elekten geçirilmiştir. Daha sonra elek üstünde kalan materyal tekrar steril bir cam kavanoza eklenerek yoğunluk ayrımı ile ayıklanan materyal içerisindeki plastikleri tüm organik içerikten ayırmak için, ayrıştırılan materyal üzerine Fenton reaktifi (organik madde yakma çözeltisi) eklenmiştir. Fenton reaktifi ile organik madde tamamen ortamdan uzaklaştırılmıştır (Tagg ve ark, 2017; Hurley ve ark, 2018). Tagg ve ark, (2017) ve Hurley ve ark, (2018)'e göre bu reaktif iki bileşenden oluşmaktadır: Demir katalizörü ve 30% (v/v) H₂O₂. Katalizör çözeltisi, ultra saf su ve demir (II) sülfat heptahidrattan meydana gelmektedir. Bu çözelti uygulanırken: 20 ml 30%'luk H₂O₂, 20 ml ve 0.05 M Fe(II) solüsyonu, örnek üzerine dökülmüş ve karışım 40 °C'ye ayarlanmış hot plate üzerinde organik madde tümünden ortadan kaybolana kadar reaksiyona sokulmuştur. Fenton reaktifini kullanarak organik madde yakma reaksiyonu ekzotermik bir reaksiyondur. Organik matrislere bağlı olarak reaksiyon sıcaklığı 89 °C'ye kadar ulaşabilir. Bu durum, Fenton reaktifinin verimini düşürebilir. Söz konusu sorunu ortadan kaldırmak için reaksiyon sıcaklığı bir su banyosu yardımıyla 40 °C'ye sabitlenmeye çalışılmıştır. Bu, aynı zamanda, laboratuvaradaki iş güvenlik koşullarına uyulmasına da yardımcı olmaktadır. Ayrıca sıcaklığın 40 °C'nin üstünde olması H₂O₂'nin ayrışmasına neden olabilmektedir. Su banyosu yardımıyla bu problemin de önüne geçilmiştir. Bu işlem ile aynı zamanda MP parçacıklar daha iyi korunmuş olacaktır. Fenton reaktifi için en uygun pH 3.0'a yakındır. Bununla birlikte, reaksiyonun pH'ı, 5–6 düzeyini aşmayacak şekilde muhafaza edilmesi

önerilmektedir. Böylelikle demir hidroksit çökeltisi oluşma ihtimali de ortadan kalkmaktadır. Eğer böyle bir çökelti oluşursa, bu çökelti, MP yüzeylere tutunarak, sonraki analizleri olumsuz yönde etkileme potansiyeline sahiptir.

Tüm organik madde yakıldıktan sonra çözelti bir gün süreyle soğuması için kapalı çeker ocak içerisinde bekletilmiştir. Daha sonra çözeltiler 55 mikron göz açıklığına sahip elekten tekrar geçirilmiş ve elek üstünde kalan materyal vakum pompa yardımıyla 0.45 mikronluk membran filtre üzerine aktarılmıştır. Üzerinde ayrıştırılmış MP'lerin olduğu filtre kâğıdı kapalı petri kap içine alınmış ve mikroskopik analiz için muhafaza edilmiştir.

Filtre kâğıtları, üzerinde Canon EOS 450D fotoğraf makinası bulunan Olympus SZX 16 mikroskop ile 0.7x-30x aralarındaki büyütme altında incelenmiştir. Alçak tünel sera örtü plastiklerinden kaynaklanan şeffaf film şeklindeki plastikler ve tek kullanımlık damla sulama borularından koptuğu düşünülen siyah renkli sert MP'ler sayılmış fotoğraflanmış ve kayıt altına alınmıştır. Fotoğraflanan partiküllerin de ölçümleri ve ImageJ v1.50i programı yardımıyla gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen mikroplastiklerin mikroskop altındaki görünüşleri

3.2.3. İstatistiksel Analiz

MP konsantrasyonları adet/kg $\pm$ standart hata şeklinde verilmiştir. İstatistik analizler SPSS v25 (IBM, Chicago, IL. USA) kullanılarak, verilerin görselleştirilmesinde de Tableau v.20 programı kullanılmıştır. Örnek alınan tarla lokasyonları arasındaki MP miktarlarının istatistiksel olarak farklı olup olmadığını belirlemek için amacıyla tek yönlü ANOVA testi kullanılmıştır (Zar, 2010).



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Mikroplastik Miktarları

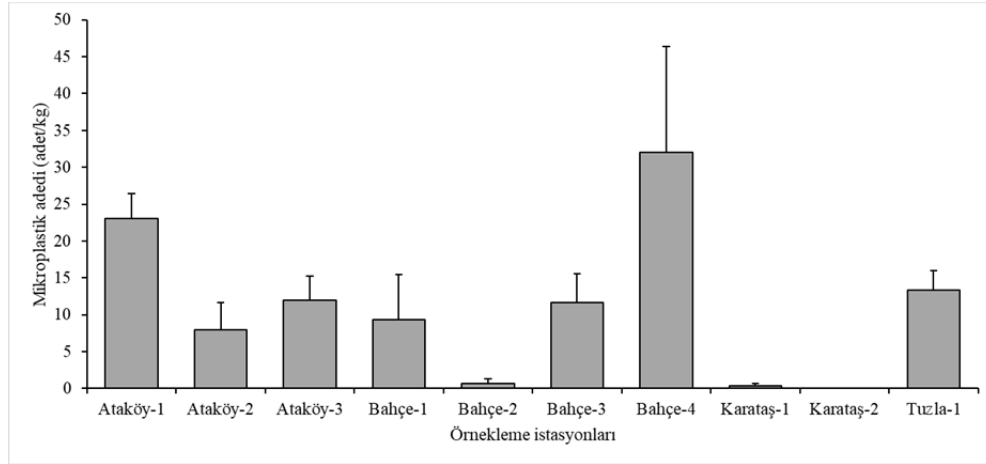
Eylül 2020 döneminde gerçekleştirilen saha çalışmalarında 10 farklı tarla ziyaret edilmiştir. Ziyaret edilen tarlalardan üç adedi herhangi bir plastik uygulaması yapılmamış tarlalar olup, yedi tanesi ise hem sera örtü plastiği hem de tek kullanımlık damla sulama uygulaması yapılmış tarlalardır (Çizelge 3.1). Çizelge 3.1'den de anlaşılacağı gibi çiftçilerin beyanından hareketle çiftçilerin genelinin kullandıkları plastikleri toplamadıkları ve plastik uygulaması yapan çiftçilerin bu uygulamayı çoğunlukla 5 yıldan daha fazla sürede gerçekleştirmekte oldukları belirlenmiştir.

Ürün bazında değerlendirildiğinde de çoğunlukla karpuz yetiştiricilerinin plastik uygulaması yaptıkları bunun yanında domates ve biber üreticileri de plastik uygulaması yaptıklarını beyan etmişlerdir (Çizelge 3.1).

