



T.C
AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

PLASTİK KİRLİLİĞİ VE TUZ STRESİNİN KARPUZDA (*Citrillus
lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) BAZI EKOFİZYOLOJİK
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Vefa UÇAK

MAYIS

**PLASTİK KİRLİLİĞİ VE TUZ STRESİNİN KARPUZDA (*Citrillus
lanatus* (THUNB.) MATSUM. & NAKAI) BAZI EKOFİZYOLOJİK
ÖZELLİKLER ÜZERİNE ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI**

Vefa UÇAK

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOLOJİ ANABİLİM DALI**

Danışman

Prof. Dr. Neslihan KARAVİN

**AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

MAYIS 2025

Yüksek Lisans Tezi Kabul ve Onay Sayfası

Vefa UÇAK tarafından hazırlanan “Plastik Kirliliği ve Tuz Stresinin Karpuzda (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) Bazı Ekofizyolojik Özellikler Üzerine Etkilerinin Araştırılması” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından OY BİRLİĞİ ile Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyoloji Anabilim Dalında YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Danışman : Prof. Dr. Neslihan KARAVİN

Biyoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Başkan : Dr. Öğr. Üyesi Hakan YILMAZ

Biyoloji Anabilim Dalı, Ordu Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Üye : Dr. Öğr. İnci Bahar ÇINAR

Biyoloji Anabilim Dalı, Amasya Üniversitesi

Bu tezin, kapsam ve kalite olarak Yüksek Lisans Tezi olduğunu onaylıyorum

Tez Savunma Tarihi: 09/05/2025

Jüri tarafından kabul edilen bu tezin Yüksek Lisans Tezi olması için gerekli şartları yerine getirdiğini onaylıyorum.

.....

Doç. Dr. Ümit YILDIRIM

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ETİK BEYAN

Amasya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tez Yazım Kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;

- Tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- Tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- Tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi,
- Kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı,
- Bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi beyan ederim.

İmza

Vefa UÇAK

09.05.2025

PLASTİK KİRLİLİĞİ VE TUZ STRESİNİN KARPUZDA (*Citrillus lanatus* (THUNB.)
MATSUM. & NAKAI) BAZI EKOFİZYOLOJİK ÖZELLİKLER ÜZERİNE
ETKİLERİNİN ARAŞTIRILMASI
(Yüksek Lisans Tezi)

Vefa UÇAK

AMASYA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

Mayıs 2025

ÖZET

Atıklar, endüstriyel faaliyetler ve tarımsal uygulamalar nedeniyle çevreye yayılan plastikler, doğada bozunması zor ve uzun süren polimer yapıları sebebiyle parçalanarak farklı tür ve formlarda mikroplastiklere dönüşmektedirler. Tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kirliliğine en çok yol açan etmenler sentetik gübreler, tarım ilaçları ve örtü materyali olarak kullanılan malçlardır. Toprakta biriken mikroplastikler, toprak yapısını, mikrobiyal aktiviteyi ve bitki-toprak etkileşimlerini etkileyerek, tarımsal üretim sistemleri üzerinde potansiyel olumsuz etkilere yol açabilmektedir. Çözünebilir tuzların topraklarda fazla miktarlarda birikmesi sonucunda oluşan tuzluluk, günümüzde özellikle tarımsal ekosistemleri tehdit eden önemli bir unsurdur. Tuzluluk su alımının azalması, besin elementlerinin alımının değişmesi gibi nedenlerle bitki gelişimini ve verimi olumsuz etkilemektedir. Bu çalışmada, plastik kirliliği ve tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bazı ekofizyolojik özellikler üzerine ayrı ayrı ve birlikte etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Mikroplastikler polietilen malç naylonunun 2,5x4 mm boyutlarında kesilmesiyle elde edilmiştir. Mikroplastiklerin ve tuzun ayrı ayrı ve kombine olarak uygulandığı 12 deney seti oluşturulmuştur. Ekofizyolojik özellikler olarak, gövde çapı, yaprak sayısı, sürgün/kök uzunluğu, sürgün/kök yaş ağırlığı, sürgün/kök kuru ağırlığı, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, sürgün su içeriği, kök su içeriği, kök/sürgün oranı dikkate alınmıştır. Araştırma sonucunda hem mikroplastik hem de tuz uygulamalarının ölçülen tüm ekofizyolojik özelliklerde önemli varyasyonlara neden olduğu belirlenmiştir. Mikroplastik ve tuz uygulamalarının ekofizyolojik özelliklere etkisinin farklı olduğu görülmüştür. Mikroplastik ve tuz ayrı ayrı ve kombine olarak uygulandığında bitkide oluşan yanıt da değişmiştir.

Sayfa Adedi : 56
Anahtar Kelimeler : Karpuz, kirlilik, mikroplastik, plastik, toprak, tuzluluk.
Danışman : Prof. Dr. Neslihan KARAVİN

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF PLASTIC POLLUTION AND SALT STRESS
ON SOME ECOPHYSIOLOGICAL PROPERTIES IN WATERMELON (*Citrillus*

lanatus (THUNB.) MATSUM. & NAKAI)

(M. Sc. Thesis)

Vefa UÇAK

AMASYA UNIVERSITY

GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES

May 2025

ABSTRACT

Plastics released into the environment through waste, industrial activities, and agricultural practices degrade into various forms of microplastics due to their polymer structures, which are resistant to decomposition and take a long time to break down in nature. In agricultural ecosystems, the main contributors to microplastics are fertilizers, pesticides, and mulchs. Microplastics can affect soil structure, microbial activity, and plant-soil interactions, leading to negative impacts on agricultural production. Salinity, which is the accumulation of soluble salts in soils at high levels, is currently a significant factor threatening agricultural ecosystems. Salinity affects plant growth and yield due to reduced water uptake and altered nutrient absorption. In this study, the individual and combined effects of plastic pollution and salt stress on certain ecophysiological traits of watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) were investigated. Microplastics were obtained by cutting polyethylene mulch film into 2.5×4 mm pieces. A total of 12 experimental sets were established, in which microplastics and salt were applied separately and in combination. Stem diameter, number of leaves, shoot/root length, shoot/root fresh and dry weight, chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, shoot and root water content, root/shoot ratio were taken into consideration as ecophysiological properties. The results of the study revealed that both microplastic and salt treatments caused significant variations in all measured ecophysiological traits. It was observed that the effects of microplastic and salt treatments on the ecophysiological traits were different. The plant responses also varied depending on whether microplastic and salt were applied individually or in combination.

Page number : 56

Key Words : Microplastic, plastic, pollution, salinity, soil, watermelon.

Adviser : Prof. Dr. Neslihan KARAVİN

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans öğrenimim süresince gerek bilimsel gerek akademik olarak yol gösteren, beni cesaretlendiren, bilgi birikimiyle çalışmama farklı açılardan bakmamı sağlayan, beraber çalışmaktan gurur duyduğum, hayatımda önemli yeri olan, saygı duyulacak kişiliği ve kalbinin güzelliği ile bana desteklerini esirgemeyen Sayın Danışmanım Prof. Dr. Neslihan KARAVİN'e, çalışmalarımnda laboratuvarları ve serayı kullanmamıza imkan sağlayan Suluova Meslek Yüksekokulu Müdürü Sayın Dr. Öğr. Üyesi Murat KARAVİN'e, bitki yetiştirme ve laboratuvar işlemlerinde yardımcı olan Uzman Ziraat Mühendisi Sayın Yasemin KIRGEÇ'e teşekkür ederim.

Son olarak tüm hayatım boyunca benim yanımda olan, aldığım kararları her zaman destekleyen, sadece bu çalışma sürecinde değil tüm hayatım boyunca yanımda olan ve moral veren biricik aileme teşekkür ederim.

Bu tez çalışmasını, 1002-A Projeleri kapsamında 124Z568 nolu proje ile destekleyen TÜBİTAK'a ve FMB-BAP 25-0634 nolu proje ile destekleyen Amasya Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
RESİMLER DİZİNİ.....	xi
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. GENEL BİLGİLER.....	3
2.1. Plastik Kirliliği ve Mikroplastikler.....	3
2.2. Toprakta Tuzluluk.....	8
3. LİTERATÜR ÖZETİ.....	13
4. MATERYAL VE YÖNTEM.....	16
4.1. Materyal.....	16
4.2. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması.....	17
4.2.1 Plastik kirliliğinin oluşturulması.....	18
4.2.2. Tuz stresinin oluşturulması.....	18
4.3. Deney Setlerinin Oluşturulması ve Karpuz Bitkilerinin Yetiştirilmesi.....	19
4.4. Ekofizyolojik Ölçümler.....	20
4.4.1. Sürgün/kök yaş ve kuru ağırlığı.....	20
4.4.2. Sürgün/kök uzunluğu.....	20

4.4.3. Klorofil içeriği.....	21
4.4.4. Sürgün/kök su içeriği (%)......	21
___ 4.5. İstatistiksel analizler.....	22
5. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	23
___ 5.1. Gövde Çapı.....	24
___ 5.2. Yaprak Sayısı.....	25
___ 5.3. Sürgün Uzunluğu.....	27
___ 5.4. Kök Uzunluğu	29
___ 5.5. Sürgün Yaş Ağırlığı.....	30
___ 5.6. Kök Yaş Ağırlığı.....	31
___ 5.7. Sürgün Kuru Ağırlığı.....	33
___ 5.8. Kök Kuru Ağırlığı.....	34
___ 5.9. Klorofil a.....	35
___ 5.10. Klorofil b.....	37
___ 5.11. Toplam Klorofil.....	38
___ 5.12. Sürgün Su İçeriği.....	40
___ 5.13. Kök Su İçeriği.....	41
___ 5.14. Kök/Sürgün Oranı.....	42
6. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	44
KAYNAKLAR.....	45
ÖZGEÇMİŞ.....	56

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 2.1. Tuzlu toprakların doğal olarak oluşumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitkiler üzerine etkileri.....	11
Çizelge 4.1. Bitkilerin yetiştirildiği harcın deney setlerine göre içerdiği materyaller.....	17
Çizelge 5.1. Ekofizyolojik özelliklerin önemlilik değerlerini gösteren ANOVA tablosu...	23



ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil	Sayfa
Şekil 5.1. Karpuz bitkilerinde gövde çapının deney setlerine göre değişimi.....	24
Şekil 5.2. Karpuz bitkilerinde yaprak sayısının deney setlerine göre değişimi	26
Şekil 5.3. Karpuz bitkilerinde sürgün uzunluğunun deney setlerine göre değişimi	28
Şekil 5.4. Karpuz bitkilerinde kök uzunluğunun deney setlerine göre değişimi	29
Şekil 5.5. Karpuz bitkilerinde sürgün yaş ağırlığının deney setlerine göre değişimi	31
Şekil 5.6. Karpuz bitkilerinde kök yaş ağırlığının deney setlerine göre değişimi	32
Şekil 5.7. Karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığının deney setlerine göre değişimi	33
Şekil 5.8. Karpuz bitkilerinde kök kuru ağırlığının deney setlerine göre değişimi	35
Şekil 5.9. Karpuz bitkilerinde klorofil a miktarlarının deney setlerine göre değişimi	36
Şekil 5.10. Karpuz bitkilerinde klorofil b miktarlarının deney setlerine göre değişimi	38
Şekil 5.11. Karpuz bitkilerinde toplam klorofil miktarlarının deney setlerine göre değişimi	39
Şekil 5.12. Karpuz bitkilerinde sürgün su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi	40
Şekil 5.13. Karpuz bitkilerinde kök su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi .	42
Şekil 5.13. Karpuz bitkilerinde kök su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi .	43

RESİMLER DİZİNİ

Resim.....	Sayfa
Resim 2.1 Plastik kirliliği	3
Resim 2.2. Toprakta mikroplastik kirliliği	4
Resim 2.3. Farklı tipteki plastik parçacıkların görüntüleri	5
Resim 2.4. Mikroplastik kaynakları, etkileri, sonuçları ve alınabilecek önlemler	6
Resim 2.5. Tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kaynakları, etkileri ve sonuçları	8
Resim 2.6. Toprak tuzluluğu.....	9
Resim 4.1. Crimson Sweet çeşidi karpuz.....	16
Resim 4.2. Kirlilik oluşturmak için kullanılan mikroplastikler	18
Resim 4.3. Deney setlerinde üretilen karpuz bitkileri.....	19
Resim 4.4. Karpuz bitkilerinin hasatı ve ölçümler için hazırlanması	21

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, yanda açıklamaları verilmek üzere aşağıda listelenmiştir.

SimgelerAçıklama

Na	Sodyum
K	Potasyum
Cl	Klor
SO₄	Sülfat
B	Bor
NaCl	Sodyum klorür

Kısaltmalar Açıklama

LDPE	Düşük yoğunluklu polietilen
mg	Miligram
g	Gram
kg	Kilogram
MP	Mikroplastik
ml	Mililitre
mm	Milimetre
µm	Mikrometre
nm	Nanometre
cm	Santimetre
L	Litre
mM	Milimolar

Mt	Milyon metrik ton
Mha	Milyon hektar
RWC	Oransal su içeriği
P	Önemlilik
PS	Polisitren
PE	Polietilen
PP	Polipropilen
PVC	Polivinil klorür
PET	Polietilen teraflatat
°C	Santigrat derece
UV	Ultraviyole
HDPE	Yüksek yoğunluklu polietilen
%	Yüzde
DNA	Deoksiribonükleik asit
vd.	ve diğlerleri
EC	Elektriksel iletkenlik
ESP	Değışebilir sodyum yüzdesi
ANOVA	Analysis of variance
MP	Mikroplastik

1. GİRİŞ

Plastikler, dayanıklı ve hafif yapıları, esnek olmaları, maliyetlerinin düşük olması gibi sebeplerle son yıllarda hemen her alanda yaygın olarak tercih edilen polimer esaslı malzemelerdir. Plastiklerin yaygın olarak kullanılmaları plastik atık oranında artmasına neden olmuştur. Plastik atıklar doğada zor ayrıştıkları için önemli kirleticiler olarak bulundukları ortamda uzun yıllar kalırlar (Xiang vd., 2022). Plastikler, doğal olaylar sonucunda aşınma, parçalanma ve insan faaliyetleri gibi çeşitli süreçler sonucunda daha küçük partiküllere dönüşmektedirler. 1 µm ile 5 mm arasında değişen boyutlara sahip bu küçük plastik parçacıkları mikroplastik olarak adlandırılmaktadır (Rillig, 2012; Bläsing ve Amelung, 2018; Bakhshaei vd., 2025). "Mikroplastik" terimi ilk olarak, İngiltere'de okyanuslarda plastik kirliliğini araştıran (Thompson ve diğerleri, 2004) tarafından ortaya atılmıştır. Dünya üzerinde hemen her yerde rastlanan mikroplastikler, gözle görülmeyen ancak önemli etkileri olan çevre kirleticileri arasında sayılmaktadırlar (van Wijnen, Ragas ve Kroeze, 2019). Doğada farklı şekillerde bulunabilen bu heterojen mikroplastik karışımları; fragman, sferoid, elyaf, granül, palet, pul veya boncuk formlarında tespit edilebilmektedir (Güneş ve Erçetin, 2020). Mikroplastikler sahip oldukları hidrofobik yüzey yapıları, yüzücülük özellikleri, kirleticileri taşıma potansiyelleri, kalıcı organik kirleticileri absorbe edebilmeleri ve ultraviyole (UV) ışınlarıyla parçalanabilmeleri nedeniyle ortamın fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirebilmektedirler. Bu değişimler organizmalarda ve ekosistemlerde çeşitli bozulmalara ve farklılaşmalara neden olabilmektedirler. Tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kirliliğine en çok yol açan etmenler sentetik gübreler, tarım ilaçları ve örtü materyali olarak kullanılan malçlardır. Toprakta biriken mikroplastikler, toprak yapısını, mikrobiyal aktiviteyi ve bitki-toprak etkileşimlerini etkileyerek, tarımsal üretim sistemleri üzerinde potansiyel olumsuz etkilere yol açabilmektedir (de Souza Machado, Kloas, Zarfl, Hempel ve Rillig, 2018). Mikroplastiklerin karasal ekosistemler üzerindeki etkilerini araştıran çalışmalar oldukça sınırlı sayıda olup özellikle bitki ve toprak üzerindeki etkileri henüz tüm yönleriyle tam olarak açıklanamamıştır.

Çözünebilir tuzların toprakta fazla miktarda birikmesi sonucu tuzluluk meydana gelmektedir (Parihar, Singh, Singh, Singh ve Prasad, 2015; Mukhopadhyay, Sarkar, Jat, Sharma ve Bolan, 2021). Toprak tuzluluğu, dünyanın kara yüzeyinin yaklaşık %7'sini temsil eden 1100 Mha toprağı etkileyen küresel bir tehdittir (Balasubramaniam, Shen, Esmaeili ve Zhang,

2023). Toprakta meydana gelen tuzluluk, günümüzde ve gelecekte özellikle tarımsal ekosistemlerde küresel iklim değişikliğinin etkilerinin de sertleşmesiyle sağlıklı ve yeterli gıda temini açısından önemli bir risk oluşturmaktadır (Hassani, Azapagic ve Shokri, 2021). Tuzluluk, topraklarda kimyasal, fiziksel ve biyolojik düzenin bozulmasına yol açmakta; dolayısıyla sürdürülebilirliği ve ürün verimini tehdit etmektedir (Eswar vd., 2021). Küresel iklim değişimine bağlı olarak artması beklenen sıcaklığın ve kuraklığın yanı sıra yağış rejiminin azalması da toprakta tuzluluğun artacağını düşündürmektedir (Van Weert, Van der Gun ve Reckman, 2009). Bitkilerin tuzluluğa toleransları; iklim özelliklerine, coğrafi konuma, yükseltiye, bitki türüne vb. koşullara bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Toprak tuzluluğu, su alımının engellenmesi, iyon fazlalığı, besin elementlerinin alınımı gibi unsurları etkileyerek bitkilerin büyüme hızını, metabolik faaliyetlerini, strese toleransı ve verimi etkileyebilmektedir (Parihar vd., 2015). Ayrıca bitki bünyesine alınan fazla tuz bitki hücre ve dokularında da hasara neden olabilmektedir (Greenway ve Munns 1980).

Bitkilerin ekofizyolojik özellikleri; fotosentez kapasitesi, klorofil içeriği, stoma iletkenliği, su kullanımı etkinliği ve büyüme parametreleri gibi fizyolojik ve morfolojik tepkileri içermektedir (Valladares ve Sánchez-Gómez, 2006). Bu özellikler, bitkinin çevresel stres faktörlerine karşı verdiği yanıtların anlaşılmasında kritik öneme sahiptir. Yapılan çalışmalar, mikroplastiklerin kök gelişimini, toprak su tutma kapasitesini ve bitki besin elementlerinin alımını etkileyerek bu tür ekofizyolojik özelliklerde değişimlere neden olabileceğini göstermiştir (Boots, Russell ve Green, 2019; Lozano vd., 2021). Tarımsal öneme sahip bitki türlerinde bu etkilerin araştırılması, sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından büyük önem taşımaktadır.