Elde edilen MP miktarları incelendiğinde ortalama olarak 11.13 ± 2.31 adet/kg toprak MP konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bölgelere göre en yüksek MP miktarı 32.0 ± 14.36 adet/kg Bahçe-4 lokasyonunda, en düşük MP miktarı ise 0.3 ± 0.3 adet/kg ile Karataş-1 lokasyonunda tespit edilmiştir. Karataş-2 lokasyonunda ise sera örtü plastiği ve tek kullanımlık damla sulama borularından kaynaklanan herhangi bir mikroplastığe rastlanılmamıştır (Şekil 4.1: Şekil 4.2). Karataş-1 ve Karataş-2 lokasyonlarında herhangi bir plastik uygulaması yapılmadığı için bu lokasyonlarda mikroplastığe hiç rastlanılmaması ya da çok düşük miktarda rastlanması beklenen bir sonuçtur. Benzer şekilde diğer bir plastik uygulaması yapılmayan lokasyon olan Bahçe-2 lokasyonunda ise yine oldukça düşük miktarda mikroplastığe rastlanılmıştır. Ancak bu alanda düşük miktarda da olsa tespit edilen mikroplastığın komşu tarlalarda uygulanan plastiklerle ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Dolayısıyla plastik uygulaması yapılan yetiştiricilik türünün tarla alanında önemli miktarda MP kalıntısına neden olduğunu söylemek yanlış

olmayacaktır. Bu çalışmada ortalama olarak tespit edilen 11.13 ± 2.31 adet/kg MP konsantrasyonu Liu ve ark, (2018) ve Yu ve ark, (2021) tarafından Çin'deki tarımsal topraklarda rapor edilen sırasıyla 78 ± 12.9 adet/kg ve 1444 ± 986 adet/kg miktarından oldukça düşük bulunmuştur. Bu durumun dikkate alınan mikroplastik kaynaklarının bahsi geçen çalışmalarda bu çalışmadaki gibi sınırlı tutulmamasıyla ilgili olduğu düşünülmektedir.

Bölgeler arası MP miktarları açısından farklılık olup olmadığının anlaşılması için gerçekleştirilen tek yönlü varyans analizi sonucunda bölgeler arası MP miktarları açısından anlamlı farklılık olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.1; $p < 0.05$)



Şekil 4.1. İstasyonlara göre tespit edilen MP miktarları. Çubuklar standart hataları göstermektedir



Şekil 4.2. İstasyonlara göre tespit edilen MP miktarlarının harita gösterimi

Çizelge 4.1. İstasyonlara göre tespit edilen ortalama, minimum, maksimum MP miktarları (adet/kg kuru toprak) ve standart hataları. Harflendirmeler gruplandırmaları belirlemek için yapılan DUNCAN çoklu karşılaştırma testine göre yapılmıştır.

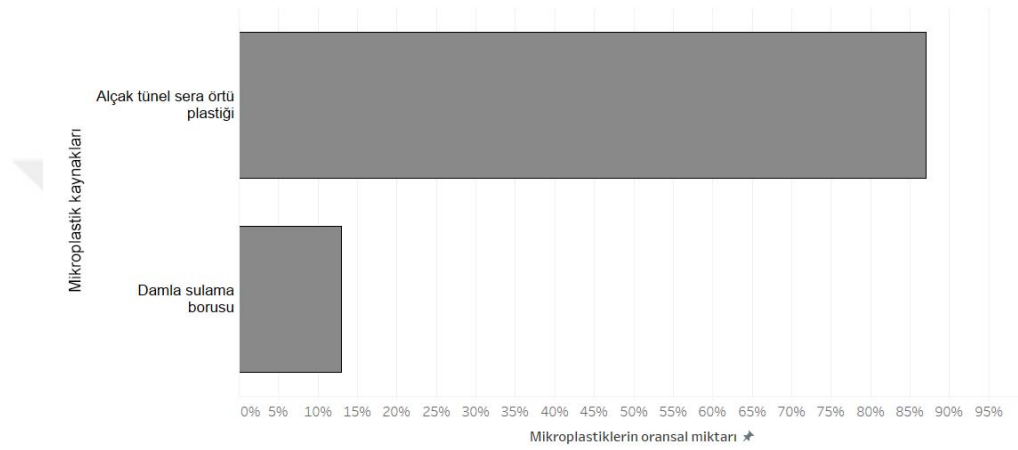
Lokasyon	N	Ortalama	Std. Hata	Minimum	Maksimum
Ataköy-1 ^{a,b}	3	23.00	3.46	17.00	29.00
Ataköy-2 ^{b,c}	3	8.00	3.61	3.00	15.00
Ataköy-3 ^{b,c}	3	12.00	3.21	7.00	18.00
Bahçe-1 ^{b,c}	3	9.33	6.17	1.00	21.00
Bahçe-2 ^c	3	0.67	0.67	1.00	2.00
Bahçe-3 ^{b,c}	3	11.67	3.84	4.00	16.00
Bahçe-4 ^a	3	32.00	14.36	10.00	59.00
Karataş-1 ^c	3	0.33	0.33	0.00	1.00
Karataş-2 ^c	3	0.00	0.00	0.00	0.00
Tuzla-1 ^{b,c}	3	13.33	2.67	8.00	16.00
Toplam	30	11.13	2.31	0.00	59.00

Tarımsal alanlardaki MP'lerin kaynakları, atık su arıtma çamuru, kompost, atık su ile yapılan sulama, yüzey akışı, atmosferik birikim ve tarımsal üretimde plastik kullanımı olarak sıralanabilir (Bläsing ve Amelung, 2018; He ve ark, 2018). Önceki çalışmalar, atık su arıtma çamuru (Nizzetto et al, 2016; Zhang ve Liu,