Mikroplastik ve tuzluluğun topraktaki etkilerine dair çeşitli çalışmalar olmasına karşın, mikroplastik kirliliği ve tuz stresinin kombine etkisine dair herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Bu çalışmada, plastik kirliliği ve tuz stresinin karpuzda (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bazı ekofizyolojik özellikler üzerine ayrı ayrı ve birlikte etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL BİLGİLER

2.1. Plastik Kirliliği ve Mikroplastikler

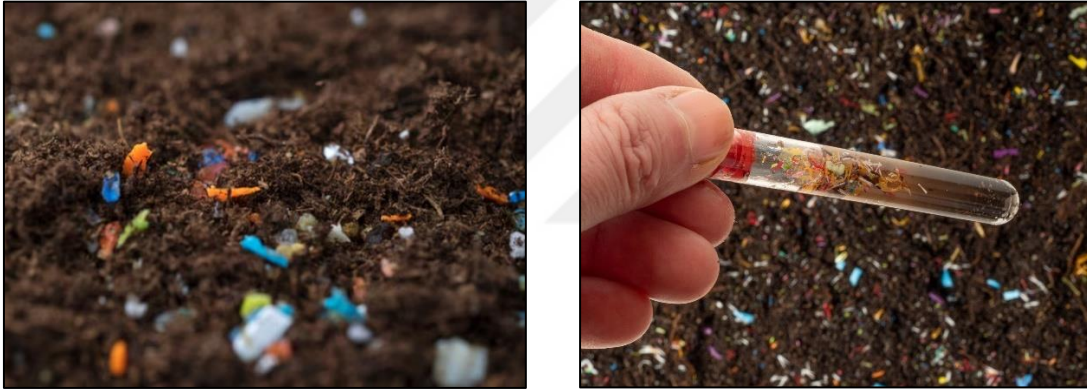
Son yıllarda hızla artan endüstriyel faaliyetler, nüfus yoğunluğu ve teknolojik gelişmelere bağlı olarak, çevre kirliliği her geçen gün katlanarak büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Çevre kirliliği tüm ekosistemlerde kendini göstermekte, doğal koşulların bozulmasına yol açmakta ve gerek sürdürülebilirliği gerekse canlıların sağlığını olumsuz etkilemektedir (Wang vd., 2020). Etkilerini her geçen gün daha da net hissettiğimiz küresel iklim değişikliği ise çevre kirliliğinin bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Çevre kirliliğine neden olan unsurlar ortama göre değişmekle birlikte oldukça çeşitlilik göstermektedirler. Mikroplastikler, son yıllarda yapılan çalışmalarla olumsuz etkileri fark edilen önemli kirleticilerdir ve yeryüzünde hemen hemen her alanda kendilerini göstermektedirler (Wang vd., 2020).

Plastikler ekonomik, dayanıklı, hafif, esnek ve yalıtkan olmaları nedeniyle günlük hayatta ve pek çok sektörde sıkça kullanılan polimerik maddelerdir (Horton ve Dixon, 2018). Polimerler, monomerlerin birbirine bağlanmasıyla oluşurlar. Günlük yaşamda proteinler, selüloz, nişasta ve DNA gibi doğal polimerlerden daha çok sentetik olanlar kullanılmaktadır. Plastiklerin temel hammaddesi çoğunlukla petrol ve türevleridir (Kılıç ve Yüce, 2014). Polistiren (PS), polietilen (PE), polipropilen (PP), polietilen tereftalat (PET) ve polivinil klorür (PVC) çok yaygın olarak kullanılan polimerlerdir (Kılıç ve Yüce, 2014). Polimerlerden çok çeşitli ürünler üretilmektedir ve bu materyaller geniş bir kullanım alanına sahiptirler. Bugüne kadar tahmini olarak 8300 Mt (milyon metrik ton) saf plastik üretilmiştir ve üretilen tüm plastiklerin yaklaşık %60'ının çöplüklerde veya doğal çevrede biriktiği tahmin edilmektedir (Geyer, Jambeck ve Law, 2017; Horton ve Dixon, 2018) (Resim 2.1).



Resim 2.1 Plastik kirliliği (URL 1)

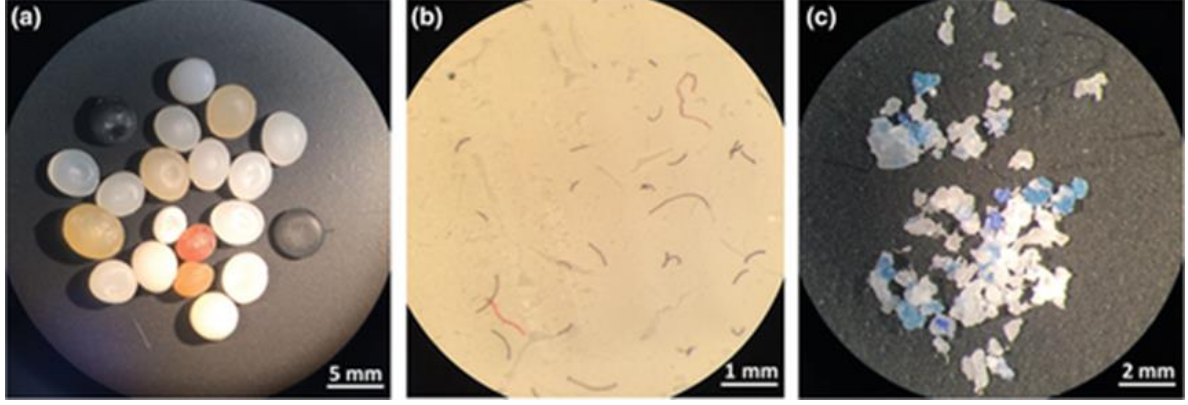
Polimer materyaller insan faaliyetleri, aşınma, yırtılma, parçalanma gibi nedenlerle daha küçük parçalara ayrılmaktadırlar (Hernandez, Nowack ve Mitrano, 2017) (Resim 2.2). Plastiklerin mekanik, kimyasal, biyolojik veya UV ışınları ile parçalanması sonucu oluşan, boyutları 1 μm ile 5 mm arasında yer alan plastik parçacıklar mikroplastik olarak adlandırılırlar (Arthur vd., 2009; Horton ve Dixon, 2018; Bakhshaei vd., 2025). Mekanik parçalanma, aşınma, kesilme, yırtılma gibi işlemlerle, kimyasal parçalanma plastik materyallerin asit veya alkalilere maruz kalması ile, biyolojik bozulma plastik materyallerin organizmalar tarafından yutulması, sindirim faaliyetleri ya da parçalanması ile, UV bozunma ise güneş ışınlarına maruz kalma yoluyla olmaktadır (Hernandez, Nowack ve Mitrano, 2017; Horton ve Dixon, 2018; Osman vd., 2023). Dünya üzerinde hemen her yerde rastlanan mikroplastikler, gözle görülmeyen ancak önemli etkileri olan çevre kirleticileri arasında sayılmaktadır (Güneş ve Erçetin, 2020).



Resim 2.2. Toprakta mikroplastik kirliliği (URL 2,3)

Mikroplastikler, birincil (primer) ve ikincil (sekonder) olmak üzere iki sınıfa ayrılırlar (Waldman ve Rillig, 2020). Kozmetik, ilaç ve tarımda kullanılan kimyasalların yapısında yer alan, özellikle küçük boyutlarda üretilen plastikler, primer mikroplastiklerdir. Büyük plastiklerin aşınmasıyla oluşanlar ise sekonder mikroplastikler olarak adlandırılırlar (Song, Wang ve Li, 2024).

Mikroplastikler doğada farklı şekillerde oluşabilirler; ortamda genellikle granül, lif, fragman, palet, sferoid, pul, elyaf veya boncuk şeklinde homojen ya da heterojen formlarda yer alırlar (Anderson vd., 2017; Güneş ve Erçetin, 2020), (Resim 2.3).

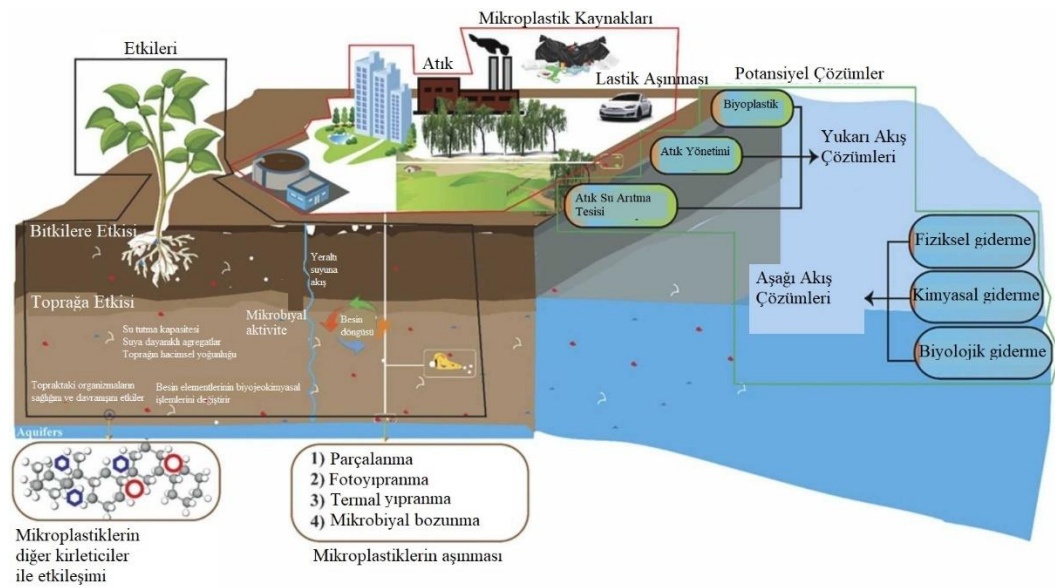


Resim 2.3. Farklı tipteki plastik parçacıkların görüntüleri (a) peletler/nurdles, (b) lifler ve (c) parçalar. Ölçek çubukları yaklaşık değerlerdir (Horton ve Dixon, 2018'den alıntılanmıştır.)

Hemen hemen yeryüzündeki her ortamda gözlenen mikroplastikler gerek saydam yapıda olabilmeleri gerekse ayırt edilemeyecek kadar küçük olmaları nedeniyle çoğunlukla gözle görülemeyen bir kirlilik meydana getirirler (Horton ve Dixon, 2018). Dolayısıyla, bulundukları ortamlarda fark edilebilmeleri ve etkilerinin belirlenmesi oldukça zordur. Mikroplastikler, hafif yapıda ve çok küçük oldukları için rüzgâr, yağmur gibi etmenlerle ya da organizmaların aktiviteleri sonucu kolaylıkla bir bölgeden diğerine taşınabilmektedirler (Cai vd., 2017; Osman vd., 2023). Bu durum doğal ekosistemlerin mikroplastikler ile kontaminasyonunu hızlandırmaktadır. Yapılan çalışmalar, tükettiğimiz gıdalardan içtiğimiz suya, soluduğumuz havaya, kişisel bakım için kullandığımız kozmetik ürünler ve ilaçlara kadar her koşulda mikroplastik olduğunu göstermektedir (Yurtsever, 2018; Napper vd., 2020; Osman vd., 2023).

Evsel ve endüstriyel atıklar, kişisel bakım ürünleri, ilaçlar, deterjanlar, sentetik gübreler, giysiler, taşıtlar, araç-gereçler, inşaat malzemeleri, ambalaj ve paketleme işlemleri, balıkçılık benzeri faaliyetler, malçlama gibi tarımsal işlemler mikroplastik kirliliğinin temel kaynağını oluşturmaktadırlar (Čulin ve Bieleć, 2016; Osman vd., 2023). Mikroplastikler, toprak, su ve hava ortamlarında birbiri arasında taşınmakla birlikte yüksek oranda da birikme eğilimi gösterirler (Dris, Gasperi, Saad, Mirande ve Tassin, 2016; Horton ve Dixon, 2018). Mikroplastikler sahip oldukları geniş yüzey alanları, hidrofobik yapıları, yüzücülük özellikleri, kirleticileri taşıma potansiyelleri, kalıcı organik kirleticileri absorbe edebilmeleri ve UV ışınlarıyla parçalanabilmeleri nedeniyle bulundukları ortamın fiziksel ve kimyasal yapısını değiştirebilmektedirler (Kwon, Chang, Hong ve Shim, 2017; Ya vd., 2021; Prabhu vd., 2022; Prajapati, Narayan Vaidya ve Kumar, 2022; Mondol vd., 2025). Bu değişimler

organizmalarda ve ekosistemlerde çeşitli bozulmalara ve farklılaşmalara neden olabilmektedirler (Andrady 2017; Horton ve Dixon, 2018; Wang vd., 2020; Prabhu vd., 2022; Osman vd., 2023). Mikroplastikler toprağın yapısını, hava ve suyun kalitesini ve mikrobiyolojik aktiviteyi değiştirmenin yanı sıra; gıda ve solunum yoluyla organizmaların vücutlarına girerek metabolik işlevlerde bozulmalara ve dolayısıyla hastalıklara neden olmaktadır (Danopoulos, Twiddy, West, R. ve Rotchell, 2022).



Resim 2.4. Mikroplastik kaynakları, etkileri, sonuçları ve alınabilecek önlemler (Zeb vd., 2024'den alınmıştır.)

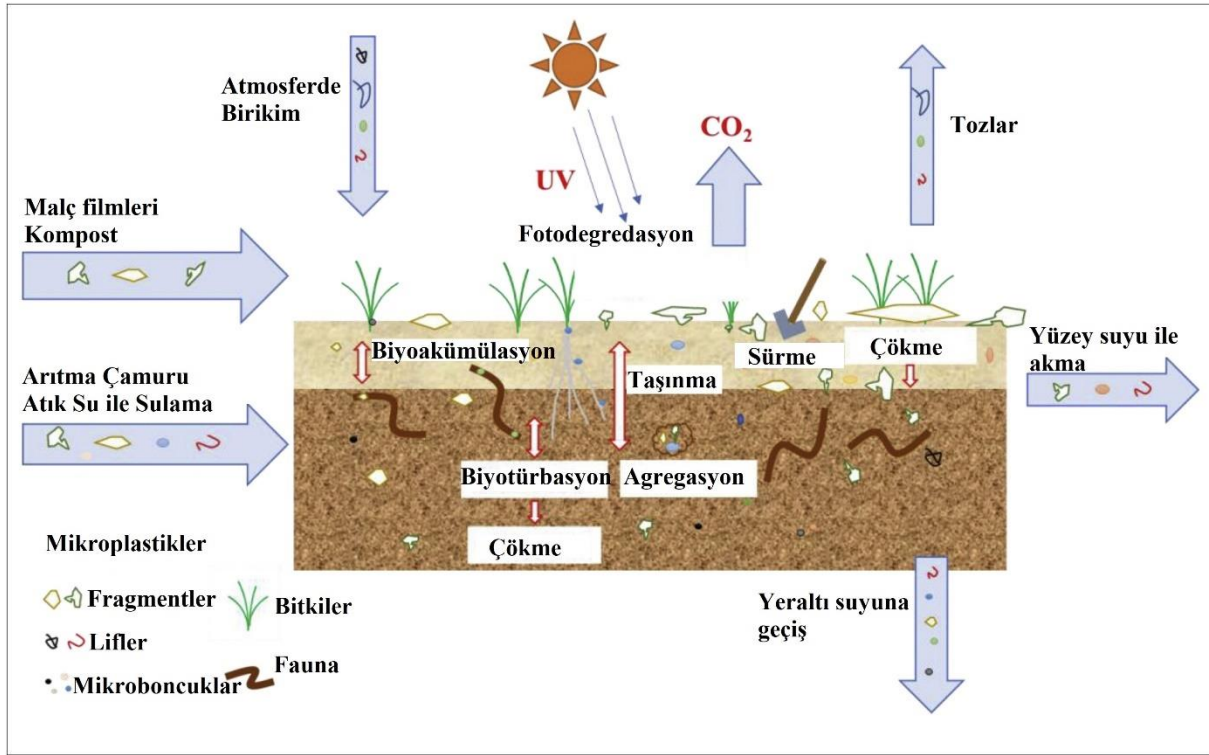
Karasal ortamda üretilen plastikler ve mikroplastikler çeşitli yollarla sucul, atmosferik ve karasal sistemlere yayılmakta ve kirliliğe neden olmaktadır (Su vd., 2022). Tarımsal ekosistemler de tarımsal işlemler, sulama suyu, rüzgâr ve atıklar yoluyla taşınma nedeniyle mikroplastik kirliliğinden etkilenmektedirler (Resim 2.4). Mikroplastiklerin karasal ekosistemlerde özellikle de tarımsal alanlarda neden olduğu değişimler ve olumsuz etkiler, yapılan az sayıda çalışma ile belirlenmeye çalışılmış olsa da bu noktada bilgi hala sınırlıdır (Baho, Bundschuh, Futter, 2021; Su vd., 2022).

Yapılan çalışmalar mikroplastiklerin hidrofobik yüzey oluşturarak, üzerlerinde kirlenmeleri taşıyarak, organik kirlenmeleri tutarak ve zararlı mikroorganizmalar için bir yaşam alanı yaratarak toprağın yapısını, suyun kalitesini ve organizmaların metabolik süreçlerini değiştirdiğini ve doğal yapının bozulmasına neden olduğunu göstermiştir (Yurtsever, 2015; Prabhu vd., 2022). Toprağın mikroplastiklerle kontaminasyonun nasıl bir etki yaratacağı

(yarar/zarar) mikroplastiklerin boyutu ve konsantrasyonuna bağlı olarak değişmektedir (Zhang vd., 2019).

Tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kirliliğine neden olan başlıca faktörler sentetik gübreler, pestisitler, tarım makineleri, kompost uygulamaları ve örtü malzemesi olarak kullanılan malç naylonudur (Braun, Mail, Heyse ve Amelung, 2021; Okeke vd., 2022). Sentetik gübreler ve pestisitler genellikle primer mikroplastik kirliliğine neden olurken; malçlama, kompost uygulamaları ve sulama sekonder mikroplastik kirliliğine neden olmaktadır. Bu kaynaklar arasında, plastik malç filmleri en çok kirlilik yapan etmenlerden biridir ve özellikle soğuk ve kurak bölgelerde uygun sıcaklığı korumak, yabancı otlarla mücadele etmek ve mahsul verimini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır (Tian, Jinjin, Ji, Ma ve Yu, 2022). Malç naylonları güneş ışınlarına ve toprak işleme uygulamaları gibi mekanik kuvvetlere maruz kaldıkça parçalanarak toprağa karışmakta ve mikroplastik kirliliğine neden olmaktadır (Resim 2.5).

Mikroplastiklerin toprak üzerindeki en önemli etkisi toprakların hacimsel yoğunluğunu değiştirmektir (Mondol vd., 2025). Toprak yoğunluğundaki azalma, topraktaki kök penetrasyon direncini azaltarak, gözenekliliği artırarak ve böylece toprağın daha fazla havalanmasını sağlayarak ve su tutma kapasitesini artırarak bitki büyümesini iyileştirir (Chia vd., 2022; Mondol vd., 2025). Bununla birlikte toprak yapısı ve bitki türüne de bağlı olarak çeşitli olumsuz etkileri de bildirilmiştir (Bosker, Bouwman, Brun, Behrens ve Vijver, 2019; Khalid vd., 2020). Mikroplastikler toprak özelliklerini değiştirir ve kök yapısını, besin alımını, çimlenme oranlarını, klorofil içeriğini, fide yüksekliğini, gen ifadesini, verimi ve bitkilerdeki diğer süreçleri etkiler (Yu vd., 2020; Zhou vd., 2019; Ullah vd., 2021).



Resim 2.5. Tarımsal ekosistemlerde mikroplastik kaynakları, etkileri ve sonuçları (Tian vd., 2022'den alıntılanmıştır.).