2018: Corradini et al, 2019), biyolojik atıklardan yapılan organik gübre gibi dış kaynaklı girdilerin (Weithmann ve ark, 2018) ve atık su ile kirlenen sulama suyunun (Zhang ve Liu, 2018), tarım toprağının MP ile kirliliğine önemli katkılar sağladığını ortaya koymuştur. Böylece, tarımsal toprak ekosistemi, MP'lerin önemli bir birikim alanı olarak kabul edilmektedir (Boots ve ark, 2019; Ruimin ve ark, 2020). Öte yandan tarımda plastik kullanımı da önemli bir MP kaynağı olarak tarımsal alanlardaki MP birikimini beslemektedir. 2010 yılında Avrupa'daki tarımsal alanların 4270 km²'sini kaplayan plastik örtü kullanımı (Steinmetz ve ark, 2016), son yıllarda dünya çapında yıllık %5–10'luk bir büyüme oranı yakalamıştır (He ve ark, 2018). PE filmler 1970'lerden beri dünya genelinde tarım arazilerinin seralarında ve toprak malçlanmasında yaygın olarak kullanılmaktadır. Tarımsal alanlarda kullanımda olan plastikler veya yönetilmeyen plastik atıklar, tarımsal ortamlarda fiziksel parçalanma, kimyasal yaşlanma ve biyolojik bozunma ile MP'lere dönüştürülebilmektedir (Rezaei ve ark, 2019). Bu nedenle, yaygın plastik kullanımına sahip agroekosistemler, tarımsal amaçlı kullanılan plastiklerin her yıl tekrarlanan kullanımlarından kaynaklı olarak sürekli MP üretim alanları olarak da kabul edilebilir. Özellikle kullanılan plastiğin polimer türü, topraktaki MP çeşitliliğinin de belirleyicisidir. Bu durum çevresel şartlarla da ilişkilidir. Örneğin plastik örtünün uygulama süresi, PE-filmin parçalanması ile güçlü bir şekilde ilişkilidir. PE plastiğin ultraviyole (UV) maruziyeti, toprak parçacıkları ile aşınma ve tarla koşullarında rüzgar erozyonu yoluyla parçalanması daha önceki çalışmalarda ifade edilmiştir (Song ve ark, 2017; Rezaei ve ark, 2019). Bu nedenle, sera örtü filmi ya da damla sulama uygulaması yapılan topraklardan geri alınmayan PE türdeki plastikler, topraktaki MP'lerin üretimi için önemli düzeyde bir kaynak olarak değerlendirilmektedir. Nitekim bu çalışmadaki sonuçlar da bu durumu destekler niteliktedir.

MP'lerin örtü plastiğinden ya da tek kullanımlık damla sulama borularından mı kaynaklandığına dair yapılan incelemede, elde edilen MP'lerin %13'ü damla sulama borularına ait olan MP'ler olduğu, %87'sinin de sera örtü

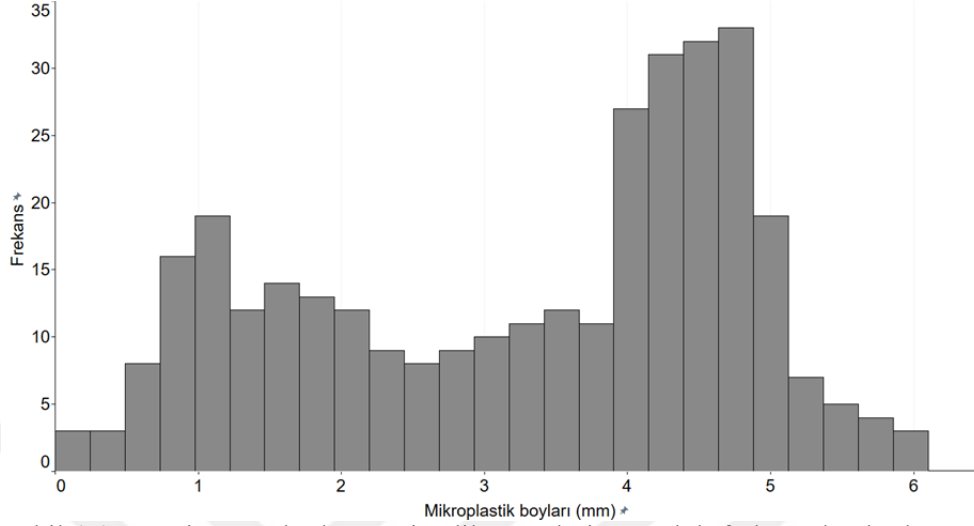
plastiklerine ait olan MP'ler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.3: Şekil 4.4). MP'lerin miktarları açısından tüm lokasyonlardaki boru ve sera örtü plastiği kaynaklı MP miktarları arasındaki fark yapılan t-testi sonucu istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.05$).



Şekil 4.3. Tüm istasyonlardan tespit edilen MPlerin kaynağına göre oransal miktarları

4.2. Mikroplastiklerin Uzunluk Dağılımı

MP'lerin uzunluk dağılımları incelendiğinde 0.11 mm ile 5.9 mm arasında dağılım gösterdikleri ve ortalama uzunluğun da 3.28 ± 0.08 mm olduğu belirlenmiştir (Şekil 4.4).



Şekil 4.4. Tüm istasyonlardan tespit edilen MPlerin uzunluk-frekans dağılımları

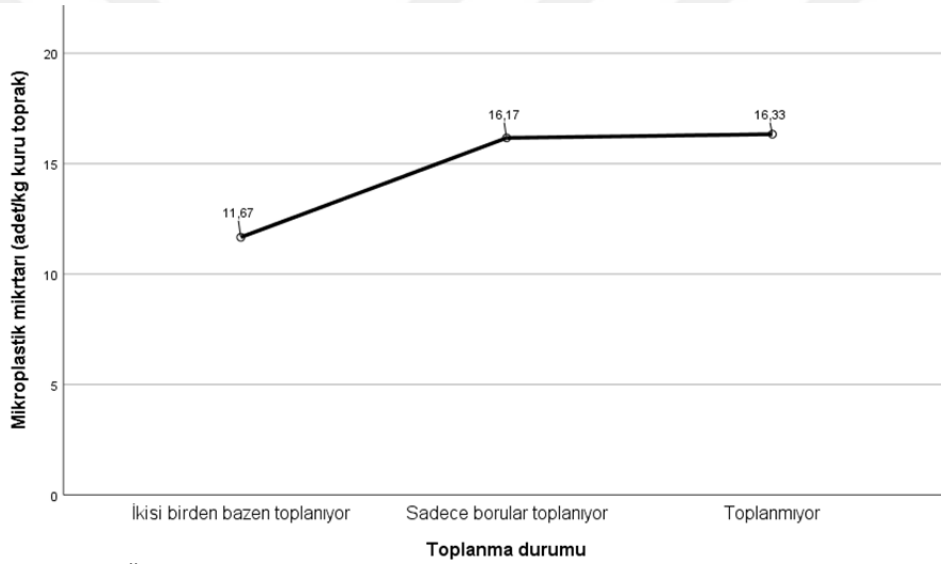
MP'lerin tiplerine göre uzunluk dağılımları incelendiğinde tek kullanımlık sera örtü plastiklerinden kaynaklanan MP'lerin ortalama uzunluğunun 3.29 ± 0.09 mm, tek kullanımlık damla sulama borularından kaynaklanan MP'lerin uzunluk ortalaması ise 3.17 ± 0.22 mm oldukları tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). MP tiplerinin uzunluk ortalamaları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık gösterip göstermediğini anlamak için gerçekleştirilen t-testi sonuçlarına göre uzunluk ortalamaları açısından boru ve örtü plastiği kaynaklı MP'lerin arasında bir farklılık bulunamamıştır ($p < 0.05$). Bölgelere göre MP'lerin uzunlukları arasındaki farkın istatistiksel olarak anlamlı olup olmadıkları incelendiğinde MP uzunluk ortalamaları arasında anlamlı bir farklılık olduğu anlaşılmıştır (Çizelge 4.2; $p < 0.05$).

Çizelge 4.2. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MPlerin MP tipine göre minimum, maksimum ve ortalama uzunlukları (mm) ve standart hataları. Tek yönlü varyans analizi tüm lokasyonların MP tipi gözetilmeksizin gerçekleştirilmiş ve ortaya çıkan farklar DUNCAN testi ile belirlenmiştir.

		ÖRNEKLEME LOKASYONLARI								
		Ataköy- 1 ^{c,d}	Ataköy- 2 ^{c,d}	Ataköy- 3 ^{b,c,d}	Bahçe-1 ^{a,b,c,d}	Bahçe- 2 ^{a,b}	Bahçe- 3 ^d	Bahçe- 4 ^{b,c,d}	Karataş- 1 ^{a,b,c}	Tuzla- 1 ^{b,c,d}
Boru	Min.	2.88	3.29	0.89	0.90		3.72	1.29		0.69
	Ort.	4.13	4.18	2.34	2.06		4.28	3.02	4.43	3.13
	Maks.	5.03	4.81	4.40	3.72		4.84	4.47		5.29
	Std. H.	0.25	0.32	0.40	0.64		0.56	0.48		0.81
Sera örtü plastığı	Min.	0.71	1.01	0.99	0.75	1.15	1.91	0.10		0.44
	Ort.	3.42	3.78	2.81	3.57	3.01	3.89	3.03		3.10
	Maks.	5.85	5.22	5.88	5.91	4.87	4.95	5.91		4.98
	Std. H.	0.19	0.33	0.33	0.29	1.86	0.15	0.17		0.27
Topla m	Min.	2.70	2.93	1.86	0.00	0.00	3.60	2.44	0.00	2.85
	Ort.	3.62	3.55	2.80	2.29	1.00	3.96	3.02	1.48	3.11
	Maks.	4.14	4.29	3.78	3.60	3.01	4.14	3.39	4.43	3.35
	Std. H.	0.46	0.39	0.56	1.15	1.00	0.18	0.29	1.48	0.14

4.3. Kullanılan Plastiklerin Toplanma Durumunun Mikroplastik Miktarına Etkisi

Örnekleme çalışması esnasında çiftçilerden alınan bilgiler ışığında elde “plastiklerin toplanma durumu” belirlenmeye çalışılmıştır. Elde edilen bu bilgiden hareketle, sera örtü plastiği ve tek kullanımlık damla sulama borusu kullanan lokasyonlardan elde edilen MP’lerin miktarı incelendiğinde, MP miktarının tarladaki plastiklerin toplanma durumu ile ters orantılı olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.5).

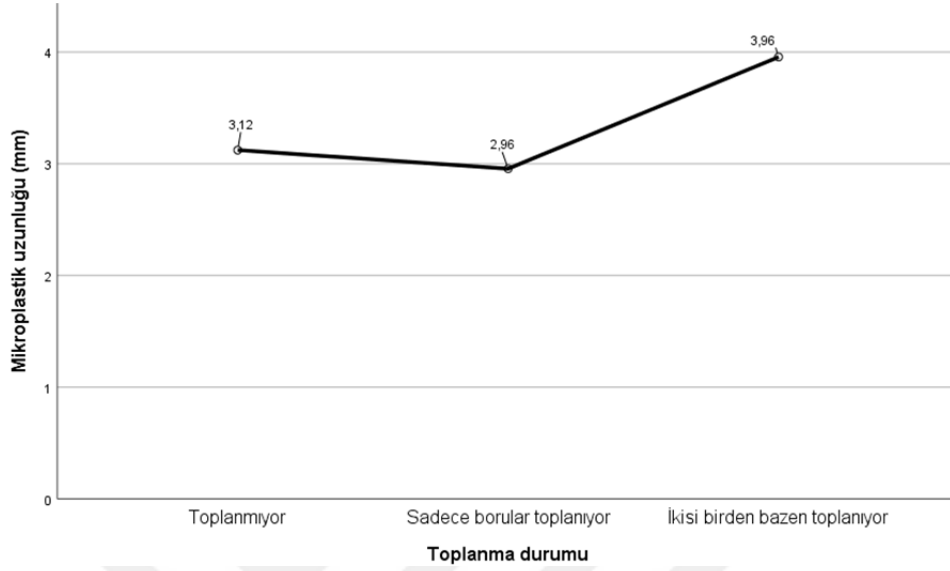


Şekil 4.5. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MP’lerin kullanılan plastiklerin toplanma/toplanmama durumuna göre miktarlarındaki (adet/kg kuru toprak) değişim miktarları

Tarlasındaki plastiklerin her iki türünü de topladığını belirtenlerin tarlasındaki MP kalıntısı miktarı, sadece boruları topladığını belirtenlere ve hiç toplamadığını söyleyenlere göre daha az olarak tespit edilmiştir. MP miktarlarının sadece boruları toplayanlarla hiç toplamayanların tarlalarındaki durumu ise birbirlerine oldukça yakın bulunmuştur. Bu durum da MP kaynağının çoğunlukla sera örtü plastiklerinden kaynaklandığı ihtimalini doğurmaktadır. Plastik filmin

yaygın kullanımından kaynaklanan büyük miktarlarda MP kalıntısı, bir dizi kirlilik tehlikesini de beraberinde getirmektedir (Jambeck ve ark, 2015). Yang ve ark, (2014), film kalıntısının toprak gözenekliliğini ve hava sirkülasyonunu azalttığını, mikrobiyal toplulukları değiştirdiğini ve düşük toprak verimliliğine yol açabileceğini ve bunun sonucunda mahsul tohumlarının çimlenmesi ve fide büyümesi üzerinde etkileri olduğunu bildirmiştir (Subrahmaniyan ve Mathieu, 2012). Cuello ve ark, (2015), plastik film kullanımının toprak organik madde içeriğini önemli ölçüde azalttığını ve sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde artırdığını bulmuştur. Ayrıca, çeşitli çalışmalar, toprakta 58.5 kg/ha kadar oranlarda plastik film kalıntıları bulunduğunda mahsul veriminin düştüğünü göstermektedir (Li ve ark, 2014). Plastik film parçalarının toprakta bulunan pestisitleri ve diğer toksinleri de biriktirdiği bulunmuştur (Ramos ve ark, 2015). Ayrıca, plastik film kalıntısı, filminin tipi ve rengine de bağlı olarak toprak mikrobiyal biyokütlesini ve mikrobiyal aktiviteyi azaltabilir (Moreno ve Moreno, 2008). Topraktaki plastik film kalıntıları ayrıca potansiyel olarak kanserojen ve mutajenik olan fitalat asit esterlerinin de (PAE'ler) toprağa karışmasına neden olabilmektedir (Fu ve Du, 2011; Wang ve ark, 2015).

MP'lerin uzunluklarının toplanma durumuna göre değişimi incelendiğinde ise hiç toplanmama durumunda tarlada bulunan MP'lerin uzunluklarının ikisini birden bazen de olsa toplayanların tarlalarındakilere göre daha küçük olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.6). Sadece boruların toplandığı tarlalardaki MP'lerin uzunluklarının ise hiç toplanmama durumuna göre görece daha küçük oldukları ancak anlamlı bir farklılığın olmadığı anlaşılmaktadır. Bu durum da tarladan sera örtü plastiği kaynaklı plastikleri toplamamanın MP uzunluklarında küçülmeye neden olduğunu ortaya koymaktadır.