2.2. Toprakta Tuzluluk

Toprak tuzluluğu, bitki büyüme ve gelişimini olumsuz etkileyen, fizyolojik bozulmalara yol açan ve bu nedenle küresel düzeyde gıda güvenliğini tehdit eden önemli bir stres faktörüdür (Balasubramaniam vd., 2023). Tuzluluk, esasen bilinçsiz sulama, uygunsuz arazi kullanımı ve aşırı gübreleme gibi antropojenik faaliyetler nedeniyle toprakta aşırı miktarda tuz birikmesinden kaynaklanır (Balasubramaniam vd., 2023). Çözünebilir tuzların topraklarda yüksek oranda birikmesi tuzlanma olarak isimlendirilmektedir (Hassani vd., 2021; Mukhopadhyay vd., 2021). Bitkilerinin gelişimini olumsuz etkileyebilecek oranda çözünebilir tuz içeren ve sodik olmayan topraklar tuzlu toprak olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2008; Turhan vd., 2006; Parihar vd., 2015; Hassani vd., 2021). Küresel iklim değişikliği nedeniyle hidrolojik dengede değişiklikler olacağı, rüzgârla taşınan tuzların ve deniz tuzu girişinin etkisiyle topraklarda biriken çözünebilir tuz miktarının artacağı ve bu nedenle küresel ölçekte topraklarda tuzluluğun artacağı bildirilmiştir (Dölarslan ve Gül, 2012; Tomaz vd., 2020; Hassani vd., 2021; Tunç ve Kaman, 2022). Küresel ısınmaya bağlı olarak gerçekleşeceği düşünülen hidrolojik değişikliklerin, topraklarda biyolojik, fiziksel, biyokimyasal ve kimyasal özelliklerin bozulmasına yol açarak; verimi, sürdürülebilirliği ve

biyoçeşitliliği olumsuz etkileyeceği ifade edilmektedir (Tunç ve Kaman, 2022; Sarıhan, B., Acar ve Uzun, 2024). Bu nedenle toprakta tuzlanmanın, küresel iklim değişikliği nedeniyle gittikçe önemi artan bir problem haline gelmesi öngörülmektedir (Talat, 2020; Corwin, 2021; Hassani vd., 2021). Yarı kurak ve kurak alanlarda buharlaşma/terleme oranının artması, yağış miktarının değişmesi, toprağın yıkanma verimliliğinin düşmesi ve toprakların üst katmanlarında tuz miktarının artması söz konusudur (Anonim 1996; Karmakar vd., 2016; Tomaz vd., 2020; Hassani vd., 2021). İklim değişikliği nedeniyle uzun süren kuraklık periyodundan sonra gelen aşırı yağışlar gibi ekstrem iklim olaylarının daha sık ve şiddetli olarak görülmesi, toprakta tuz konsantrasyonu yüksek olan alt katmanlardan fazla miktarda tuzun serbest kalmasına yol açarak, tuzlanma sorunu olmayan bölgelerin de tuzlanma riskiyle yüzyüze kalmasına neden olabilir (Van Weert vd., 2009; Schofield vd., 2023). Yıllık ortalama sıcaklığın 1 °C artmasına karşılık, Kuzey Akdeniz’de tuzdan etkilenen alan miktarının 2050 yılı itibarıyla iki kat artacağı bildirilmiştir (Szabolcs, 1990).



Resim 2.6. Toprak tuzluluğu (URL 4)

Tuz toleransı, bitkilerde türe (fizyolojik özelliklere), toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir (Munns ve Tester, 2008). Toprak tuzlanmasının oluşumu esas olarak kök bölgesinde sodyum (Na^+), potasyum (K^+), klorür (Cl^-) ve sülfat (SO_4^{2-}) dahil olmak üzere suda çözünür tuzların birikmesinden kaynaklanır ve bu da ozmotik değişikliklere neden olarak bitki kök hücrelerinin topraktan su emme yeteneğini azaltır

(Balasubramaniam vd., 2023). Kök bölgesindeki topraklarda aşırı tuz birikimi, bitkilerde büyüme hızını ve gelişimini olumsuz etkilemektedir (Tomaz vd., 2020).

Tuzluluk, fizyolojik kuraklık ve iyon fazlalığı yoluyla bitkilerde büyümeyi iki farklı biçimde etkileyebilir (Parihar vd., 2015). Toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonunun fazla olması, bitkinin su alma kapasitesini azaltır ve büyüme hızının yavaşlamasına yol açar. Bu durum tuzluluğun ozmotik veya su eksikliği etkisi olarak tanımlanır (Parihar vd., 2015). Terleme nedeniyle bitkiye fazla miktarda tuz girişi olursa, terlemenin gerçekleştiği yapraklarda hücreler hasar görür ve büyüme daha çok azalır. Bu da tuzluluğun tuza özgü ya da iyon fazlalığı etkisi olarak bilinir (Greenway ve Munns 1980; Parihar vd., 2015).

Tuz stresi bitkilerde, çimlenme, terleme, su alımı, fotosentetik pigmentler ve fotosentez, besin elementi eksikliği ve dengesizliği, osmotik ve oksidatif stres, büyüme ve verim gibi hayati işleyişleri etkilemektedir (Dantas vd., 2007; Parihar vd., 2015; Ouji, El-Bok, Mouelhi, Younes ve Kharrat, 2015; Tomaz vd., 2020). Tuzluluk çimlenme oranında düşüş, yaprak ve kök büyümesi, bitki boyu, taze ağırlık ve biyomasda azalma, kloroz, hücrelerdeki protein konsantrasyonunda düşüş, besin elementi alımında ve klorofil içeriğinde azalma gibi olumsuz değişikliklere neden olmaktadır (Munns, 1993; Wang vd., 2003; Parida vd., 2004; Amirjani, 2011; Chutipaijit vd., 2011; Semiz, Ünlükara, Yurtseven, Suarez ve Telci, 2011; Parihar vd., 2015; Chavoushi, Manoochchhari Kalantari ve Arvin, 2019).

Çizelge 2.1.'de tuzlu toprakların doğal olarak oluşumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitkiler üzerine etkileri özetlenmiştir.

Çizelge 2.1. Tuzlu toprakların doğal olarak oluşumu, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile bitkiler üzerine etkileri (Sarihan vd., 2024)

Tuzlu Topraklar			
Doğal Oluşumu	Fiziksel Özellikler	Kimyasal Özellikler	Bitkilere Etki
Kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunurlar. Genelde deniz suyunun etkisinde kalmış ve göl alanlarında oluşurlar.	Tuzlar, killerin yumaklaşmasını ve toprağın stabil bir yapıda olmasını sağlar. Hava ve su geçirgenliği ile diğer özellikleri normal topraklara benzer.	Sodyum, kalsiyum ve magnezyumun klorür ve sülfatlardan oluşan nötral çözünebilir Tuzları hakimdir. pH'sı 8.2' den azdır. Elektriksel iletkenlik (EC) 4 dS m ⁻¹ 'den yüksek, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) 15'den azdır.	Tuzların toprak çözeltisinin osmotik basıncını artırarak suyun yarayışlılığını azaltır ve fizyolojik kuraklığa neden olur. Na, Cl, B vb. gibi özel iyonların toksikliği ortaya çıkabilir.

Toprakta Na⁺, Cl⁻ ve diğer ilgili iyonların normal seviyelerin üzerinde bulunması, bitkilerin hücresel işlevlerini bozabilir, tohum çimlenmesi ve fotosentez gibi temel metabolik işleyişlerde değişikliklere yol açarak bitki dokularında ciddi hasara hatta bitki ölümüne neden olabilir (Balasubramaniam vd., 2023). Karasal bitkilerin birçoğu düşük ila orta düzeyde tuzluluğa dayanabilirken, yüksek tuzluluk seviyelerinde sadece doğal olarak tuza dayanıklı bitkiler veya halofitler gelişebilir (Balasubramaniam vd., 2023).

Bu çalışmada plastik kirliliği ve tuz stresinin karpuzda (*Citrillus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bazı ekofizyolojik özellikler üzerine ayrı ayrı ve birlikte etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aşağıda belirtilen hipotezler sınanarak, toprakta plastik kirliliği ve tuz stresinin etkileri ortaya konmaya çalışılmıştır.

1. Plastik kirliliği karpuz bitkisinde bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir ve oluşan stres koşulları nedeniyle, sürgün/kök yaş ve kuru ağırlığı, sürgün/kök boy uzunluğu, su içeriği ve klorofil içeriği gibi ekofizyolojik özelliklerde değişimlere neden olabilir. Ayrıca, toprakta farklı plastik konsantrasyonları bitkide farklı yanıtlar oluşmasına neden olabilir.

2. Tuz stresi karpuz bitkisinde bitki gelişimini olumsuz etkileyebilir ve oluşan stres koşulları nedeniyle sürgün/kök yaş ve kuru ağırlığı, sürgün/kök boy uzunluğu, su içeriği ve klorofil

içeriği gibi ekofizyolojik özelliklerde değişimlere neden olabilir. Ayrıca, toprakta farklı tuz konsantrasyonları bitkide farklı yanıtlar oluşmasına neden olabilir.

3. Toprakta plastik kirliliği ve tuz stresi birlikte bulunduğu karpuz bitkisi üzerine ikisinin birlikte etkisi, bu stres faktörlerinin tek başına etkili olduğu durumdan farklılık gösterebilir. Plastik ve tuz konsantrasyonlarına bağlı olarak karpuz bitkisinde oluşacak yanıt değişiklik gösterebilir.



3. LİTERATÜR ÖZETİ

Plastik kirliliğinin karasal ekosistemlerdeki etkilerine dair çalışmalar son yıllarda artış göstermesine rağmen farklı ekosistemlerde, farklı bitki türlerinde ve değişik ekolojik koşullarda yeterince çalışma olmadığı için etkileri tam olarak aydınlatılamamıştır. Tarımsal ekosistemler yeterli ve sağlıklı gıda temini açısından organizmalar bağlamında hayati öneme sahip olduğu için, plastiklerin tarımsal alanlardaki etkilerine dair çalışmalara daha çok odaklanılması gerekmektedir.

Karasal ortamlarda mikroplastiklerin ayırt edilmeleri daha zor olduğundan çalışmalar genellikle deneysel olarak yapılmaktadır. Mikroplastiklerin karasal alanlardaki etkileri üzerine çalışmalar, tarımsal arazilerde mikroplastik kirliliğinin toprak ve bitkiler üzerine etkileri, toprak ve havada mikroplastik kirliliğinin etkileri, mikroplastik kirliliğinin karasal organizmalar üzerine etkisi konularında yoğunlaşmıştır (Rillig vd., 2017; Bosker vd., 2019; Esmeray ve Armutcu, 2020; Li, Li, Li, Geng ve Wang 2020; Napper vd., 2020; Prabhu vd., 2022; Tian vd., 2022; Çil ve Karavin, 2022; Rai vd., 2023). Aşağıda mikroplastik kirliliği ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan örnekler sunulmuştur.

(Machado ve diğerleri, 2019), polyester liflerin (5000 μm , 8 μm) su tutma kapasitesi gibi toprak parametreleri üzerindeki etkilerini araştırmış ve mikroplastiklerin toprakların hacimsel yoğunluğunu azaltarak toprak yapısını etkilediğini göstermişlerdir. Ayrıca, mikroplastikler tarafından toprak agregatlarında meydana getirilen değişikliğin, gözenek boyutunu ve bağlantısını etkileyebileceğini ve dolayısıyla toprağın su tutma kapasitesini ve geçirgenliğini de değiştirebileceğini bildirmişlerdir. Qi ve diğerleri (2020), 5 mm düşük yoğunluklu polietilen plastik malç filmi uygulanan toprağın fiziko-kimyasal ve hidrolojik parametrelerinin belirgin şekilde değiştiğini bildirmişlerdir. Mikroplastiklerin genel olarak toprağın biyofiziksel ve kimyasal özelliklerini, mikrobiyal ve enzimatik aktiviteleri ve bitki büyümesini etkilediği ve bitki türleri üzerinde olumsuz ekotoksikolojik etkilere neden olabileceği gösterilmiştir (Xu vd., 2020; Periyasamy ve Tehrani-Bagha, 2022). Toprak ekosistemindeki mikroplastik kirliliği, toprak sağlığı ve ekosistem işleyişi üzerinde bir dizi olumsuz etkiye sahip olabilir. Mikroplastikler, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkilerine ek olarak, bitkiler, omurgasızlar ve mikroorganizmalar gibi toprakta yaşayan organizmalar üzerinde de zararlı etkilere sahip olabilir (Rai vd., 2023).

Boots, Russell ve Green (2019) çim bitkisinde mikroplastik uygulamalarının tohumlarda çimlenme oranını azalttığını, fide gelişimini inhibe ettiğini, sürgün uzunluğunu ve biyomasın azaldığını bildirmişlerdir. %0,5, %1 ve %2 oranlarında 100 nm-18 µm büyüklüklerdeki PVC mikroplastiklerin marul kök ve yapraklarına uygulanması ile yapılan bir çalışmada kök aktivitesinin değişmediği, ancak, köklerin toplam kök uzunluğu, hacmi, yüzey alanı ve kök çapının arttığı belirlenmiştir (Li vd., 2020). Mikroplastikler marulda metabolik birtakım farklılıklara da yol açmıştır. Bu bağlamda, marul yapraklarında %1 oranında süperoksit dismutaz aktivitesinin arttığı; ışık absorpsiyonunun, elektron transferinin ise azalttığı tespit edilmiştir. Bir başka çalışmada ise pirinç bitkisinde (*Oryza sativa* L.) uygulanan mikroplastik stresi 21 gün sonunda sürgün biyomasında mikroplastik konsantrasyonuna bağlı olarak %13,1-40,3 oranında düşüşe neden olduğu sonucuna varılmıştır (Wu vd., 2021). Ayrıca, antioksidan enzim konsantrasyonları mikroplastik uygulamasından sonra ters U şeklinde değişime uğramıştır (Wu vd., 2020). *Utricularia vulgaris* L. bitkisinde ise, 7 gün süresince 15, 70 ve 140 mg/L oranlarında 1, 2 ve 5 µm boyutlarında polistiren mikroplastiklerine maruz bırakıldıktan sonra kontrol grubuna göre büyüme oranlarında ve yaprakların fotosentetik ve morfolojik özelliklerinde belirgin bir azalma olmuştur (Yu, Zhang, Hu, Peng ve Qu, 2020). Enyoh, Verla, Verla ve Enyoh (2020), mandalinada (*Citrus aurantium* L.) mikroplastik tiplerinin tek tek ve kombine etkilerini incelemişlerdir ve mikroplastiklerin saf halleri ve kombinasyonlarının farklı etkilere neden olduğunu tespit etmişlerdir. Khalid, Aqeel ve Noman (2020), mikroplastiklerin bitkilerde tohum porlarının tıkanmasına, su ve besin elementlerinin alınımının sınırlandırılmasına neden olduklarını tespit etmişlerdir. Mikroplastiklerin bitki gelişimi üzerine mekanik etkileri Rillig, Lehmann, de Souza Machado ve Yang (2019) tarafından araştırılmış, özellikle mikrofiber parçaların toprak yoğunluğunu düşürdüğünü, toprağın daha iyi havalanmasını sağladığını, bu sayede köklerin büyümesini iyileştirdiğini bildirmişlerdir. Daha büyük mikroplastiklerin kanallar oluşturarak toprakta suyun buharlaşmasını kolaylaştırdığı bunun da toprakta kurumaya ve kuraklığa bağlı olarak bitki gelişiminin zayıflamasına neden olduğunu ifade etmişlerdir. de Souza Machado ve diğerleri (2019) çeşitli mikroplastik tiplerinin *Allium fistulosum* L. (soğan) türünde, bitki biyomasını, element konsantrasyonlarını, kök özelliklerini ve topraktaki mikrobiyal aktiviteyi değiştirdiğini gözlemlemişlerdir. Bosker ve diğerleri (2019), farklı büyüklükte ve konsantrasyonda uygulanan mikroplastiklerin tere (*Lepidium sativum* L.) tohumlarında çimlenme oranı mikroplastik büyüklüğüne bağlı olarak %17-78 oranında azalttığını tespit etmişlerdir.

Toprakta tuzluluğun etkilerine dair çeşitli araştırmalar bulunmaktadır. Araştırmalar, tuz stresinin tohum çimlenmesi, fotosentez, bitki büyümesi, su alımı, besin elementi dengesizliği, terleme, oksidatif ve osmotik stres ile verim gibi işleyişleri etkilediğini bildirmişlerdir (Parida, Das, Mitra, 2004; Xu vd., 2011; Tomaz, Palma, Alvarenga ve Gonçaves, 2020). Toprakta tuzluluğun yaprak büyümesini yüksek oranda kök büyümesini ise daha az oranda azalttığı tespit edilmiştir (Munns, 1993). Yapılan çalışmalarda toprak çözeltisindeki tuzun besin elementlerinin alımını etkilediği ve klorofil içeriğini azalttığı bildirilmiştir (Parida vd., 2004). *Foeniculum vulgare* Mill. bitkisi ile yapılan bir çalışmada sulama suyundaki artan tuzun bitki boyunu, taze ağırlığı ve biyoması önemli biçimde etkilendiği belirlenmiştir (Semiz vd., 2011; Parihar vd., 2015).

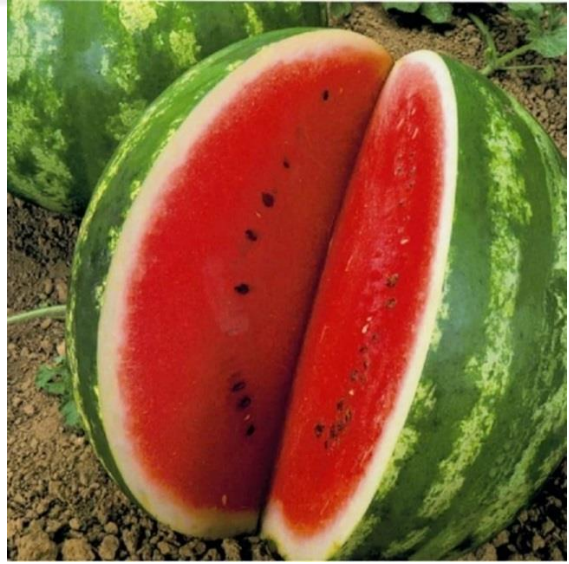
Mikroplastiklerin ve tuz stresinin ayrı ayrı toprak parametreleri üzerine etkilerine dair çeşitli çalışmalar bulunmasına rağmen; her iki faktörün kombine etkisine dair çalışmaya rastlanmamıştır. Ayrıca, karasal ortamlar, sucül ekosistemlere kıyasla bilim camiası tarafından daha az ilgi görmüştür (Rillig, 2012; Su vd., 2022).

4. MATERİYAL VE YÖNTEM

4.1. Materyal

Bu tez çalışmasında araştırma materyali olarak kullanılan karpuz bitkileri, Alp Fide (Amasya/Merkez) şirketinden temin edilen Crimson Sweet çeşidi karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) fidelerinden yetiştirilmiştir. Crimson Sweet çeşidi karpuz fidelerinin seçilmesinin nedeni, farklı iklim ve toprak özelliklerine adaptasyon kabiliyetinin yüksek ve hastalıklara dayanıklı olması sebebiyle ülkemizde ve dünyada yaygın olarak kullanılmasıdır (Uçan, 2015; Şahin, 2021; Yismaw, 2024).

Araştırma materyali olarak kullanılan ve çiftçiler tarafından pijamalı veya alacalı karpuz olarak adlandırılan Crimson Sweet çeşidi karpuz, açık yeşil kabukludur ve üzerinde koyu yeşil şeritler bulunur (İnan, 2007). Meyve 9-12 kg ağırlığında yuvarlak veya hafif ovaldir, meyvenin etli kısımları kırmızıdır ve oldukça lezzetlidir (URL 1, 2). Ekimi ilkbahar-yaz aylarında yapılmaktadır, olgunlaşma süresi yaklaşık 2,5-3 aydır.



Resim 4.1. Crimson Sweet çeşidi karpuz (URL 5, 6)

Deneylerde kullanılacak karpuz fidelerinin benzer yaş, morfolojik görünüm ve gelişme düzeyine sahip olmasına dikkat edilmiştir.

4.2. Yetiştirme Ortamının Hazırlanması

Karpuz bitkileri, üretim saksısı olarak bilinen, sert plastik materyalden üretilmiş, hacmi 2,5 L, 12x12x20 cm ebatlarında saksılarda yetiştirilmiştir. Deney sonuçlarına etki edecek herhangi bir saksı kaynaklı faktör olmaması için, deney setlerinin tamamında aynı tip saksılar kullanılmış ve saksılar yıkanarak temizlenmiştir. Bitkilerin yetiştirilmesinde kullanılan harcın deney setlerine göre içerdiği materyaller Tablo 4.1’de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Bitkilerin yetiştirildiği harcın deney setlerine göre içerdiği materyaller

Deney Seti	Yetiştirme Ortamı
Kontrol	1000 ml çiftlik gübresi + 500 ml bahçe toprağı + 250 ml dere kumu ve 250 ml torf
%0,5 MP uygulaması	10 ml plastik + 995 ml çiftlik gübresi + 497,5 ml bahçe toprağı + 248,75 ml dere kumu ve 248,75 ml torf
%1,5 MP uygulaması	30 ml plastik + 985 ml çiftlik gübresi + 492,5 ml bahçe toprağı + 246,25 ml dere kumu ve 246,25 ml torf
%2,5 MP uygulaması	50 ml plastik + 975 ml çiftlik gübresi + 487,5 ml bahçe toprağı + 243,75 ml dere kumu ve 243,75 ml torf
100 mM NaCl uygulaması	1000 ml çiftlik gübresi + 500 ml bahçe toprağı + 250 ml dere kumu ve 250 ml torf
200 mM NaCl uygulaması	1000 ml çiftlik gübresi + 500 ml bahçe toprağı + 250 ml dere kumu ve 250 ml torf
Kombine %0,5 MP ve 100 mM NaCl uygulaması	10 ml plastik + 995 ml çiftlik gübresi + 497,5 ml bahçe toprağı + 248,75 ml dere kumu ve 248,75 ml torf
Kombine %1,5 MP ve 100 mM NaCl uygulaması	30 ml plastik + 985 ml çiftlik gübresi + 492,5 ml bahçe toprağı + 246,25 ml dere kumu ve 246,25 ml torf
Kombine %2,5 MP ve 100 mM NaCl uygulaması	50 ml plastik + 975 ml çiftlik gübresi + 487,5 ml bahçe toprağı + 243,75 ml dere kumu ve 243,75 ml torf
Kombine %0,5 MP ve 200 mM NaCl uygulaması	10 ml plastik + 995 ml çiftlik gübresi + 497,5 ml bahçe toprağı + 248,75 ml dere kumu ve 248,75 ml torf
Kombine %1,5 MP ve 200 mM NaCl uygulaması	30 ml plastik + 985 ml çiftlik gübresi + 492,5 ml bahçe toprağı + 246,25 ml dere kumu ve 246,25 ml torf
Kombine %2,5 MP ve 200 mM NaCl uygulaması	50 ml plastik + 975 ml çiftlik gübresi + 487,5 ml bahçe toprağı + 243,75 ml dere kumu ve 243,75 ml torf

Plastik ve tuz konsantrasyonları literatür taraması ile belirlenmiştir (Yaşar vd., 2008; Çağırğan, 2015; Qi vd., 2018; Wu vd., 2019; Li vd., 2020; Yang ve Gao, 2022).

Bitki yetiştirme işlemleri ve deneyler Amasya Üniversitesi Suluova Meslek Yüksekokulu bünyesinde yer alan serada gerçekleştirilmiştir. Sera koşulları (sıcaklık, nem, ışık vs.) tüm

bitkiler için aynı olacak şekilde ve deney düzeneği karpuz bitkilerinin ortamdan kaynaklanabilecek herhangi bir farklılığa maruz kalmamasına dikkat edilerek tasarlanmıştır.

4.2.1. Plastik kirliliğinin oluşturulması

Topraklara karıştırılacak olan plastikler, karpuz üretiminde örtü materyali olarak kullanılan polietilen malç naylonunun mikroplastik boyutları içerisinde olacak şekilde makasla 2,5x4 mm boyutlarında kesilmesiyle elde edilmiştir (Qi vd., 2018; Li ve Tang, 2023; Loganathan ve Kizhakedathil, 2023). Plastik kirliliğinin etkisinin araştırılacağı deney setleri için yetiştirme harcı hazırlanırken %0,5, %1,5 ve %2,5 olmak üzere üç farklı konsantrasyonda plastik ilave edilmiştir.



Resim 4.2. Kirlilik oluşturmak için kullanılan mikroplastikler

4.2.2. Tuz stresinin oluşturulması

Karpuz fideleri dikilip can suyu verildikten yaklaşık 2-3 gün sonra tuz uygulamalarına başlanmıştır. Bitkilere uygulanan tuz, yüksek doz tuz nedeniyle bitkilerin şoka girmemesi amacıyla 100 mM sodyum klorür (NaCl) için 25, 50, 75, 100; 200 mM NaCl için 50, 100, 150, 200 şeklinde kademeli olarak 3'er gün aralıklarla yapılmıştır (Öncel ve Keleş, 2002;

Sekmen vd., 2005; Aşçı ve Zambı, 2020). Tuz uygulamaları 21 gün boyunca yapılmıştır. Tuz stresinin araştırılmayacağı saksılar ise aynı miktarda musluk suyu ile sulanmıştır.

4.3. Deney Setlerinin Oluşturulması ve Karpuz Bitkilerinin Yetiştirilmesi

Çalışmada, kontrol grubu, sadece plastik uygulaması, sadece tuz uygulaması ve farklı dozlarda kombine plastik ve tuz uygulamalarından oluşan toplam 12 deney seti oluşturulmuştur. Her bir deney seti için her saksıya bir fide dikilerek toplam 10 adet karpuz bitkisi yetiştirilmiştir. Çalışma kapsamında 12 deney seti x 10 karpuz fidesi olmak üzere toplam 120 karpuz bitkisi yetiştirilmiştir. Üç gerçek yapraklı safhaya ulaşmış olan karpuz fideleri saksılara dikilmiştir (Seymen vd., 2016).

Karpuz fideleri hasat edilene kadar tarla kapasitesi dikkate alınarak musluk suyu ile ve tuzluluğun etkisinin araştırıldığı deney setlerinde ise musluk suyu ile hazırlanmış 100 ve 200 mM tuz çözeltileri ile sulanacaktır. Tüm deney setleri eşit miktarda su ile sulanmıştır. Musluk suyu tercih edilmesinin sebebi, tarımsal ekosistemlerin koşullarına daha uygun bir sulama gerçekleştirebilmektir.



Resim 4.3. Deney setlerinde üretilen karpuz bitkileri

Karpuz bitkileri, 21 gün süren plastik ve tuz stresine maruz bırakıldıktan sonra hasat edilmiştir. Hasat işlemi sırasında bitkiler saksılardan dikkatli bir şekilde çıkarılarak, kökleri musluk suyu ile yıkanmış ve toprak kalıntıları tamamen temizlenmiştir.

4.4. Ekofizyolojik Ölçümler

4.4.1. Sürgün/kök yaş ve kuru ağırlığı

Karpuz bitkileri hasat edildikten sonra kök boğazından ayrılarak sürgün ve kökler hassas terazi yardımıyla ölçülerek yaş ağırlıkları belirlenmiştir. Bitki numuneleri kese kağıtlarından hazırlanmış zarfların içinde etüvde 65 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuş ve tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Dölek, 2009; Çağırğan, 2015). Kök kuru ağırlığının sürgün kuru ağırlığına bölümü ile de kök/sürgün oranı hesaplanmıştır.

4.4.2. Sürgün/kök uzunluğu

Karpuz bitkilerinin sürgün ve kök uzunlukları cetvel yardımıyla ölçülmüştür (Çağırğan, 2015; Yücel Tartan, 2023).



Resim 4.4. Karpuz bitkilerinin hasatı ve ölçümler için hazırlanması

4.4.3. Klorofil içeriği

Karpuz bitkilerinin klorofil içerikleri hemen hasat öncesi her bir deney seti için 10 tekrarlı olarak Falker CFL2060 marka Klorofil Ölçüm Cihazı (SPAD) ile belirlenmiştir.

4.4.4. Sürgün/kök su içeriği (%)

Karpuz bitkilerinin sürgün/kök su içerikleri yaş ve kuru ağırlıkları kullanılarak aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanmıştır (Marenco, Antezana-Vera ve Nascimento, 2009; Yücel Tartan, 2023).

$$\text{Su İçeriği (\%)} = (\text{Taze Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık} / \text{Taze Ağırlık}) \times 100 \quad (1)$$

4.5. İstatistiksel analizler

Veriler, IBM SPSS 20 Software ile istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Veri setinin normal dağılım gösterip göstermediği test edildikten sonra; her bir deney setinden elde edilen ilgili değişkenlere ait ortalamalar arasındaki varyasyon Tek Yönlü Varyans Analizi (One-way ANOVA) ile belirlenmiştir. Veri setinde varyansların homojenliği Levene testi ile tayin edilmiş ve varyansları homojen olan değişkenler için Post-Hoc Tukey HSD testi, homojen olmayanlar için Thamhane's T2 testi uygulanmıştır. Değişkenler arasındaki ilişkiler Pearson Korelasyon analizi ile yapılmıştır.



5. BULGULAR VE TARTIŞMA

Elde edilen veriler istatistiksel olarak değerlendirildiğinde, ölçülen tüm ekofizyolojik özelliklerin (gövde çapı, yaprak sayısı, sürgün/kök uzunluğu, sürgün/kök yaş ağırlığı, sürgün/kök kuru ağırlığı, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil, sürgün su içeriği, kök su içeriği, kök/sürgün oranı), farklı konsantrasyonlarda ayrı ayrı ve kombine plastik ve tuz uygulamaları kullanılarak oluşturulmuş olan deney setleri arasında önemli ölçüde varyasyon gösterdiği belirlenmiştir (Çizelge 5.1).

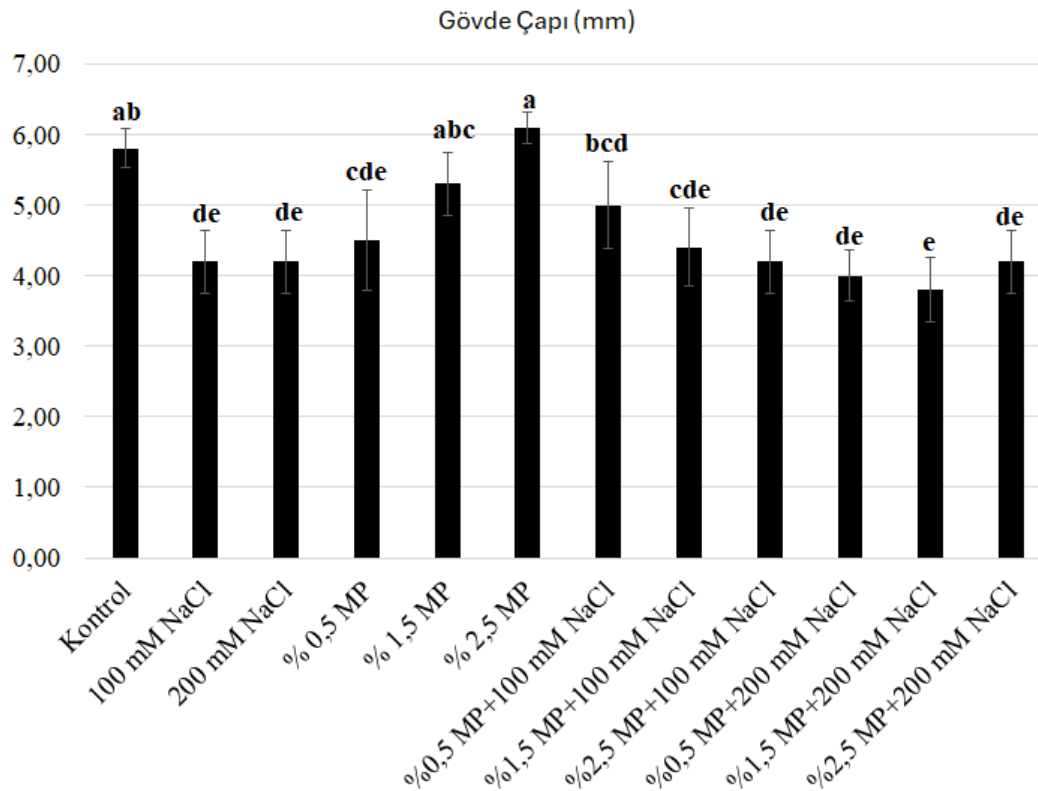
Plastik ve tuz uygulamalarının ayrı ayrı ve kombine yapılması da bitkide bu stres faktörlerine karşı oluşturulan yanıtı değiştirmiştir.

Çizelge 5.1. Ekofizyolojik özelliklerin önemlilik değerlerini gösteren ANOVA tablosu

	Kareler Toplamı	df	Kareler Ortalaması	F	P
Gövde Çapı	30,046	11	2,731	12,487	0,000
Yaprak Sayısı	52,450	11	4,768	24,877	0,000
Sürgün Uzunluğu	59,474	11	5,407	3,860	0,001
Kök Uzunluğu	430,542	11	39,140	6,229	0,000
Sürgün Yaş Ağırlık	248,859	11	22,624	24,922	0,000
Kök Yaş Ağırlık	2,703	11	0,246	11,276	0,000
Sürgün Kuru Ağırlık	2,031	11	0,185	13,720	0,000
Kök Kuru Ağırlık	591,299	11	53,754	84,876	0,000
Kök/Sürgün Oranı	0,016	11	0,001	5,051	0,000
Klorofil a	2445,733	11	222,339	94,112	0,000
Klorofil b	591,299	11	53,754	84,876	0,000
Toplam Klorofil	4832,549	11	439,323	107,365	0,000
Sürgün Su İçeriği	152,366	11	13,851	8,349	0,000
Kök Su İçeriği	633,275	11	57,570	15,652	0,000

5.1. Gövde Çapı

Kontrol grubu ile kıyaslandığında tuz uygulamalarının karpuz bitkilerinde gövde çapını önemli ölçüde azalttığı belirlenmiştir. %0,5 oranında uygulanan plastik gövde çapını önemli şekilde azaltmıştır. %1,5 ve %2,5 oranlarında uygulanan plastik gövde çapında önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Bununla birlikte, plastik konsantrasyonu arttıkça gövde çapının da kademeli olarak arttığı belirlenmiştir. Kombine 100 mM tuz uygulamalarında sadece plastik uygulanan deney setlerine kıyasla tuz ilavesinin gövde çapında azalmaya yol açtığı gözlemlenmiştir. 100 mM tuz uygulamalarında plastik konsantrasyonu arttıkça gövde çapı azalmıştır. Kombine plastik ve 200 mM tuz ve uygulamalarında, gövde çapı kontrol grubuna oranla önemli ölçüde azalmıştır. Fakat plastik konsantrasyonundaki değişime bağlı herhangi önemli bir farklılık söz konusu değildir. Karpuz bitkilerinde en kalın gövde %2,5 plastik uygulanan deney setinde, en ince gövde %1,5 +200 mM tuz uygulanan bitkilerde ölçülmüştür.



Şekil 5.1. Karpuz bitkilerinde gövde çapının deney setlerine göre değişimi

Tuz stresi gövde çapını önemli ölçüde azaltmıştır. Yakıt ve Tuna (2006) tarafından yapılan çalışmada da tuz stresi mısır bitkisinde gövde çapının azalmasına neden olmuştur. Tuz stresi köklerden su alımının azalmasına yol açtığı için bitki gelişim parametrelerinde azalmalar saptanmaktadır (Yakıt ve Tuna, 2006).

%1,5 ve %2,5 plastik uygulanan karpuz bitkilerinden elde edilen sonuçlara benzer şekilde, Singh ve Singh (2022) tarafından yapılan çalışmada da plastiklerin çemen otunda (*Trigonella foenum-graecum* L.) gövde çapına önemli bir etkisi olmadığı belirlenmiştir. Zhang, Gao, Cai, Liu ve Wang (2022) tütünde (*Nicotiana tabacum* L.) 1000 mg/L düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) plastik uygulamasının gövde çapını azalttığını, diğer konsantrasyonlarda önemli bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir. Zhang ve diğerleri (2024) farklı tip, büyüklük ve konsantrasyonda uyguladıkları plastiklerin mısır bitkisinde artış ve azalışlara neden olduğunu, LDPE'in mısırdaki gövde çapı üzerine önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar bizim bulgularımızı doğrulamaktadır.

Elde edilen sonuçların aksine, Pinto-Poblete, Retamal-Salgado, Zapata, Sierra-Almeida ve Schoebitz (2023), polietilen malçdan elde edilen 2-5 mm boyutlarında plastik uygulanan çilek bitkilerinde 40 gün sonra gövde çapının %37 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Changmai ve diğerleri (2024) de uygulanan PVC plastik konsantrasyonu arttıkça gövde çapının azaldığını tespit etmişlerdir. Bulgulardaki bu farkın, özellikle maruz kalınan süre, plastik tipi ve uygulanan plastik konsantrasyonundan kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ayrıca, bitki türünün ve toprak yetiştirme ortamının içeriğinin farklı olması da katkı sunan etmenlerdir. Literatürde farklı konsantrasyonlarda plastik uygulamalarının farklı sonuçlar vereceği bildirilmiştir (Pan vd., 2024).

Plastik ve tuz birlikte uygulandığında karpuz bitkilerinin gövde çaplarının tek tek uygulamalardakine kıyasla daha da azaldığı görülmektedir. İki stres faktörünün birlikte etkisinin bitkide daha şiddetli bir etkiye neden olduğu, yanıtın da buna bağlı olarak daha belirgin olduğu görülmektedir.

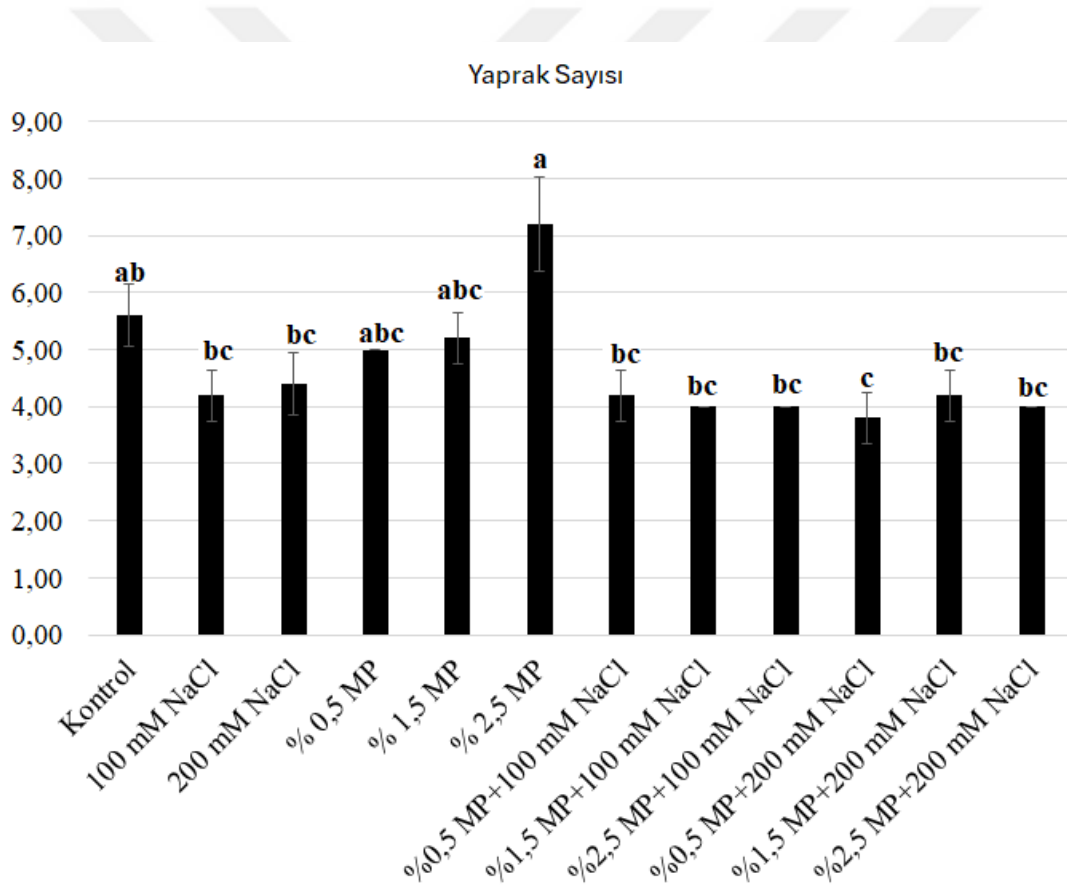
5.2. Yaprak Sayısı

Karpuz bitkilerinde tuz uygulamaları yaprak sayısının azalmasına neden olmuştur. Uygulanan tuz konsantrasyonunun artması, yaprak sayısında önemli bir değişikliğe neden

olmamıştır. Plastik konsantrasyonu arttıkça yaprak sayısının da kademeli olarak arttığı belirlenmiştir.