Şekil 4.6. Örnekleme lokasyonlarından elde edilen MP'lerin kullanılan plastiklerin toplanma/toplanmama durumuna göre uzunluklarındaki değişimler.

5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında Adana/Karataş bölgesinde alçak tünel örtü serası ve tek kullanımlık damla sulama borusu uygulaması yapılmış tarımsal toprakların MP içerikleri tespit edilmiş ve elde edilen sonuçlar aynı bölgede tek kullanımlık damla sulama borusu ve alçak tünel örtü serası uygulaması yapılmamış tarımsal toprakların MP içerikleri ile karşılaştırılmıştır. Hipotez olarak her iki uygulamanın da tarımsal alanlarda MP kirliliği yarattığı şeklinde belirlenmiştir. Böylelikle başka kaynaklardan (diğer tarımsal plastik uygulamaları, araç lastikleri, rüzgar ve yağmur aracılığıyla diğer kaynaklardan MP girişi) dolayı gerçekleşme ihtimali olan MP kirliliği ihtimali dikkate alınmamış ve ilgili uygulamaların tarımsal alanlarda ne düzeyde MP kirliliği yarattığı ortaya konulmuştur. Bunun yanında kontrol grubu olarak da herhangi bir şekilde tek kullanımlık damla sulama ve alçak tünel örtü sera uygulaması yapılmayan alanlar belirlenmiş ve sonuçlar bu kontrol gruplarıyla da karşılaştırılmıştır.

Bu çalışmada ortalama olarak 11.13 ± 2.31 adet/kg MP konsantrasyonu tespit edilmiştir. Bu değer başka araştırmacılar tarafından bildirilen MP miktarlarından oldukça düşüktür. Bu durumun temel nedeninin her iki çalışmada da diğer kaynaklardan tarımsal alanlara karışmış olan MP'lerin de dikkate alınması olduğu düşünülmektedir. Dolayısıyla bu tez çalışmasında dikkate alınan tarımsal alanların MP kirlilik açısından tüm MP kaynakları gözetilerek daha detaylı bir şekilde araştırılması gerekmektedir.

Adana Karataş bölgesindeki tarımsal toprakların plastikültür uygulamasından kaynaklı olarak önemli düzeyde MP kirliliğine sahip olduğu görülmektedir. Bu kirliliğin düzeyi ve kirliliğe neden olan MP'lerin kaynağı olan tek kullanımlık damla sulama borularının ve alçak tünel sera örtülerinin alandan kaldırılıp kaldırılmadığı ile ilişkisi incelendiğinde MP miktarının kullanım sonrası plastiklerin kaldırılma miktarıyla azaldığı görülmektedir. Yapılan saha çalışmalarında plastiklerin kullanım sonrasında yeter düzeyde toplanmadığı tespit

edilse bile sınırlı seviyede de olsa kullanım sonrası plastiklerin topraktan kaldırılması topraktaki MP miktarını önemli düzeyde azaltmaktadır. Bu durum da göstermektedir ki etkin bir plastik toplama faaliyeti plastikültür uygulaması yapılan tarımsal topraklardaki MP miktarında kayda değer bir azalma meydana getirme potansiyeline sahiptir. Bu nedenle gerek yerel yönetimlerin gerekse de bakanlıkların koordineli bir şekilde düzenli olarak bu plastiklerin kullanım sonrası etkin toplanması için işbirliği yaparak topraktaki MP kirlilik yükünü azaltmada etkili olabilirler. Plastiklerin kullanım sonrası toplanmasının topraktaki MP'lerin uzunlukları üzerinde de önemli bir etki yapmaktadır. Buna göre plastiklerin toplandığı tarımsal alanlarda MP'lerin uzunluklarının görece daha büyük olduğu bu durumun da plastiklerin daha küçük uzunluklara parçalanmadan topraktan alındığını ortaya koymaktadır. Böylelikle plastiklerin daha da küçülerek nanoplastik (<0.1 mm) formuna erişmesi de bu bağlamda önlenerek, bu formdaki plastik partiküllerin gıda güvenliği açısından bitkilerin bünyesine girmek suretiyle risk yaratması ihtimali de azalmaktadır.

Saha çalışmaları esnasında tek kullanımlık damla sulama boruları ve alçak tünel örtü plastiklerinin gelişi güzel şekilde tarlalar çevresinde bulunduğu ve bunun hem çevre hem hayvan hem de insan sağlığı açısından ciddi risk teşkil ettiği gözlemlenmiştir. Özellikle tarlada bırakılan bitki kalıntılarıyla beslenmek için arazileri kullanan büyükbaş hayvanların zaman zaman bu plastikler nedeniyle önemli sağlık problemleri yaşadıkları hayvan sahipleriyle yapılan ikili görüşmelerden anlaşılmaktadır. Bunun yanında plastiklerin yağmur ve rüzgar gibi çevresel faktörler ile daha ileri noktalara taşınabildikleri saha ziyaretleri esnasında gözlemlenmiştir. Bu durum hem estetik hem de çevre ve plastiğin doğası gereği yarattığı sağlık sorunlarından kaynaklı olarak insan sağlığı açısından risk teşkil ettiği görülmektedir. Bu bağlamda tarımsal üretimde plastik kullanımı sıkı kontroller ile denetlenmeli ve kullanılan plastiklerin toplanması için yönetim planlarının geliştirilmesi gerekmektedir.

KAYNAKLAR

- Aydin, C., Guven, O., Salihoglu, B., Kideys, A. E. 2016. The influence of land use on coastal litter: An approach to identify abundance and sources in the coastal area of cilician Basin, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 16(1), 29–39.
- Aytan, U., Valente, A., Senturk, Y., Usta, R., Esensoy Sahin, F. B., Mazlum, R. E., & Agirbas, E. 2016. First evaluation of neustonic microplastics in Black Sea waters. *Marine Environmental Research*, 119, 22–30.
- Barnes, D. K. A., Galgani, F., Thompson, R. C., & Barlaz, M. 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B*, 364(1526), 1985–1998.
- Baysal, A., Saygin, H., & Ustabasi, G. S. 2020. Microplastic Occurrences in Sediments Collected from Marmara Sea-Istanbul, Turkey. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 105(4), 522–529.
- Berkun, M., Aras, E., & Nemlioglu, S. 2005. Disposal of solid waste in Istanbul and along the Black Sea coast of Turkey. *Waste Management*, 25(8), 847–855.
- Bingel, F., Avsar, D., & Unsal, M. 1987. A note on plastic materials in trawl catches in the north-eastern Mediterranean. *Meeresforschung*, 31(3–4), 227–233.
- Bläsing, M., & Amelung, W. 2018. Plastics in soil: Analytical methods and possible sources. *Science of the Total Environment*, 612, 422–435.
- Boots, B., Russell, C. W., & Green, D. S. 2019. Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: Above and below Ground. *Environmental Science and Technology*, 53(19), 11496–11506.
- Büks, F., & Kaupenjohann, M. 2020. Global concentrations of microplastic in soils, a review. *SOIL Discussions*, 1–26.

- Büks, F., Loes Van Schaik, N., & Kaupenjohann, M. 2020. What do we know about how the terrestrial multicellular soil fauna reacts to microplastic? *Soil*, 6(2), 245–267.
- Carpenter, E. J., & Smith, K. L. 1972. Plastics on the Sargasso sea surface. *Science*, 175(4027), 1240–1241.
- Corradini, F., Bartholomeus, H., Huerta Lwanga, E., Gertsen, H., & Geissen, V. 2019. Predicting soil microplastic concentration using vis-NIR spectroscopy. *Science of the Total Environment*, 650, 922–932.
- Corradini, F., Meza, P., Eguiluz, R., Casado, F., Huerta-Lwanga, E., & Geissen, V. 2019. Evidence of microplastic accumulation in agricultural soils from sewage sludge disposal. *Science of The Total Environment*, 671, 411–420.
- Crossman, J., Hurley, R. R., Futter, M., & Nizzetto, L. 2020. Transfer and transport of microplastics from biosolids to agricultural soils and the wider environment. *Science of the Total Environment*, 724, 138334.
- Cuello, J. P., Hwang, H. Y., Gutierrez, J., Kim, S. Y., & Kim, P. J. 2015. Impact of plastic film mulching on increasing greenhouse gas emissions in temperate upland soil during maize cultivation. *Applied Soil Ecology*, 91, 48–57.
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S., & Rillig, M. C. 2018. Microplastics as an emerging threat to terrestrial ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405–1416.
- de Souza Machado, A. A. S., Lau, C. W., Till, J., Kloas, W., Lehmann, A., Becker, R., & Rillig, M. C. 2018. Impacts of microplastics on the soil biophysical environment. *Environmental Science & Technology*, acs.est.8b02212.
- Dehghani, S., Moore, F., & Akhbarizadeh, R. 2017. Microplastic pollution in deposited urban dust, Tehran metropolis, Iran. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(25), 20360–20371.

- Ding, L., Zhang, S., Wang, X., Yang, X., Zhang, C., Qi, Y., & Guo, X. 2020. The occurrence and distribution characteristics of microplastics in the agricultural soils of Shaanxi Province, in north-western China. *Science of The Total Environment*, 720, 137525.
- Doğruyol, P. 2019. Haliç sedimanlarında mikroplastik kirliliğinin araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Üniversitesi-Cerrahpaşa / Lisansüstü Eğitim Enstitüsü / Çevre Mühendisliği Ana Bilim Dalı. 108 s.
- Duis, K., & 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.
- Eryaşar, A. R., Özbilgin, H., Gücü, A. C., & Sakınan, S. 2014. Marine debris in bottom trawl catches and their effects on the selectivity grids in the north eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 80–84.
- Faruk Çullu, A., Sönmez, V. Z., & Sivri, N. 2021. Microplastic contamination in surface waters of the Küçükçekmece Lagoon, Marmara Sea (Turkey): Sources and areal distribution. *Environmental Pollution*, 268, 115801.
- Fei, Y., Huang, S., Zhang, H., Tong, Y., Wen, D., Xia, X., ... Barceló, D. 2020. Response of soil enzyme activities and bacterial communities to the accumulation of microplastics in an acid cropped soil. *Science of the Total Environment*, 707, 135634.
- Foley, J. A., Ramankutty, N., Brauman, K. A., Cassidy, E. S., Gerber, J. S., Johnston, M., Zaks, D. P. M. 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature*, 478(7369), 337–342.
- Fu, X., & Du, Q. 2011. Uptake of di-(2-ethylhexyl) phthalate of vegetables from plastic film greenhouses. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 59(21), 11585–11588.

- Genc, A. N., Vural, N., & Balas, L. 2019. Modeling transport of microplastics in enclosed coastal waters: A case study in the Fethiye Inner Bay. *Marine Pollution Bulletin*.
- Gündoğdu, S. 2017. High level of micro-plastic pollution in the Iskenderun Bay NE Levantine coast of Turkey. *Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 34(4), 401–408.
- Gündoğdu, S. 2018. Contamination of table salts from Turkey with microplastics. *Food Additives and Contaminants - Part A Chemistry, Analysis, Control, Exposure and Risk Assessment*, 35(5), 1006–1014.
- Gündoğdu, S., & Çevik, C. 2017. Micro- and mesoplastics in Northeast Levantine coast of Turkey: The preliminary results from surface samples. *Marine Pollution Bulletin*, 118(1–2), 341–347.
- Gündoğdu, S., & Çevik, C. 2019. Mediterranean dirty edge: High level of meso and macroplastics pollution on the Turkish coast. *Environmental Pollution*, 255(3), 113351.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., & Ataş, N. T. 2020. Stuffed with microplastics: Microplastic occurrence in traditional stuffed mussels sold in the Turkish market. *Food Bioscience*, 37, 100715.
- Gündoğdu, S., Çevik, C., & Temiz Ataş, N. 2020. Occurrence of microplastics in the gastrointestinal tracts of some edible fish species along the Turkish coast. *Turkish Journal of Zoology*, 44(4), 312–323.
- Gündoğdu, S., Eroldoğan, O. T., Evliyaoğlu, E., Turchini, G. M., & Wu, X. G. 2021. Fish out, plastic in: Global pattern of plastics in commercial fishmeal. *Aquaculture*, 534, 736-316.
- Gündoğdu, S., Yeşilyurt, İ. N., & Erbaş, C. 2019. Potential interaction between plastic litter and green turtle *Chelonia mydas* during nesting in an extremely polluted beach. *Marine Pollution Bulletin*, 140, 138–145.

- Güven, O., Gökdağ, K., Jovanović, B., & Kideys, A. E. 2017. Microplastic litter composition of the Turkish territorial waters of the Mediterranean Sea, and its occurrence in the gastrointestinal tract of fish. *Environmental Pollution*, 223, 286–294.
- Harms, I. K., Diekötter, T., Troegel, S., & Lenz, M. 2021. Amount, distribution and composition of large microplastics in typical agricultural soils in Northern Germany. *Science of The Total Environment*, 758, 143615.
- He, D., Luo, Y., Lu, S., Liu, M., Song, Y., & Lei, L. 2018. Microplastics in soils: analytical methods, pollution characteristics and ecological risks. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 109, 163–172.
- Huang, Y., Liu, Q., Jia, W., Yan, C., & Wang, J. 2020. Agricultural plastic mulching as a source of microplastics in the terrestrial environment. *Environmental Pollution*, 260, 114-096.
- Hurley, R. R., Lusher, A. L., Olsen, M., & Nizzetto, L. 2018. Validation of a Method for Extracting Microplastics from Complex, Organic-Rich, Environmental Matrices. *Environmental Science and Technology*, 52(13), 7409–7417.
- Isinibilir, M., Svetlichny, L., Mykitchak, T., Türkeri, E. E., Eryalçın, K. M., Doğan, O., ... Kideys, A. E. 2020. Microplastic Consumption and Its Effect on Respiration Rate and Motility of *Calanus helgolandicus* From the Marmara Sea. *Frontiers in Marine Science*, 7, 1167.
- Jambeck, J. R., Geyer, R., Wilcox, C., Siegler, T. R., Perryman, M., Andrady, A., ... Law, K. L. 2015. Plastic waste inputs from land into the ocean. *Science*, 347(6223), 768–771. Retrieved from <https://doi.org/10.1126/science.1260352>
- Kasirajan, S., & Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2), 501–529.