Plastik uygulanan deney setlerinde 100 ve 200 mM tuz uygulamaları yaprak sayısını önemli oranda azaltmıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz konsantrasyonundaki artış yaprak sayısında önemli bir farklılığa yol açmamıştır.

Karpuz bitkilerinde en çok yaprak oluşumu %2,5 oranında plastik uygulanan deney setinde, en az yaprak oluşumu ise %0,5 plastik+200 mM tuz uygulanan deney setlerinde tespit edilmiştir.



Şekil 5.2. Karpuz bitkilerinde yaprak sayısının deney setlerine göre değişimi

Tuz stresinin karpuz bitkisinde kontrol grubuna kıyasla hafif bir azalma ile birlikte esasında önemli değişime neden olmadığı belirlenmiştir.

Zhang ve diğerleri (2022) farklı konsantrasyonda mikroplastik uygulamalarının tütünde (*Nicotiana tabacum* L.) yaprak sayısında önemli bir değişikliğe neden olmadığını

bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Colzi ve diğerleri (2022) salatalıkta (*Cucurbita pepo* L.) polietilen mikroplastik uygulamasının yaprak sayısını değiştirmedeğini ifade etmişlerdir. Bu sonuçlar çalışmadan elde ettiğimiz sonuçları doğrulamaktadır.

Yaprak sayısında değişimin olmaması, araştırmanın sürdürüldüğü 21 günlük erken gelişim periyodunda, uygulanan plastik konsantrasyonlarının karpuz bitkilerinde yaprak sayısında kontrol grubuna kıyasla önemli bir değişiklik oluşturmadığını göstermektedir. Bu sonuçlar, fide gelişimi üç yapraklı safhaya ulaştığında plastik kirliliği ve tuz stresine maruz bırakıldıkları için belirli bir gelişim kat eden karpuz bitkilerinde bu kadar kısa sürede yaprak sayısında hızlı bir değişimle yanıt verilmemiş olabileceğini düşündürmektedir.

Plastik ve tuz ayrı ayrı uygulandığında yaprak sayısında kontrol grubuna kıyasla önemli bir değişiklik olmazken, plastik ve tuz birlikte uygulandığında yaprak sayısı belirgin biçimde azalmıştır. Bu durum, plastik ve tuz stresinin kombine etkisinin bitkide daha etkin bir yanıt oluşturduğunu göstermektedir.

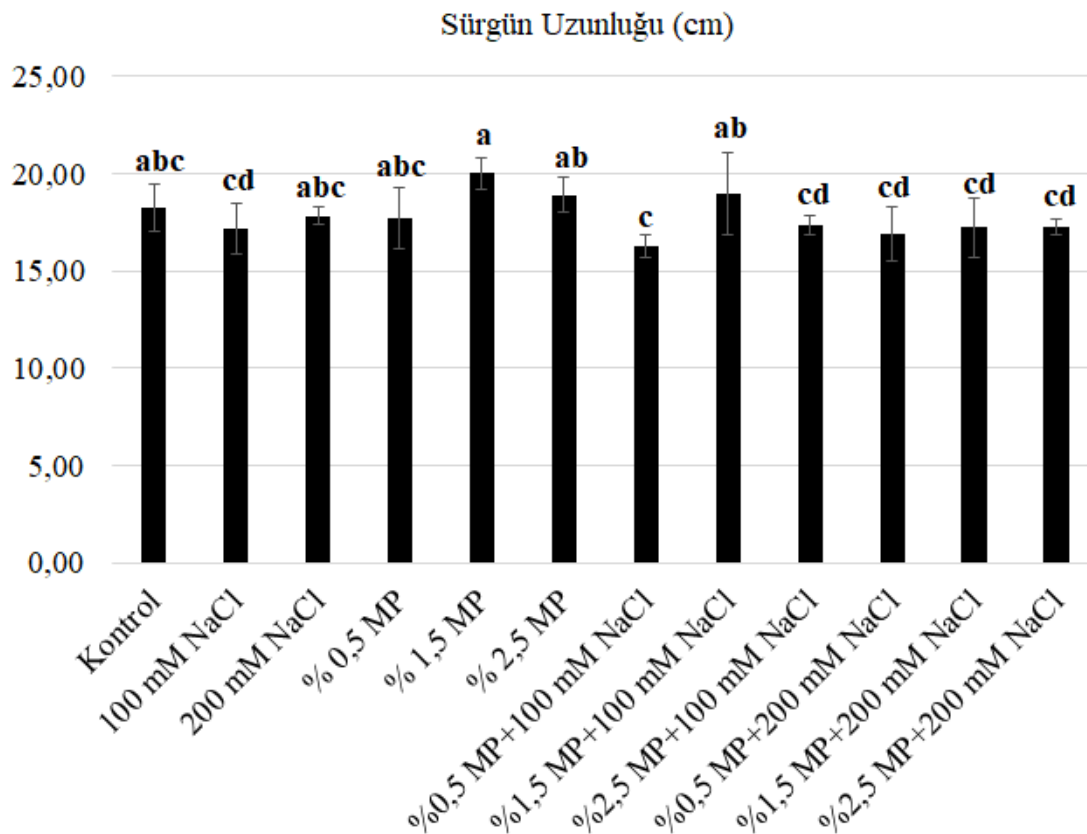
5.3. Sürgün Uzunluğu

Karpuz bitkilerinde tuz uygulamaları sürgün uzunluğunu bir miktar düşürmekle birlikte, tuz konsantrasyonunun artışına bağlı olarak herhangi bir önemli varyasyon oluşmamıştır. Plastik uygulamaları kontrol grubuna kıyasla sürgün uzunluğunda önemli bir değişime yol açmamıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz ilavesi sürgün uzunluğunu bir miktar azaltmıştır. 100 mM tuz uygulamalarında plastik konsantrasyonuna bağlı olarak önemli bir artış olduğu gözlemlenmiştir. 200 mM tuz uygulamalarında plastik konsantrasyonunun artırılması herhangi bir farklılığa yol açmamıştır. Sürgün uzunluğu en fazla %1,5 plastik uygulanan karpuz bitkilerinde, en düşük %0,5+100 mM uygulamalarında ölçülmüştür.

Tuz stresi sürgün uzunluğunda hafif bir azalmaya neden olsa da belirgin bir değişim söz konusu değildir. Benzer şekilde plastik kirliliği de küçük bir artışa yol açmış ama önemli bir varyasyona neden olmamıştır. Kombine uygulamalarda da kontrol grubuna kıyasla azalma daha belirgin olsa da istatistiksel olarak önemli değildir. Bununla birlikte, sürgün uzunluğunda gözlenen plastik uygulamasına bağlı artış tuz ilavesiyle sürgün uzunluğunun önemli ölçüde azalmasına yol açmıştır. Bu durum toprakta plastik varlığının toprak

gözenekliliği ve su tutulumunu iyileştirme etkisinin tuz ilavesi ile zayıfladığını göstermektedir.

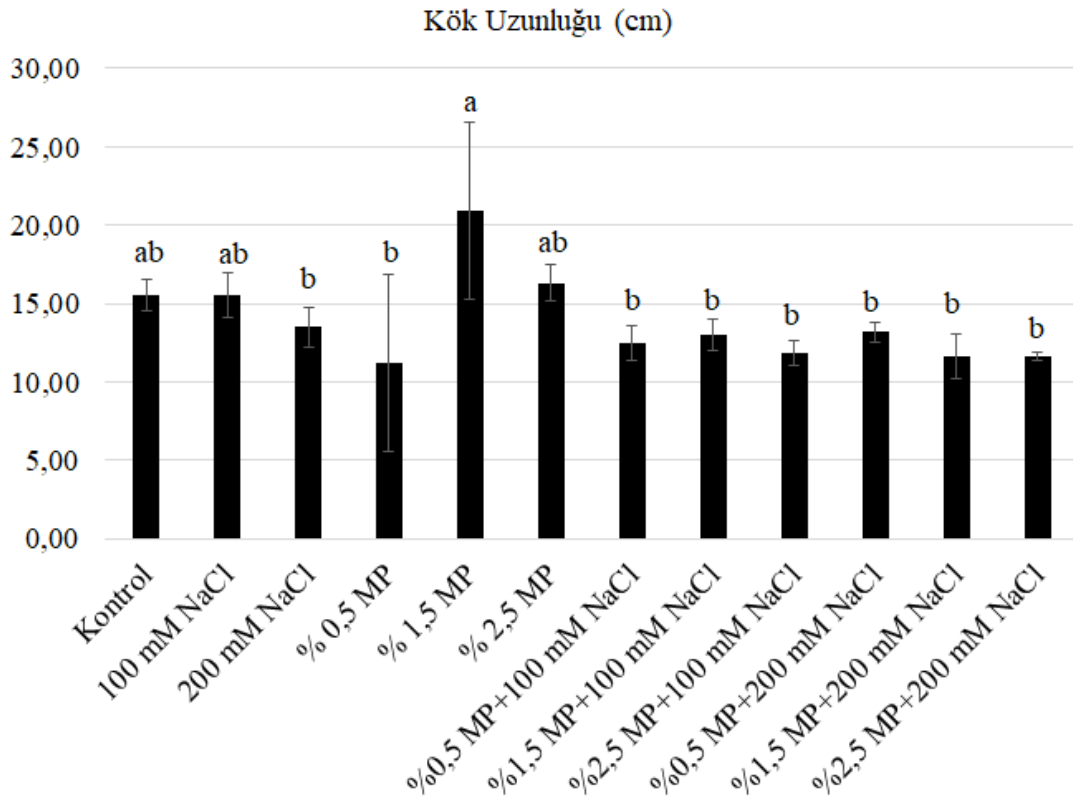
Çağırğan (2015) yapmış olduğu çalışma ile tuz stresinin karpuz bitkilerinde bitki boyunu azalttığını bildirmiştir. Yakıt ve Tuna (2006) ve Yaşar ve Yaşar (2022) tarafından yapılan çalışmalar da tuz stresinin bitki boyunu azalttığını bildirmektedir. Tuz stresinin bitkilerin tolerans durumlarına, tuzluluğa maruz kalma süresine göre değişmekle birlikte genellikle bitki gelişimini olumsuz etkilediği bilinmektedir (Irshad, Yamamota, Enerji, Endo ve Hona, 2002; Yaşar ve Yaşar, 2022). Sahasa ve diğerleri (2023), mikroplastik uygulanan bitkilerde sürgün uzunluğunun kontrol grubuna benzer bazı konsantrasyonlarda ise bir miktar kısa olduğunu belirtmişlerdir. Zang ve diğerleri (2022) tarafından yapılan bir çalışmada ise, mikroplastik varlığının 1000 mg/L konsantrasyona maruz bırakılanlar hariç diğer konsantrasyonlarda sürgün uzunluğunu kontrol grubuna göre değiştirmede ifade edilmiştir. Singh ve Singh (2022), yaptıkları çalışma sonucunda mikroplastik uygulamalarının bitki boyunu artırdığını bildirmişlerdir. Bu bulguların tümü araştırmadan elde ettiğimiz sonuçlar ile uyumludur.



Şekil 5.3. Karpuz bitkilerinde sürgün uzunluğunun deney setlerine göre değişimi

5.4. Kök Uzunluğu

100 mM tuz uygulaması karpuz bitkilerinde kontrol grubuna kıyasla kök uzunluğunda bir değişime yol açmazken; 200 mM tuz uygulaması kök uzunluğunu bir miktar azaltmıştır. Benzer şekilde plastik uygulamaları da kök uzunluğunda önemli bir değişime neden olmamıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz ilavesi kök uzunluğunu azaltmıştır. Tuz konsantrasyonunun artırılması kök uzunluğunda önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Plastik ve tuz uygulamalarının tamamı kontrol grubuna kıyasla kök uzunluğunda önemli bir varyasyon ortaya çıkarmamıştır. Kök uzunluğu en fazla %1,5 oranında plastik uygulanan deney setinde ölçülürken, en düşük kök uzunluğu %0,5 oranında plastik içeren deney setinde ölçülmüştür.



Şekil 5.4. Karpuz bitkilerinde kök uzunluğunun deney setlerine göre değişimi

Tuz stresi ve %0,5 plastik uygulaması kök uzunluğunu azaltmıştır. %1,5 ve %2,5 plastik uygulaması da artışa neden olmuştur; ancak her iki durum da kontrol grubunda ölçülen değerlere benzerdir. Artış ve azalışların istatistiksel olarak önemli olmayışı karpuz bitkilerinin bu stres faktörlerine maruziyet süresi ile ilişkili olabilir. Süre uzadıkça bu farklılıkların daha belirgin hale gelebileceği düşünülmektedir. Kombine plastik ve tuz

uygulamaları ise kontrol grubuna benzer ama bir miktar daha kısa kök uzunluğuna neden olmuştur. Tuz konsantrasyonundaki artış kök uzunluğunda önemli değişime neden olmamıştır ki bu da uygulanan 200 mM tuz stresinin oluşan yanıtın şiddetini değiştirmediğini göstermektedir.

(Yılmaz ve Çiftçi, 2021) yer fıstığında (*Arachis hypogaea* L.) tuz stresinin kök uzunluğunu azalttığını bildirmiştir. (Urbina, Correa, Aburto ve Ferrio, 2020), PE mikroplastik uygulamasının kök gelişimini olumsuz etkilediğini bildirmişlerdir (Colzi ve diğerleri, 2022), mikroplastik uygulamalarının domates bitkisinde kök uzunluğu üzerine önemli bir etkisinin olmadığını ifade etmişlerdir. (Sahasa ve diğerleri, 2023), %0,5 polietilen mikroplastik uygulamasının, karpuz bitkisinde %0,5 mikroplastik uygulamalarında elde ettiğimiz sonuçlara benzer şekilde kök uzunluğunu azalttığını; domates bitkisinde ise karpuzda %1,5 ve %2,5 mikroplastik uygulamalarında tespit ettiğimiz gibi kök uzunluğu üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Kombine mikroplastik ve tuz uygulamalarında kök uzunluğu bir miktar kısa olmakla birlikte, kontrol grubu ve ayrı ayrı mikroplastik ve tuz uygulamalarında ölçülene benzer değerler göstermiştir.

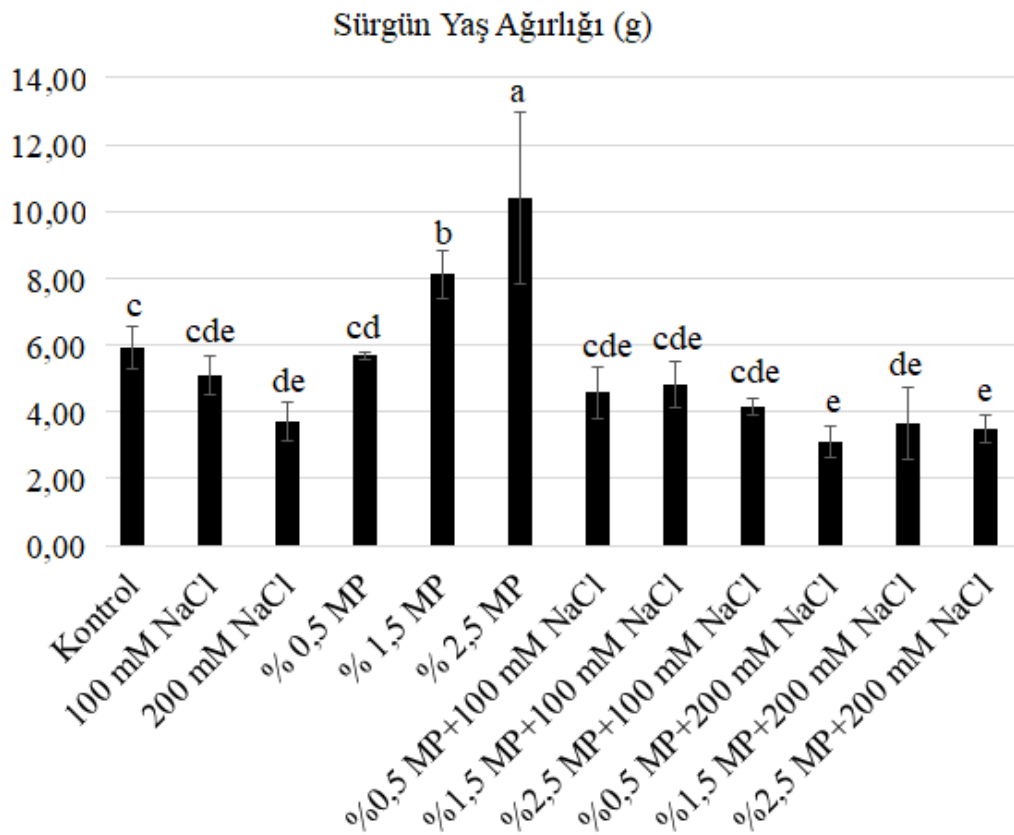
5.5. Sürgün Yaş Ağırlığı

Karpuz bitkilerinde tuz uygulamaları sürgün yaş ağırlığını önemli oranda düşürmüştür. Tuz konsantrasyonu artırıldıkça, sürgün yaş ağırlığı da kademeli olarak azalmıştır. Plastik uygulamaları sürgün yaş ağırlığını bariz biçimde artırmıştır. Plastik konsantrasyonundaki artış, sürgün yaş ağırlığının da kademeli olarak artmasına neden olmuştur. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz ilavesi plastik içeren deney setlerinde karpuz bitkilerinin sürgün yaş ağırlığının azalmasına yol açmıştır. Bununla birlikte, 100 ve 200 mM tuz uygulamalarında sürgün yaş ağırlığı plastik ilavesine bağlı olarak önemli bir değişim göstermemiştir. En yüksek sürgün yaş ağırlığı değerleri %2,5 oranında plastik içeren deney setlerinde ölçülürken; en düşük sürgün yaş ağırlığı %0,5 MP+200 mM tuz uygulamasında ölçülmüştür.

Karpuz için elde ettiğimiz sonuçlara benzer olarak, Çağırğan (2015) ve Seymen ve diğerleri (2016) de yapmış oldukları çalışmalarda tuz stresinin karpuz bitkilerinde sürgün yaş ağırlığını önemli ölçüde azalttığını bildirmiştir. Colzi ve diğerleri (2022)'nin yaptıkları çalışmada PE mikroplastığın, test edilen tüm konsantrasyonlarda salatalık bitkisinde sürgün

yaş ağırlığını etkilemediği ifade edilmiştir. Bao ve diğerleri (2025), polilaktik asit (PLA) plastik uygulamalarının mısır bitkisinde sürgün yaş ağırlığı artırdığını bildirmişlerdir.

Kombine plastik ve tuz uygulamalarında plastik bulunan deney setlerine tuz ilavesinin sürgün yaş ağırlığı önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Bu durumun plastiklerin toprakta su alımını kolaylaştırıcı etkisiyle sürgün yaş ağırlığında neden olduğu artışın tuz uygulamalarına bağlı fizyolojik kuraklık nedeniyle suyun alımının sınırlandırılmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

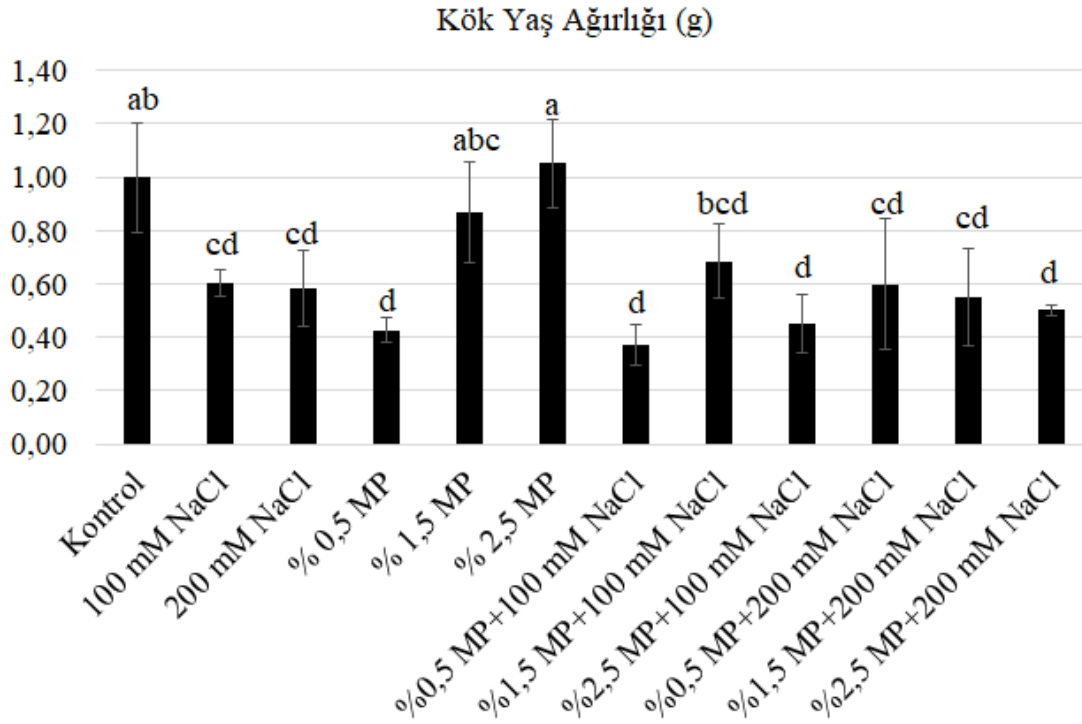


Şekil 5.5. Karpuz bitkilerinde sürgün yaş ağırlığının deney setlerine göre değişimi

5.6. Kök Yaş Ağırlığı

Karpuz bitkilerinde tuz uygulamaları kök yaş ağırlığında önemli oranda azalmaya neden olmuştur; ancak tuz konsantrasyonunun 100 mM'dan 200 mM'a çıkarılması herhangi bir fark yaratmamıştır. Plastik uygulamalarında, %0,5 oranında plastik uygulaması kök yaş ağırlığının önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur. Plastik konsantrasyonu arttıkça kök yaş ağırlığının artarak kontrol grubuna yakın bir değere ulaştığı görülmektedir. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz ilavesi %1,5 ve %2,5 plastik içeren deney setlerinde kök

yaş ağırlığında düşüşe neden olmuştur. Tuz konsantrasyonunun artırılması önemli bir değişime yol açmamıştır. 100 ve 200 mM tuz uygulamaları benzer trend oluşumuna neden olmuştur. En yüksek kök yaş ağırlığı değerleri, %2,5 plastik içeren deney setlerinde; en düşük kök yaş ağırlığı ise %0,5 MP+100 mM tuz içeren saksılarda yetişen karpuz bitkilerinde ölçülmüştür.



Şekil 5.6. Karpuz bitkilerinde kök yaş ağırlığının deney setlerine göre değişimi

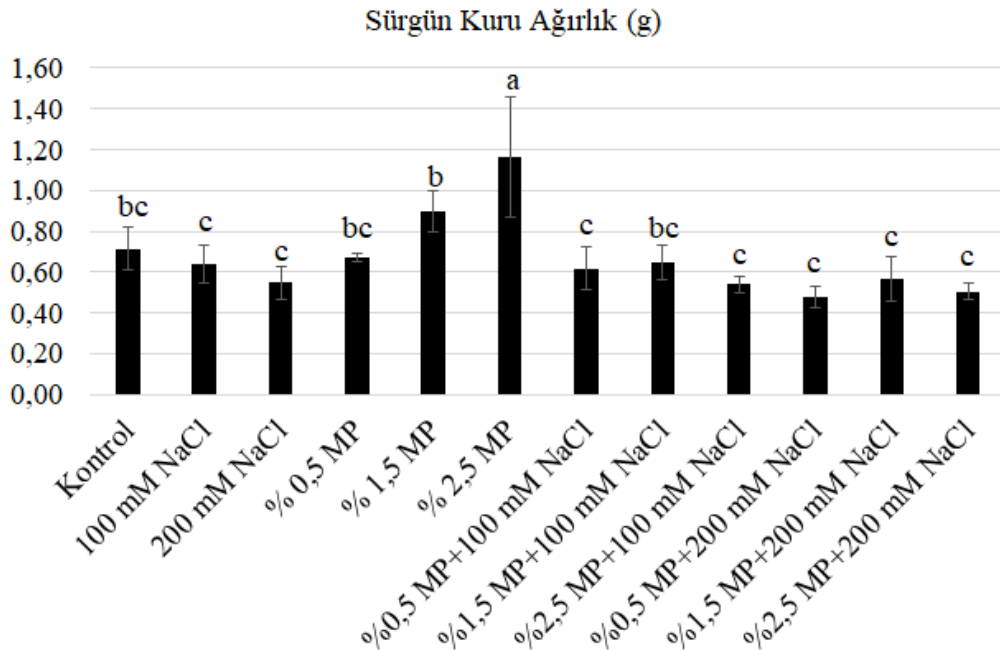
Tuz uygulamaları ve %0,5 plastik uygulaması muhtemelen kökler tarafından su alımını sınırladığı için kök yaş ağırlığında önemli düşüşe neden olmuştur. %1,5 ve %2,5 plastik uygulamalarının kontrol grubuna benzer sonuçlar vermesinin nedeninin ise toprakta kanallar oluşturarak ve yüzey alanları sayesinde topraktaki su tutulumunu artırmasından kaynaklı olabileceği düşüncesindeyiz. Düşük konsantrasyondaki plastikler ise topraktaki gözeneklerin kapanmasına neden olarak su alımını kısıtlamış olabilir. Kombine uygulamalar kök yaş ağırlığındaki azalmayı özellikle %1,5 ve %2,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen bitkilerde tuz ilavesine bağlı olarak şiddetlendirmiştir.

(Seymen ve diğerleri, 2016) farklı karpuz genotiplerinde tuz stresinin kök yaş ağırlığını azalttığını bildirmişlerdir (Bao ve diğerleri, 2025), mısır bitkisinde plastik uygulamalarının, karpuz bitkisinde %1,5 ve %2,5 plastik uygulamalarında elde ettiğimiz sonuçlara benzer

şekilde kök yaş ağırlığını etkilemediğini bildirmişlerdir. (Colzi ve diğerleri, 2022) de PE mikroplastığın, test edilen tüm konsantrasyonlarda salatalık bitkisinde kök yaş ağırlığını etkilemediği ifade etmişlerdir (Zhang ve diğerleri, 2022) tarafından tütünde yapılan çalışmada da, 100 ve 1000 mg/L konsantrasyonlarda %0,5 plastik içeren saksılarda yetişen karpuz bitkilerinde olduğu gibi kök yaş ağırlığında azalma olduğu belirlenmiştir.

5.7. Sürgün Kuru Ağırlığı

Tuz uygulamaları karpuz bitkilerinin sürgün kuru ağırlığında düşüşe neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu artırılınca, sürgün kuru ağırlık değerleri de kademeli olarak azalmıştır. Bunun aksine plastik uygulamaları sürgün kuru ağırlıkta artışa yol açmıştır. İlave edilen plastik konsantrasyonu arttıkça sürgün kuru ağırlık değerleri de benzer şekilde bir trend göstererek artmıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz ilavesi, plastik içeren saksılarda yetişen karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığın azalmasına neden olmuştur. Tuz konsantrasyonundaki artış kombine uygulamalarda sürgün kuru ağırlığını önemli ölçüde değiştirmemiştir. Yine kombine uygulamalarda 100 ve 200 mM tuz ilave edilen saksılarda plastik konsantrasyonunun değişmesi belirgin bir varyasyona yol açmamıştır. En yüksek sürgün kuru ağırlık değerleri %2,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde, en düşük değerler ise %0,5+200 mM tuz içeren saksılarda yetiştirilen bitkilerde ölçülmüştür.



Şekil 5.7. Karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığının deney setlerine göre değişimi

(Çağırğan, 2015) tuz stresinin karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığını azalttığını bildirmiştir. (Seymen ve diğerleri, 2016) farklı karpuz genotiplerinde tuz stresinin sürgün kuru ağırlığını kontrole göre ortalama %19,69 oranında azalttığını bulmuşlardır. (Van Weert, Redondo-Hasselerharm, Diepens ve Koelmans, 2019) tarafından makrofitlerde yapılan çalışmada da plastik uygulamaları ile sürgün kuru ağırlığında karpuz için elde ettiğimiz sonuçlara benzer bulgular elde edilmiş ve sürgün kuru ağırlığı plastik varlığında artış göstermiştir. (Jiang ve diğerlerinin, 2024) pirinçte yapmış oldukları çalışmada, mikroplastik uygulamaları kontrol grubuna benzer sonuçlar vermişlerdir. Bu çalışmada karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığı mikroplastik konsantrasyonundaki artışa paralel olarak artmıştır. Sürgün biyomasındaki bu artış mikroplastik varlığında fotosentez oranının ve primer üretimin de arttığını göstermektedir. Fotosentez miktarının artmasına neden olan değişimin, toprakta bulunan mikroplastiklerin su ve suda çözünmüş minerallerin bitkiler tarafından alımını kolaylaştırmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Kombine plastik ve tuz uygulamalarının karpuz bitkilerinde sürgün kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığı görülmektedir. Plastiklerin topraktan besin elementi ve su alımını kolaylaştırma bağlamında yaptığı düşünülen iyileştirmenin, tuz ilavesine bağlı olarak ortaya çıkan stres nedeniyle biyoması azalttığı görülmektedir.

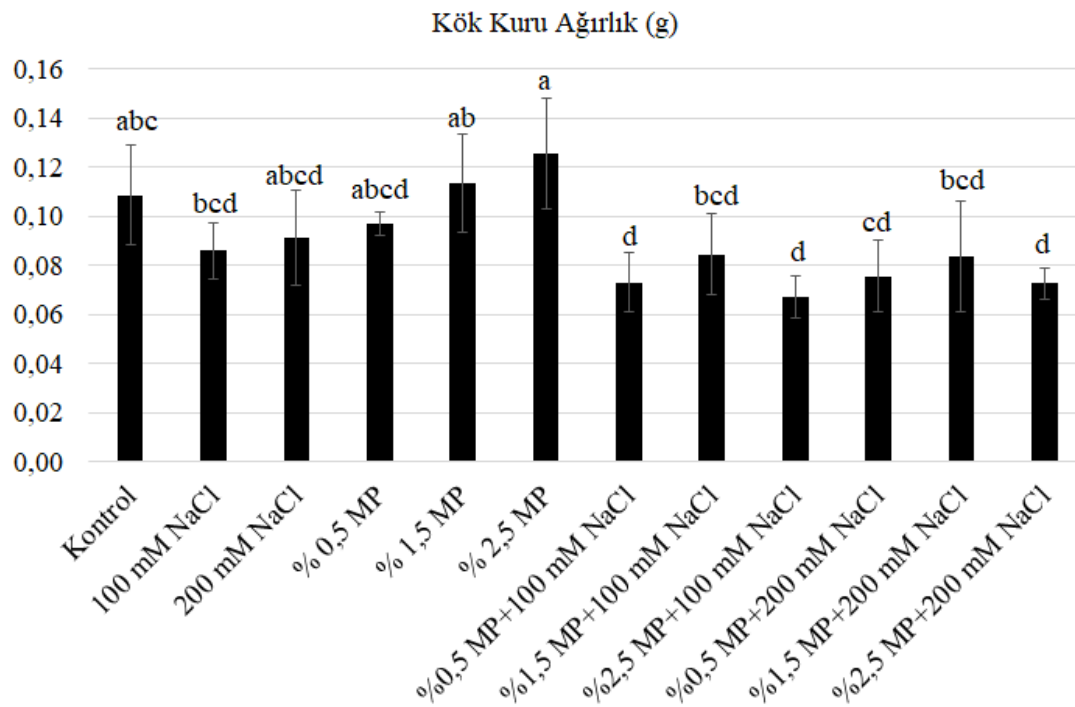
5.8. Kök Kuru Ağırlığı

Tuz uygulamaları karpuz bitkilerinin kök kuru ağırlık değerlerinde düşüşe neden olmuştur. Tuz konsantrasyonunun artırılması önemli bir fark meydana getirmemiştir. Plastik uygulamaları kök kuru ağırlığını uygulanan plastik konsantrasyonuna bağlı olarak kademeli biçimde artırmıştır; ancak ölçülen sonuçlar trendin kontrol grubu ile benzer olduğunu göstermektedir. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında, plastik içeren saksılara tuz ilavesi kök kuru ağırlığında düşüş ile sonuçlanmıştır. Kombine uygulamalarda tuz konsantrasyonundaki artış belirgin bir farklılığa neden olmamıştır ve 100 mM ve 200 mM tuz uygulanan deney setlerinde benzer trend gözlemlenmiştir. En yüksek kök kuru ağırlık değerleri %2,5 plastik uygulanan deney setinde ölçülürken; en düşük değerler %2,5+ 100 mM tuz uygulanan bitkilerde ölçülmüştür.

(Seymen ve diğerleri, 2016) yapmış oldukları çalışma ile farklı karpuz genotiplerinde tuz stresinin kök kuru ağırlığını önemli ölçüde azalttığını bildirmişlerdir. Karpuz bitkilerinde de

tuz uygulamaları kök kuru ağırlığı azaltmıştır ama bu azalma istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Plastik uygulamalarının ise kök kuru ağırlığında önemli olmamakla birlikte bir miktar artışa neden olduğu görülmektedir. Bu artışın plastiklerin bitkilerin topraktan besin elementi ve su alımını kolaylaştırıcı etkileri sayesinde olduğu düşünülmektedir. van Weert, Redondo-Hasselerharm, Diepens ve Koelmans (2019) tarafından makrofitlerde yapılan çalışmada da mikropplastik uygulamaları ile sürgün kuru ağırlığında karpuz için elde ettiğimiz sonuçlara benzer bulgular elde edilmiştir.

Kombine plastik ve tuz uygulamalarında, plastik bulunan saksılara tuz ilavesi kök kuru ağırlığında önemli oranda azalmaya neden olmuştur. Bu azalışın tuz stresine bağlı olarak ortaya çıkan osmotik stresten kaynaklandığı bunun da kök biyomasında azalmaya yol açtığı düşünülmektedir (Çağırğan, 2015).

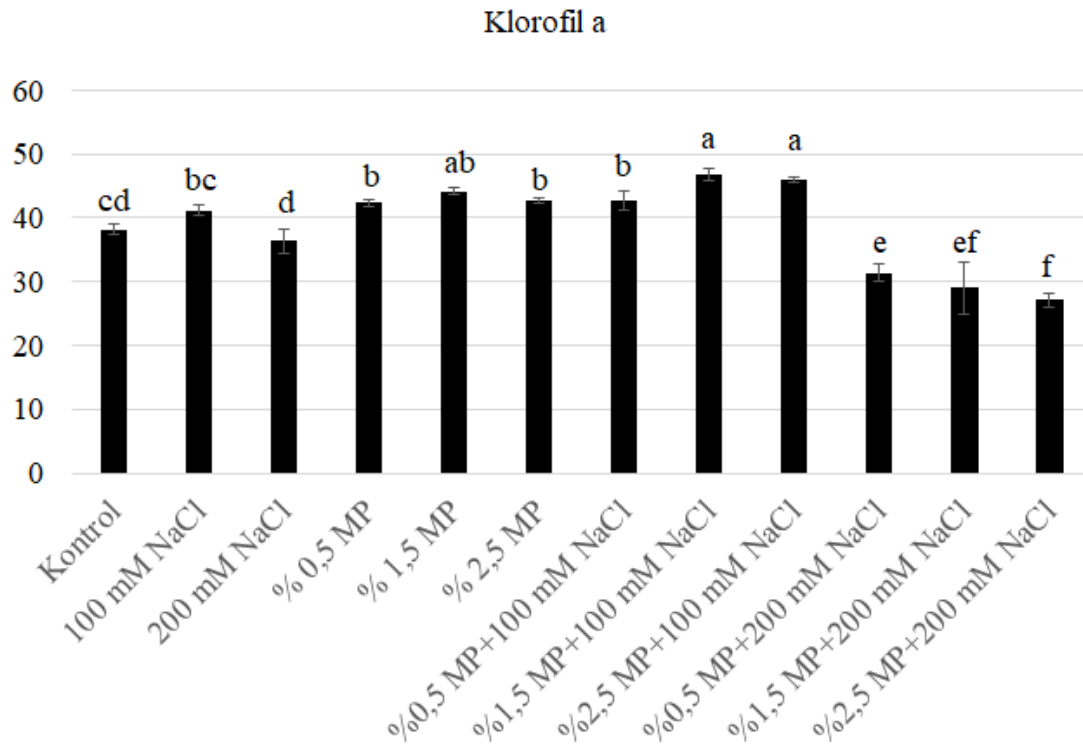


Şekil 5.8. Karpuz bitkilerinde kök kuru ağırlığının deney setlerine göre değişimi

5.9. Klorofil a

Karpuz bitkilerinde tuz uygulamaları klorofil a değerlerinde önemli bir farklılığa yol açmamıştır. Plastik uygulamaları klorofil a miktarını artırmıştır. Plastik konsantrasyonunun değişmesi, herhangi bir önemli etki oluşturmamıştır. Kombine plastik ve 100 mM tuz

uygulamaları klorofil a değerinin belirgin biçimde artmasına neden olmuştur. Tuz konsantrasyonunun 200 mM'a çıkarılması klorofil a değerlerinin düşmesine yol açmıştır. 200 mM tuz uygulanan saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde plastik konsantrasyonu arttıkça klorofil a değerinin de düştüğü belirlenmiştir. En yüksek klorofil a miktarı %1,5 MP+ 100 mM tuz uygulanan saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde ölçülürken; en düşük değer %2,5 MP+200 mM tuz uygulanan deney setinde ölçülmüştür.



Şekil 5.9. Karpuz bitkilerinde klorofil a miktarlarının deney setlerine göre değişimi

Tuz stresinin bitkilerde klorofil miktarını azalttığı bildirilmiştir (Parida ve Das, 2005; Çağırğan, 2015). Karpuz bitkisinden elde ettiğimiz sonuçlara göre 200 mM tuz uygulamalarında gözlenen bir miktar azalmayla birlikte, klorofil a miktarı kontrol grubuna kıyasla önemli bir değişiklik göstermemiştir. Plastik uygulamaları karpuz bitkilerinde artışa neden olmuştur. Zong ve diğerleri. (2021), klorofil miktarının mikroplastik uygulamalarına bağlı olarak önemli ölçüde değişmediğini bildirmişlerdir. *Lepidium sativum* bitkisinde klorofil a'nın mikroplastik uygulamasına bağlı olarak %47,74 oranında arttığı bildirilmiştir (Pignattelli, Broccoli, Piccardo, Terlizzi ve Renzi, 2021; Wang vd., 2023). Polietilen tereftalatın (PET), klorofil a seviyelerini %66,26 oranında önemli ölçüde artırdığını ifade etmişlerdir. Bulgular karpuz için elde ettiğimiz sonuçlar ile uyum içerisindedir. Bunun yanında plastik uygulamalarının klorofil a içeriğini azalttığını bildiren çalışmalar da vardır

(Okeke et al., 2022). Araştırma sonuçlarındaki bu farklılığın bitki ve plastik türüne, plastiklerin büyüklüğü ve konsantrasyonuna, uygulama süresine ve ekolojik koşullara göre değiştiği düşünülmektedir.

Kombine plastik uygulamalarında, plastik bulunan ortama 100mM tuz ilavesi klorofil a miktarını kontrol grubuna kıyasla artırırken, yalnız plastik uygulanan saksılarda yetişen karpuz bitkilerinden elde edilen sonuçlara benzer sonuçlara neden olmuştur. Buna karşın, plastik içeren saksılarda tuz konsantrasyonunun 200 mM'a çıkarılması klorofil a miktarını tüm deney setlerine kıyasla önemli ölçüde azaltmıştır. Tuz stresine bağlı etkilerin daha baskın bir rol oynadığı görülmektedir. Klorofil miktarı fotosentez ile direkt ilişkili olduğu için fotosentez miktarı ve primer üretimdeki değişim de klorofil içeriği ile benzer şekilde yorumlanabilir. Yani 200 mM tuz ve plastik uygulamalarında fotosentez miktarının da azaldığını ifade edebiliriz.