- Lehmann, A., Fitschen, K., & Rillig, M. C. 2019. Abiotic and biotic factors influencing the effect of microplastic on soil aggregation. *Soil Systems*, 3(1), 1–8.
- Li, C., Moore-Kucera, J., Lee, J., Corbin, A., Brodhagen, M., Miles, C., & Inglis, D. 2014. Effects of biodegradable mulch on soil quality. *Applied Soil Ecology*, 79, 59–69.
- Li, Cheng, Chen, J., Wang, J., Han, P., Luan, Y., Ma, X., & Lu, A. 2016. Phthalate esters in soil, plastic film, and vegetable from greenhouse vegetable production bases in Beijing, China: Concentrations, sources, and risk assessment. *Science of the Total Environment*, 568, 1037–1043.
- Liu, M., Lu, S., Song, Y., Lei, L., Hu, J., Lv, W., He, D. 2018. Microplastic and mesoplastic pollution in farmland soils in suburbs of Shanghai, China. *Environmental Pollution*, 242, 855–862.
- Lusher, A. L., Hernandez-Milian, G., Berrow, S., Rogan, E., & O'Connor, I. 2018. Incidence of marine debris in cetaceans stranded and bycaught in Ireland: Recent findings and a review of historical knowledge. *Environmental Pollution*, 232, 467–476.
- Metin, E., Eröztürk, A., & Neyim, C. 2003. Solid waste management practices and review of recovery and recycling operations in Turkey. In *Waste Management* (Vol. 23, pp. 425–432). Elsevier Ltd.
- Moreno, M. M., & Moreno, A. 2008. Effect of different biodegradable and polyethylene mulches on soil properties and production in a tomato crop. *Scientia Horticulturae*, 116(3), 256–263.
- Mutlu, E., Özvarol, Y., Şahin, A., Duman, G. S., & Karaca, D. 2020. Macro litter distribution of the Turkish Mediterranean coasts dominated by pleasure crafts. *Marine Pollution Bulletin*, 151, 110833.

- Nizzetto, L., Bussi, G., Futter, M. N., Butterfield, D., & Whitehead, P. G. 2016. A theoretical assessment of microplastic transport in river catchments and their retention by soils and river sediments. *Environmental Science-Processes & Impacts*, 18(8), 1050–1059.
- OECD. 2015. Environment at a Glance 2015. OECD. Retrieved 7 August 2019 from <https://doi.org/10.1787/9789264235199-en>
- Olguner, M. T., Olguner, C., Mutlu, E., & Deval, M. C. 2018. Distribution and composition of benthic marine litter on the shelf of Antalya in the eastern Mediterranean. *Marine Pollution Bulletin*, 136, 171–176.
- Özdilek, H. G., Yalçın-Özdilek, S., Ozaner, F. S., & Sönmez, B. 2006. Impact of accumulated beach litter on *Chelonia mydas* L. 1758(Green turtle) Hatchlings of the Samandag Coast, Hatay. *Fresenius Environmental Bulletin*, 15(2), 95–103.
- Oztekin, A., & Bat, L. 2017. Microlitter Pollution in Sea Water: A Preliminary Study from Sinop Sarikum Coast of the Southern Black Sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 17(6), 1431–1440.
- Oztekin, A., Bat, L., & Baki, O. G. 2020. Beach litter pollution in Sinop Sarikum Lagoon coast of the southern black sea. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 20(3), 197–205.
- PAGEV. 2021. Türkiye Plastik Sektör İzleme Raporu 2020.
- PlasticEurope. 2020. Plastics – the Facts 2020. PlasticEurope.
- Qi, R., Jones, D. L., Li, Z., Liu, Q., & Yan, C. 2020. Behavior of microplastics and plastic film residues in the soil environment: A critical review. *Science of the Total Environment*. Elsevier B.V.
- Qi, Y., Yang, X., Pelaez, A. M., Huerta Lwanga, E., Beriot, N., Gertsen, H., ... Geissen, V. 2018. Macro- and micro- plastics in soil-plant system: Effects of plastic mulch film residues on wheat (*Triticum aestivum*) growth. *Science of The Total Environment*, 645, 1048–1056.

- Ramos, L., Berenstein, G., Hughes, E. A., Zalts, A., & 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.
- Rezaei, M., Riksen, M. J. P. M., Sirjani, E., Sameni, A., & Geissen, V. 2019. Wind erosion as a driver for transport of light density microplastics. *Science of the Total Environment*, 669, 273–281.
- Rillig, M. C., Ingraffia, R., & de Souza Machado, A. A. 2017. Microplastic Incorporation into Soil in Agroecosystems. *Frontiers in Plant Science*, 8, 1805.
- Rillig, M. C., Lehmann, A., de Souza Machado, A. A., & Yang, G. 2019. Microplastic effects on plants. *New Phytologist*, 223(3), 1066–1070.
- Şatır, O. 2013. Aşağı Seyhan Ovası’nda Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemleri Yardımıyla Tarımsal Alan Kullanım Uygunluğunun Belirlenmesi. Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Schell, T., Hurley, R., Nizzetto, L., Rico, A., & Vighi, M. 2021. Spatio-temporal distribution of microplastics in a Mediterranean river catchment: The importance of wastewater as an environmental pathway. *Journal of Hazardous Materials*, 420, 126481.
- Scheurer, M., & Bigalke, M. 2018. Microplastics in Swiss floodplain soils. *Environmental Science & Technology*, acs.est. 7b06003.
- Selonen, S., Dolar, A., Jemec Kokalj, A., Skalar, T., Parramon Dolcet, L., Hurley, R., & van Gestel, C. A. M. 2019. Exploring the impacts of plastics in soil – The effects of polyester textile fibers on soil invertebrates. *Science of The Total Environment*, 134451.
- Song, Y. K., Hong, S. H., Jang, M., Han, G. M., Jung, S. W., & Shim, W. J. 2017. Combined Effects of UV Exposure Duration and Mechanical Abrasion on Microplastic Fragmentation by Polymer Type. *Environmental Science and Technology*, 51(8), 4368–4376.