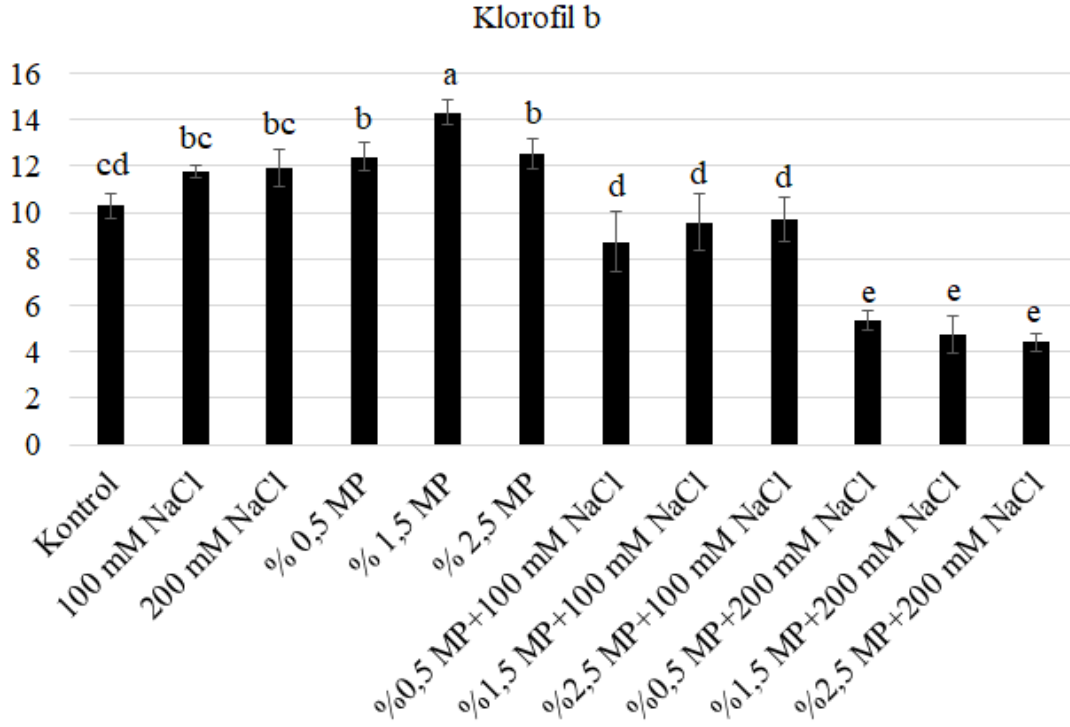
5.10. Klorofil b

Tuz uygulamaları karpuz bitkilerinde klorofil b miktarının artmasına neden olmuştur. Tuz konsantrasyonu arttıkça klorofil b miktarları da kademeli olarak artış göstermiştir. Plastik uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla klorofil b miktarında artışa neden olmuştur. Genel bir artış trendi ile birlikte klorofil miktarını en fazla artıran %1,5 plastik uygulaması olmuştur. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz konsantrasyonu arttıkça ters orantılı olarak klorofil b miktarının önemli ölçüde azaldığı tespit edilmiştir. Tuz konsantrasyonu 100 mM'dan 200 mM'a yükseltildiğinde klorofil b miktarının da azaldığı görülmüştür. Yine kombine plastik ve tuz uygulamalarında plastik ilavesi klorofil b miktarını azaltmıştır; ancak 100 mM ve 200 mM tuz uygulamalarında plastik miktarındaki artış klorofil b miktarı üzerinde önemli bir etki oluşturmamıştır. Karpuz bitkilerinde en yüksek klorofil b miktarı %1,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde ölçülürken; en düşük klorofil b miktarı %2,5 MP+200 mM tuz uygulanan bitkilerde ölçülmüştür.

Tuz stresi nedeniyle klorofil b miktarı bir miktar artış gösterse de istatistiksel olarak önemli değildir. Plastik uygulaması klorofil a'da olduğu gibi klorofil b miktarında da artışa neden olmuştur. Klorofil b miktarındaki artışın, plastik varlığı nedeniyle toprak yapısındaki değişmelerden kaynaklandığı düşünülmektedir. Plastikler toprakta pek çok özelliğin değişmesine neden olabileceği için bu artışın net sebebini söylemek güçtür. (Wang ve

diğerleri, 2023) polietilen tereftalatın (PET), klorofil b seviyesini %69,71 oranında artırdığını, *Lepidium sativum* bitkisinde, klorofil b'de %47,74 oranında önemli bir artışa neden olduğunu bildirmişlerdir (Pignattelli vd., 2021; Wang vd., 2023).

%0,5, %1,5 ve %2,5 oranlarında plastik bulunan saksılara 100 mM ve 200 mM tuz ilavesi klorofil b miktarını ters orantılı biçimde azaltmıştır. 100 mM tuz uygulaması kontrol grubuna benzer sonuçlara neden olurken, 200 mM tuz uygulaması klorofil b miktarını tüm deney setlerine oranla önemli ölçüde azaltmıştır. Bu azalışlar dikkate alındığında klorofil b miktarındaki değişimin daha çok osmotik stresten kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

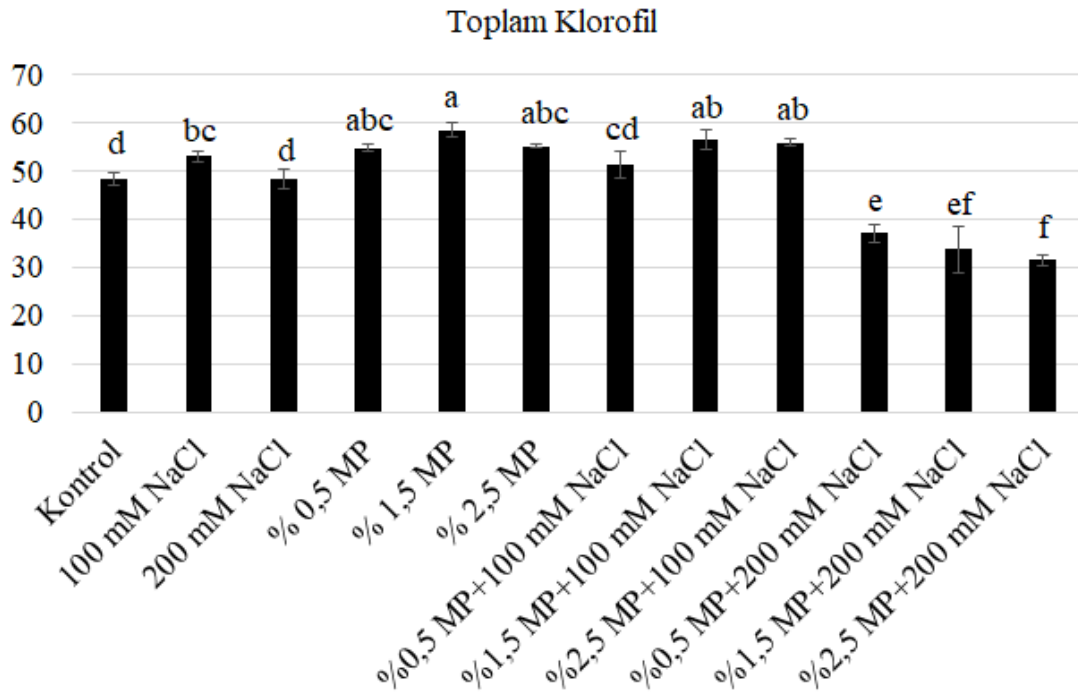


Şekil 5.10. Karpuz bitkilerinde klorofil b miktarlarının deney setlerine göre değişimi

5.11. Toplam Klorofil

100 mM tuz uygulaması toplam klorofil miktarında kontrol grubuna kıyasla artışa neden olmuştur, 200 mM tuz uygulaması ise kontrol grubuna yakın bir trend oluşturmuştur. Plastik uygulamaları toplam klorofil miktarını artırmıştır. Plastik konsantrasyonundaki değişim önemli bir farklılığa yol açmamıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında, plastik içeren saksılara 100 mM tuz ilavesi önemli bir değişikliğe neden olmazken; 200 mM tuz ilavesi toplam klorofil miktarının önemli ölçüde düşmesine neden olmuştur. 100 mM tuz uygulanan

saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde plastik konsantrasyonunun artışına bağlı olarak toplam klorofil miktarı artarken; 200 mM tuz uygulamalarında plastik konsantrasyonu arttıkça toplam klorofil miktarı kademeli olarak azalmıştır. En yüksek toplam klorofil miktarı %1,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde ölçülürken; en düşük toplam klorofil miktarı %2,5+200 mM tuz uygulanan deney setinde ölçülmüştür.



Şekil 5.11. Karpuz bitkilerinde toplam klorofil miktarlarının deney setlerine göre değişimi

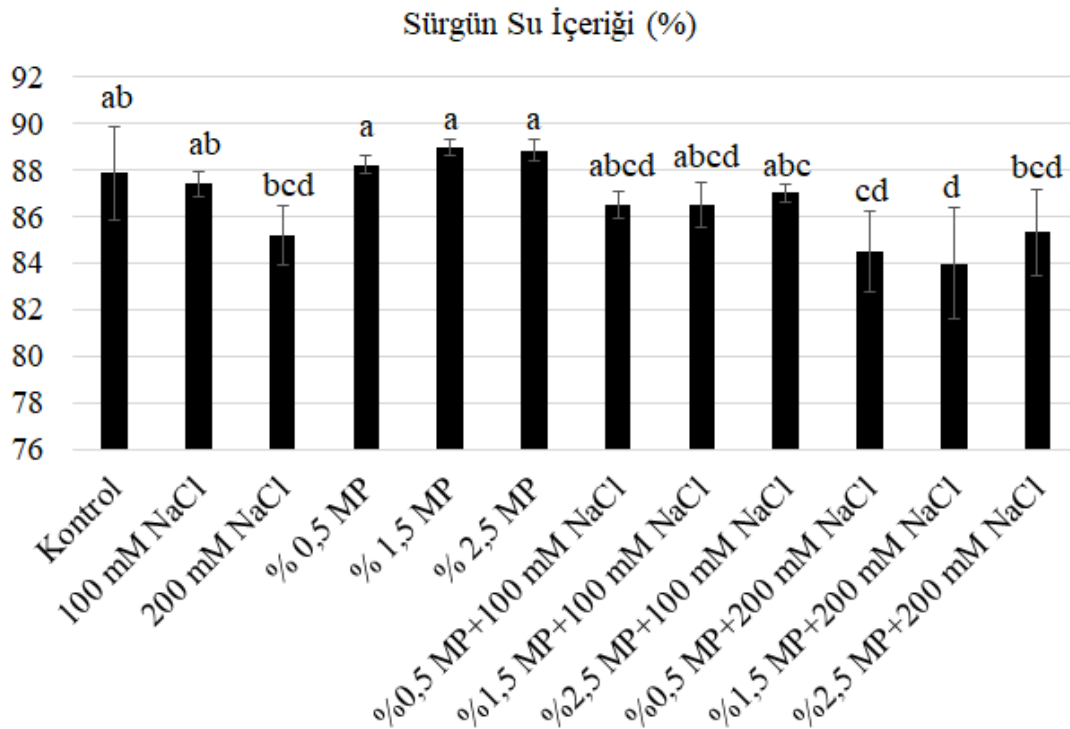
100 mM tuz uygulaması toplam klorofil miktarını bir miktar artırmıştır. Bu artışın klorofil a miktarındaki artıştan kaynaklandığı görülmektedir. Plastik uygulamaları toplam klorofil miktarını artırmıştır. Benzer şekilde (Wang ve diğerleri, 2023) tarafından polietilen tereftalatın (PET), *Lepidium sativum* bitkisinde, toplam klorofil miktarını %21,70 oranında artırdığı bildirilmiştir (Pignattelli vd., 2021; Wang vd., 2023).

Kombine plastik ve tuz uygulamalarında 100 mM tuz ilavesi yalnız plastik uygulanan deney setlerine göre önemli bir değişikliğe yol açmazken kontrol grubuna göre yüksektir. 200 mM tuz uygulaması ise tüm deney setlerine göre önemli düşüşe neden olmuştur. Bu durum, karpuz bitkilerinin tuz stresini bir dereceye kadar tolere edebildiğini ancak tuz konsantrasyonu artınca osmotik strese bağlı olarak klorofil içeriğini azalttığını

göstermektedir. Toplam klorofil içeriğindeki değişim fotosentez miktarındaki değişim hakkında da fikir vermektedir.

5.12. Sürgün Su İçeriği

Tuz uygulamalarının karpuz bitkilerinde sürgün su içeriğini tuz konsantrasyonuna bağlı olarak kademeli bir şekilde azalttığı belirlenmiştir. Plastik uygulamaları sürgün su içeriğini bir miktar artırmış ancak kontrol grubuna kıyasla önemli bir farklılığa yol açmamıştır. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında tuz konsantrasyonu arttıkça sürgün su içeriği kademeli biçimde azalmıştır. 100 mM ve 200 mM tuz uygulamalarında ise plastik konsantrasyonunun artması önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Plastik ve tuz uygulamaları sürgün su içeriğinde farklı trendlerin oluşmasına neden olmuştur. En yüksek sürgün su içeriği %1,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde hesaplanmıştır. En düşük sürgün su içeriği ise %1,5+200 mM tuz içeren saksılarda yetiştirilen bitkilerde belirlenmiştir.



Şekil 5.12. Karpuz bitkilerinde sürgün su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi

Tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak bitkinin fizyolojik kuraklık nedeniyle osmotik strese girdiği ve sürgün su içeriğinin azaldığı açıkça görülmektedir. Plastik uygulamaları ise

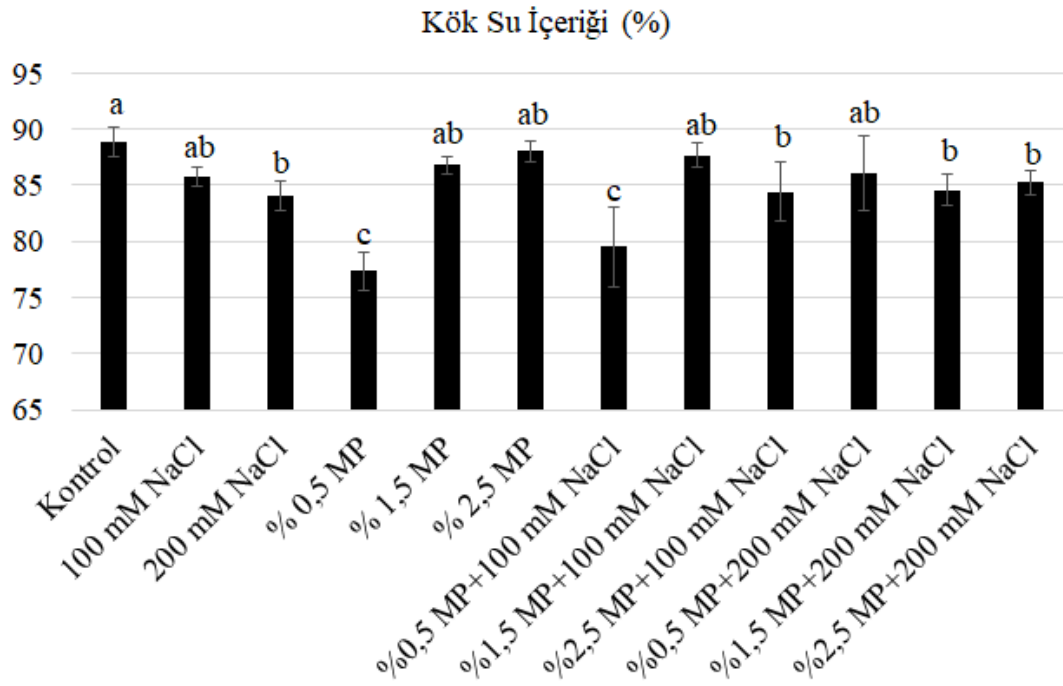
kontrol grubuna benzer olmakla birlikte bir miktar artışa neden olmuştur. Bu durum, diğer parametrelerde plastik uygulamalarına bağlı olarak gözlenen artışın ya da azalışın direkt su içeriği ile ilişkili olmayabileceğini yüksek ihtimalle bitkinin topraktan besin elementi alımındaki değişikliklerden kaynaklandığını göstermektedir. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında beklenen şekilde tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak karpuz bitkilerinin sürgün su içeriği azalmıştır.

5.13. Kök Su İçeriği

Tuz uygulamaları karpuz bitkisinde kök su içeriğini belirgin biçimde azaltmıştır. Tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak kök su içeriği kademeli biçimde azalmıştır. Plastik uygulamalarında %0,5 plastik uygulaması kök su içeriğinde önemli bir düşüşe neden olmuştur. Plastik konsantrasyonu arttıkça kök su içeriğinin de arttığı tespit edilmiştir. % 0,5 plastik uygulamaları kök su içeriğinin kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde azalmasına neden olurken; %1,5 ve %2,5 plastik uygulamalarından elde edilen kök su içeriği değerleri kontrol grubunda ölçülene benzerdir. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında, plastik içeren saksılara 100 mM tuz uygulanması kök su içeriğini önemli biçimde değiştirmezken; 200 mM tuz uygulaması %0,5 plastik içeren saksılarda kök su içeriğinin artmasına neden olmuştur. %1,5 ve %2,5 plastik içeren saksılarda ise ölçülen değer benzerdir. En yüksek kök su içeriği kontrol grubunda, en düşük kök su içeriği ise %0,5 plastik içeren deney setinde ölçülmüştür.

Kök su içeriği de sürgünlerde olduğu gibi tuz uygulaması nedeniyle oluşan osmotik strese bağlı olarak azalmıştır. %0,5 plastik uygulamasında gözlenen kök su içeriğindeki düşüşün toprak gözeneklerinin plastikler nedeniyle tıkanmasına bağlı olabileceği düşünülmektedir. Uygulanan plastik konsantrasyonu arttıkça kontrol grubuna benzer sonuçlar elde edilmiştir. Bu da toprakta yüksek oranda plastik varlığının bitkinin su alımını kolaylaştıracak şekilde toprak özelliklerini değiştirmesinden kaynaklanabilir.

Kombine plastik ve tuz uygulamaları kök su içeriğinde düşüşe neden olmuştur, bu düşüş özellikle %0,5 plastik ve 100 mM tuz uygulanan saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde daha belirgindir ve yalnız %0,5 plastik uygulanan saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinden elde edilen sonuçlara yakındır.