- Steffen, W., Richardson, K., Rockström, J., Cornell, S. E., Fetzer, I., Bennett, E. M., ... Sörlin, S. 2015. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science*, 347(6223).
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., ... 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.
- Tagg, A. S., Harrison, J. P., Ju-Nam, Y., Sapp, M., Bradley, E. L., Sinclair, C. J., & Ojeda, J. J. 2017. Fenton's reagent for the rapid and efficient isolation of microplastics from wastewater. *Chemical Communications*, 53(2), 372–375.
- Tavşanoğlu, Ü. N., Başaran Kankılıç, G., Akca, G., Çırak, T., & Erdoğan, Ş. 2020. Microplastics in a dam lake in Turkey: type, mesh size effect, and bacterial biofilm communities. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(36), 1–11.
- Terzi, Y., Erüz, C., & Özşeker, K. 2020. Marine litter composition and sources on coasts of south-eastern Black Sea: A long-term case study. *Waste Management*, 105, 139–147.
- Terzi, Y., & Seyhan, K. 2017. Seasonal and spatial variations of marine litter on the south-eastern Black Sea coast. *Marine Pollution Bulletin*, 120(1–2), 154–158.
- Thompson, R. C., Moore, C. J., vom Saal, F. S., & Swan, S. H. 2009. Plastics, the environment and human health: current consensus and future trends. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526), 2153–2166.
- Topçu, E. N., & Öztürk, B. 2010. Abundance and composition of solid waste materials on the western part of the Turkish Black Sea seabed. *Aquatic Ecosystem Health & Management*, 13(3), 301–306.

- Topçu, E. N., Tonay, A. M., Dede, A., Öztürk, A. A., & Öztürk, B. 2013. Origin and abundance of marine litter along sandy beaches of the Turkish Western Black Sea Coast. *Marine Environmental Research*, 85, 21–28.
- Tscharntke, T., Clough, Y., Wanger, T. C., Jackson, L., Motzke, I., Perfecto, I., ... Whitbread, A. 2012. Global food security, biodiversity conservation and the future of agricultural intensification. *Biological Conservation*, 151(1), 53–59.
- Tunçer, S., Artüz, O. B., Demirkol, M., & Artüz, M. L. 2018. First report of occurrence, distribution, and composition of microplastics in surface waters of the Sea of Marmara, Turkey. *Marine Pollution Bulletin*, 135, 283–289.
- Tunçer, S., Gündoğdu, S., Çevik, C., & Zilifli, A. 2019. *Belone belone* (Linnaeus, 1760) and *Spicara smaris* (Linnaeus, 1758) entangled in plastic collars in the dardanelles strait, turkey. *Annales, Series Historia Naturalis*, 29(2), 247–252.
- Turan, N. G., Çoruh, S., Akdemir, A., & Ergun, O. N. 2009. Municipal solid waste management strategies in Turkey. *Waste Management*, 29(1), 465–469.
- TURKSTAT. 2020. Türkiye İstatistik Kurumu, , 2020. Retrieved 5 April 2021, from <https://tuikweb.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=37210>
- Tüzel, Y., Gül, A., Bahar, G., Sait, Ö., & Filiz, E. 2020. Türkiye’de örtüaltı yetiştiriciliği ve yeni gelişmeler. In Türkiye Ziraat Mühendisliği IX.Teknik Kongresi.
- van den Berg, P., Huerta-Lwanga, E., Corradini, F., & Geissen, V. 2020. Sewage sludge application as a vehicle for microplastics in eastern Spanish agricultural soils. *Environmental Pollution*, 261, 114198.
- Visne, A., & Bat, L. 2016. Plastic Pollution in Sinop Sarikum Lagoon Coast in the Southern Black Sea. In *Rapp. Comm. int. Mer Médit* (p. 41).

- Wang, J., Chen, G., Christie, P., Zhang, M., Luo, Y., & 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.
- Weithmann, N., Möller, J. N., Löder, M. G. J., Piehl, S., Laforsch, C., & Freitag, R. 2018. Organic fertilizer as a vehicle for the entry of microplastic into the environment. *Science Advances*, 4(4), eaap8060.
- WWF. 2018. Out of the plastic trap: saving the Mediterranean from plastic pollution. Retrieved 7 August 2019 from www.francisperez.es
- Yabanlı, M., Yozukmaz, A., Şener, İ., & Ölmez, Ö. T. 2019. Microplastic pollution at the intersection of the Aegean and Mediterranean Seas: A study of the Datça Peninsula (Turkey). *Marine Pollution Bulletin*, 145, 47–55.
- Yang, S.-K., Seo, Y.-W., Kim, S.-K., Kim, B.-H., Kim, H.-K., Kim, H.-W., ... Jung, W.-J. 2014. Changes in Physical Properties Especially, Three Phases, Bulk Density, Porosity and Correlations under No-tillage Clay Loam Soil with Ridge Cultivation of Rain Proof Plastic House. *Korean Journal of Soil Science and Fertilizer*, 47(4), 225–234.
- Yeler, O., Şatir, O., & Berberoğlu, S. 2017. Object based classification of crop pattern using multi-temporal satellite dataset in multi-cropped agricultural areas: Lower seyhan plane case study. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 27(1), 1–9.
- Yılmaz, A. B., Başusta, N., & İşmen, A. 2002. İskenderun Körfezi'nin Güney-Doğu Kıyılarında Plastik Materyal Birikimi Üzerine Bir Çalışma. *E.U. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* (Vol. 19).
- Yu, L., Zhang, J. Di, Liu, Y., Chen, L. Y., Tao, S., & Liu, W. X. 2021. Distribution characteristics of microplastics in agricultural soils from the largest vegetable production base in China. *Science of the Total Environment*, 756, 143860.

- Zar, J. 2010. Biostatistical analysis. Journal of Chemical Information and Modeling. Pearson Education India.
- Zhang, G. S., & Liu, Y. F. 2018. The distribution of microplastics in soil aggregate fractions in southwestern China. Science of the Total Environment, 642, 12–20.
- Zhang, L., Xie, Y., Liu, J., Zhong, S., Qian, Y., & Gao, P. 2020. An Overlooked Entry Pathway of Microplastics into Agricultural Soils from Application of Sludge-Based Fertilizers. Environmental Science & Technology, 54(7), 4248–4255.
- Zhou, B., Wang, J., Zhang, H., Shi, H., Fei, Y., Huang, S., ... Barceló, D. 2020. Microplastics in agricultural soils on the coastal plain of Hangzhou Bay, east China: Multiple sources other than plastic mulching film. Journal of Hazardous Materials, 388, 121814.

ÖZGEÇMİŞ

Rezan GÜNDOĞDU, İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara’da tamamladı. 2010 yılında Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama bölümünde başladığı lisans eğitimini 2014 yılında tamamladı. 2019 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı’nda yüksek lisans eğitimine başladı. 2016 yılından bu yana Organik Tarım Sertifikasyon Kuruluşunda Organik Tarım Kontrolörü olarak devam etmektedir.