Şekil 5.13. Karpuz bitkilerinde kök su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi

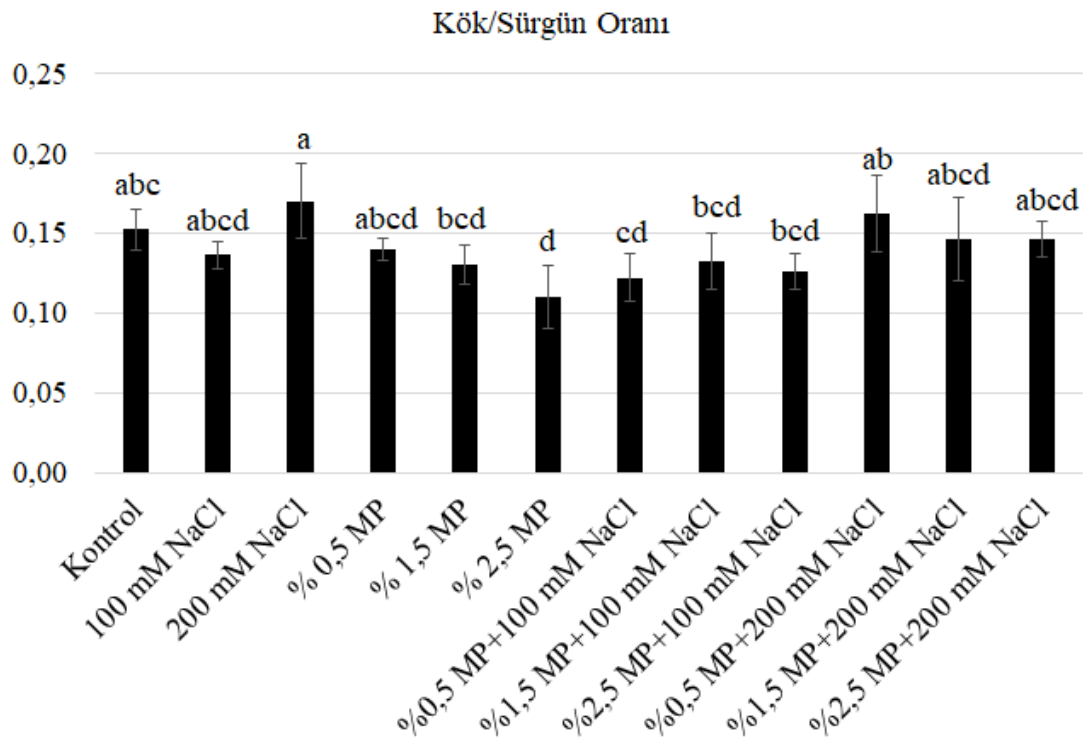
5.14. Kök/Sürgün Oranı

Tuz uygulamaları karpuz bitkilerinde kök/sürgün oranını artırmıştır. Özellikle 200 mM tuz uygulamasında tuz konsantrasyonundaki artışa paralel olarak kök/sürgün içeriği de artmıştır. Bunun aksine plastik uygulamaları kök/sürgün oranında önemli bir düşüşe neden olmuştur. Kombine plastik ve tuz uygulamalarında, 100 mM tuz uygulanan deney setlerinde kök/sürgün oranı kontrol grubuna kıyasla azalırken; plastik konsantrasyonundaki değişim belirgin bir etkiye neden olmamıştır. 200 mM tuz uygulanan deney setlerinde plastik konsantrasyonundaki artış ile ters orantılı olarak kök/sürgün oranının düştüğü tespit edilmiştir. Bununla birlikte, plastik ve 200 mM tuz uygulamalarından elde edilen kök/sürgün sonuçları kontrol grubundakine benzerdir. En yüksek kök/sürgün oranı 200 mM tuz çözeltisi uygulanan karpuz bitkilerinde hesaplanırken; en düşük kök/sürgün oranı %2,5 plastik içeren saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde belirlenmiştir. Kök/sürgün oranının 200 mM tuz uygulanan saksılarda yetiştirilen karpuz bitkilerinde daha fazla olması, fizyolojik kuraklığa bağlı osmotik stres nedeniyle karpuz bitkilerinin daha fazla su almak için kök hacmini artırmış olduğunu göstermektedir. Bu tahmin kök kuru ağırlığı değerleri ile de desteklenmektedir. Hafif ya da şiddetli kuraklık koşullarında kinoa bitkisinde kök/sürgün oranlarının kontrol grubuna kıyasla daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Bosque Sanchez, Lemeur, Van Damme ve Jacobsen, 2003). Bunun sebebinin kök gelişiminin kuraklık

durumundan sürgüne oranla daha az etkilenmesi olduğu ifade edilmiştir (Franco, 2011; Akçay ve Tan, 2021). Bu ifadeler karpuz bitkilerinden elde edilen sonuçları açıklamaktadır.

Kök/sürgün oranının en düşük %2,5 plastik içeren saksılarda olması sürgün biyomasının kök biyomasından daha fazla arttığını ifade etmektedir. Bu durum, yüksek oranda plastik varlığında bitkinin suya ve besin elementlerine daha kolay ulaşarak daha fazla organik madde üretmiş olabileceğini düşündürmektedir.

Bitkiler kuraklık ve stres koşullarına yanıt olarak kök/sürgün oranlarını artırır. Karpuz bitkileri için elde edilen kök/sürgün sonuçlarına göre stres baskısının en yoğun olduğu koşulların %2,5 plastik ve %0,5+200 mM tuz uygulamaları olduğu görülmektedir. Gerek plastik gerekse tuz uygulamalarını toprak parametrelerinde ve yapısında neleri nasıl değiştirdiğinin belirlenmesi güç bir durumdur. Ancak, yapılacak ayrıntılı çalışmalar ile bu kısım da daha net anlaşılacaktır.



Şekil 5.13. Karpuz bitkilerinde kök su içeriği değerlerinin deney setlerine göre değişimi

6. SONUÇ ve ÖNERİLER

Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde plastik ve tuz uygulamalarının incelenen tüm ekofizyolojik özelliklerde önemli varyasyonlara neden olduğu görülmektedir. Karpuz bitkilerinin plastik kirliliği ve tuz stresine verdiği yanıtlar birbirinden farklı olmuştur. Aynı şekilde plastik ve tuz ayrı ayrı ve birlikte uygulandığında da farklı sonuçlar ortaya çıkmaktadır. Tuz stresi, klorofil b ve toplam klorofil hariç tüm ekofizyolojik özelliklerin değerlerinde azalmaya yol açarken, plastik kirliliği değer artışına neden olmuştur. Klorofil b ve toplam klorofil hem plastik kirliliği hem de tuzluluk nedeniyle artış göstermiştir.

Plastik içeren saksılara tuz uygulandığında genellikle ekofizyolojik özelliklerin değerlerinde azalma gözlemlenmiştir. Bu azalma tuz konsantrasyonu arttıkça daha da şiddetlenmiştir. Gerek plastiklerin gerekse tuzluluğun bitkide stres meydana getirdiği açıkça görülmektedir. Plastiklerin suyun alımını kolaylaştırdığı, tuzluluğun ise su alımını sınırladığı düşünülmektedir. Sürgün/kök yaş ve kuru ağırlığı, klorofil a, klorofil b, toplam klorofil gibi özelliklerin gövde çapı, yaprak sayısı ve sürgün uzunluğu gibi morfolojik özelliklere göre plastik kirliliği ve tuz stresine karşı daha hassas olduğu görülmektedir. Topraktaki plastik ve tuz konsantrasyonunun bitkide stres faktörüne karşı oluşturulacak yanıtta önemli bir parametre olduğu tespit edilmiştir.

Günümüzde etkileri açıkça görülen plastik kirliliğinin ve tuzluluğun küresel iklim değişikliğinin de etkisiyle gelecekte daha şiddetleneceği düşünülmektedir. Artan nüfusun ihtiyaçlarının karşılanabilmesi için sağlıklı ve yeterli gıda temini önem arz etmektedir. Bu nedenle tarımsal ekosistemleri tehdit eden unsurların ortaya konması, bu unsurların toprak ve bitkiler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi hayati öneme sahiptir. Bu bağlamda plastikler gibi etkileri son yıllarda daha yeni belirlenmeye çalışılan kirleticiler üzerine çalışmalar hız kazanmalıdır. Karasal ekosistemlerin, ekolojik koşulların ve bitkilerin ne kadar çeşitlilik gösterdiği göz önünde bulundurulduğunda bu konuda daha çok ve daha ayrıntılı çalışmalara ihtiyaç olduğu netleşmektedir.

KAYNAKLAR

- Akça, M. O. ve Ok S. S. (2021). Toprak Ekosistemi Üzerine Mikroplastiklerin Etkileri. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 9(2), 72-84.
- Akçay, E. ve Tan, M. (2021). Farklı Sulama Seviyelerinin Bazı Kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) Çeşitlerinde Kök ve Sürgün Gelişmesine Etkileri. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 11(4), 3203-3212.
- Akıncı, C. Y., Yüksek, T. ve Demirel, Ö. (2016). Ağır Metaller ile Kirlenmiş Toprağın İyileştirilmesinde Vetiver Grass (*Vetiveria zizanioides* (Linn.) Nash) ve Solucanların Kullanılması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mimarlık Bilimleri ve Uygulamaları Dergisi*, 1(1), 1- 11. e-ISSN: 2548-0170.
- Amirjani, M. R. (2011). Effect of Salinity Stress on Growth, Sugar Content, Pigments and Enzyme Activity of Rice. *Int J Bot.*, 7, 73-81.
- Anderson, P. J., Warrack, S., Langen, V., Challis, J. K., Hanson, M. L. and Rennie, M. D. (2017). Microplastic Contamination in Lake Winnipeg, Canada. *Environmental pollution*, 225, 223-231.
- Andrady, A. L. (2017). The Plastic in Microplastics: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 119(1), 12-22.
- Anonim, (1996). Intergovernmental Panel on Climate Chang. Climate Change 1995: Impacts, Adaptations and Mitigation of Climate Change: Scientific Technical Analyses: Special Report of Working Group II Cambridge Univ. Press.
- Anonim, (2008). Soil Science Glossary Terms Committee. Glossary of Soil Science Terms. Soil Science Society of America, ASA-CSSA-SSSA.
- Arthur, C., Baker, J. and Bamford, H. (2009). *Proceedings of the International Research Workshop on the Occurrence, "Effects and Fate of Micro-plastic Marine Debris"*. September 9-11, 2008. NOAA Technical Memorandum NOS-OR&R-30.
- Aşçı, Ö. Ö., Zambı, H. (2020). Farklı Nacl Konsantrasyonları İle Oluşturulan Toprak Tuzluluğunun Bazı Bezelye Çeşit Ve Genotiplerinde Bitki Gelişimine Etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35(3), 274-284.
- Baho, D. L., Bundschuh, M., Futter, M. N., (2021). Microplastics in Terrestrial Ecosystems: Moving Beyond the State of the Art to Minimize the Risk of Ecological Surprise. *Glob. Chang. Biol.*, 27, 3969–3986.
- Bakhshae, A., Babakhani, P., Ashiq, M. M., Bell, K., Salehi, M. and Jazaei, F. (2025). Potential Impacts of Microplastic Pollution on Soil-Water-Plant Dynamics. *Scientific Reports*, 15(1), 9784.
- Balasubramaniam, T., Shen, G., Esmaeili, N. and Zhang, H. (2023). Plants' Response Mechanisms to Salinity Stress. *Plants*, 12(12), 2253.

- Bao, S., Wang, X., Zeng, J., Yue, L., Xiao, Z., Chen, F. and Wang, Z. (2025). The Fate of Biodegradable Polylactic Acid Microplastics in Maize: Impacts on Cellular Ion Fluxes and Plant Growth. *Frontiers in Plant Science*, 16, 1544298.
- Bläsing, M. and Amelung, W. (2018). Plastics in Soil: Analytical Methods and Possible Sources. *Science of The Total Environment*, 612, 422-435.
- Boots, B., Russell, C. W. and Green, D. S. (2019). Effects of Microplastics in Soil Ecosystems: above and below ground. *Environmental science & Technology*, 53(19), 11496-11506.
- Bosker, T., Bouwman, L. J., Brun, N. R., Behrens, P., Vijver, M. G. (2019). Microplastics Accumulate on Pores in Seed capsule and Delay Germination and Root Growth of the Terrestrial Vascular Plant *Lepidium sativum*. *Chemosphere*, 226, 774-781.
- Bosque Sanchez, H., Lemeur, R., Van Damme, P., Jacobsen S. E. (2003). Ecophysiological Analysis of Drought and Salinity Stress of Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*, 19:111-119.
- Braun, M., Mail, M., Heyse, R. and Amelung, W. (2021). Plastic in Compost: Prevalence and Potential Input into Agricultural and Horticultural Soils. *Science of the Total Environment*, 760, 143335.
- Cai, L., Wang, J., Peng, J., Tan, Z., Zhan, Z., Tan, X. and Chen, Q. (2017). Characteristic of Microplastics in the Atmospheric Fallout From Dongguan City, China: Preliminary Research and First Evidence. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 24928-24935.
- Changmai, U., Sahana, S. K., Kumar, N., Borah, B., Chikkaputtaiah, C., Saikia, R. and Phukan, T. (2024). Impact of Polyvinyl Chloride (PVC) Microplastic on Growth, Photosynthesis and Nutrient Uptake of *Solanum lycopersicum* L. (Tomato). *Environmental Pollution*, 349, 123994.
- Chavoushi, M., Manoochehri Kalantari, K. and Arvin, M. J. (2019). Effect of Salinity Stress and Exogenously Applied Methyl Jasmonate on Growth and Physiological Traits of Two *Carthamus tinctorius* Varieties. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 6(1), 39-49.
- Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Sompornpailin, K. (2011). High Contents of Proline and Anthocyanin Increase Protective Response to Salinity in *Oryza sativa* L. spp. *indica*. *Australian Journal of Crop Science*, 5(10), 1191-1198.
- Colzi, I., Renna, L., Bianchi, E., Castellani, M. B., Coppi, A., Pignattelli, S., ... and Gonnelli, C. (2022). Impact of Microplastics on Growth, Photosynthesis and Essential Elements in *Cucurbita pepo* L. *Journal of Hazardous Materials*, 423, 127238.
- Corwin, D. L. (2021). Climate Change Impacts on Soil Salinity in Agricultural Areas. *European Journal of Soil Science*, 722, 842-862.

- Čulin, J. and Bielić, T. (2016). Plastic Pollution from Ships. *Pomorski zbornik*, 51(1), 57-66.
- Çağırın, Ç. (2015). *Yerel Karpuz Genotiplerinin Tuz Stresine Toleranslarının Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ordu.
- Çil, B. ve Karavin, K. (2022, 18-19 November). *Effect of Microplastics on Barley Hordeum vulgare L. Seed Germination Rate*. III. International Siirt Conference on Scientific Research, Siirt.
- Danopoulos, E., Twiddy, M., West, R. and Rotchell, J. M. (2022). A Rapid Review and Meta-Regression Analyses of the Toxicological Impacts of Microplastic Exposure in Human Cells. *Journal of Hazardous Materials*, 427, 127861.
- Dantas, B. F., De Sa, R. L., Aragao C. A. (2007). Germination, Initial Growth and Cotyledon Protein Content of Bean Cultivars under Salinity Stress. *Rev Bras de Sementes*, 29, 106-110.
- de Souza Machado, A. A., Kloas, W., Zarfl, C., Hempel, S. and Rillig, M. C. (2018). Microplastics as an Emerging Threat to Terrestrial Ecosystems. *Global Change Biology*, 24(4), 1405-1416.
- Dölarslan, M. and Gül, E. (2012). Toprak Bitki İlişkileri Açısından Tuzluluk. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 2, 56-59.
- Dölek, M. N. (2009). *Değişik Karpuz Genotiplerinin Tuz Stresine Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Dris, R., Gasperi, J., Saad, M., Mirande, C. and Tassin, B. (2016). Synthetic Fibers in Atmospheric Fallout: A Source of Microplastics in the Environment? *Marine Pollution Bulletin*, 104(1-2), 290-293.
- Esmeray E. ve Armutçu C. (2020). Mikroplastikler, Çevre-İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri ve Analiz Yöntemleri. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 81, 839-868.
- Eswar, D., Karuppusamy, R., Chellamuthu, S. (2021). Drivers of Soil Salinity and Their Correlation with Climate Change, *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 50, 310-318.
- Geyer, R., Jambeck, J. R. and Law, K. L. (2017). Production, Use, and Fate of All Plastics ever Made. *Science Advances*, 3(7), e1700782.
- Greenway, H., Munns, R. (1980). Mechanisms of Salt Tolerance in Nonhalophytes, *Annu Rev Plant Physiol*, 31, 149-190.
- Gu, J. D. (2003). Microbiological Deterioration and Degradation of Synthetic Polymeric Materials: Recent Research Advances. *International Biodeterioration and Biodegradation*, 52(2), 69-91.

- Güneş, E. ve Erçetin, H. K. 2020. Plastik Mi Yenilebilir Ürünler Mi? *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 81, 700-717.
- Hassani, A., Azapagic, A., Shokri, N. (2021). Global Predictions of Primary Soil Salinization under Changing Climate in The 21st Century, *Nature Communications*, 121, 6663.
- Hernandez, E., Nowack, B. and Mitrano, D. M. (2017). Synthetic Textiles as a Source of Microplastics from Households: A Mechanistic Study to Understand Microfiber Release During Washing. *Environmental Science & Technology*, 51, 7036–7046.
- Horton, A. A. and Dixon, S. J. (2018). Microplastics: An Introduction to Environmental Transport Processes. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Water*, 5(2), e1268.
- Irshad, M., Yamamota, S., Enerji, A. E., Endo, T., Hona, T. (2002). Urea and Manure Effect on Growth and Mineral Contents of Maize Under Saline Conditions, *Journal of Plant Nutrition*, 25(1): 189-200.
- İnan, S. (2007). Karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum ve Nakai)'da in Vivo ve in Vitro Yöntemlerle Tetraploid Bitki Elde Edilmesi. Master Tezi, Çukurova University, Graduate School of Natural and Applied Sciences, Adana.
- Jiang, M., Zhao, W., Liang, Q., Cai, M., Fan, X., Hu, S., ... and Liu, J. (2024). Polystyrene Microplastics Enhanced the Toxicity of Cadmium to Rice Seedlings: Evidence from Rice Growth, Physiology, and Element Metabolism. *Science of The Total Environment*, 945, 173931.
- Karmakar, R., Das, I., Dutta, D., Rakshit, A. (2016). Potential Effects of Climate Change on Soil Properties: a review. *Science International*, 42, 51-73.
- Khalid, N., Aqeel, M., Noman, A. (2020). Microplastics Could be a Threat to Plants in Terrestrial Systems Directly or Indirectly. *Environmental Pollution*, 267, 115653.
- Kwon, J. H., Chang, S., Hong, S. H. and Shim, W. J. (2017). Microplastics as a Vector of Hydrophobic Contaminants: Importance of Hydrophobic Additives. *Integrated Environmental Assessment and Management*, 13(3), 494-499.
- Li, Z., Li, Q., Li, R., Zhao, Y., Geng, J., Wang, G. (2020). Physiological Responses of Lettuce (*Lactuca sativa* L.) to Microplastic Pollution. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 30306-30314.
- Lozano, Y. M., Aguilar-Trigueros, C.A., Onandia, G., Maaß, S., Zhao, T., Rillig, M. C. (2021). Effects of microplastics and drought on soil ecosystem functions and multifunctionality. *J Appl Ecol.*, 58: 988-996.
- Machado, A., Lau, C. W., Kloas, W., Bermann, J., Bachelier, J. B. Faltin, E. (2019). Microplastics can Change Soil Properties and Affect Plant Performance. *Environ. Sci. Technol.*, 53, 6044-6052.

- Marenco, R. A., Antezana-Vera, S. A. and Nascimento, H. C. S. (2009). Relationship Between Specific Leaf Area, Leaf Thickness, Leaf Water Content and SPAD-502 Readings in Six Amazonian Tree Species. *Photosynthetica*, 47, 184-190.
- Mondol, M., Angon, P. B. and Roy, A. (2025). Effects of Microplastics on Soil Physical, Chemical and Biological Properties. *Natural Hazards Research*, 5(1), 14-20.
- Mukhopadhyay, R., Sarkar, B., Jat, H. S., Sharma, P. C., Bolan, N.S. (2021). Soil Salinity Under Climate Change: Challenges for Sustainable Agriculture and Food Security, *Journal of Environmental Management*, 280, 111736.
- Munns, R. (1993). Physiological Processes Limiting Plant Growth in Saline Soils: Some Dogmas and Hypotheses. *Plant, Cell & Environment*, 16(1), 15-24.
- Munns, R. and Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annu. Rev. Plant Biol.*, 59(1), 651-681.
- Napper, I. E., Davies, B. F., Clifford, H., Elvin, S., Koldewey, H. J., Mayewski, P. A., ... and Thompson, R. C. (2020). Reaching New Heights in Plastic Pollution Preliminary Findings of Microplastics on Mount Everest. *One Earth*, 35, 621-630.
- Okeke, E. S., Okoye, C. O., Atakpa, E. O., Ita, R. E., Nyaruaba, R., Mgbechidinma, C. L., and Akan, O. D. (2022). Microplastics in Agroecosystems-Impacts on Ecosystem Functions and Food Chain. *Resources, Conservation and Recycling*, 177, 105961.
- Osman, A. I., Hosny, M., Eltaweil, A. S., Omar, S., Elgarahy, A. M., Farghali, M., ... and Akinyede, K. A. (2023). Microplastic Sources, Formation, Toxicity and Remediation: A Review. *Environmental Chemistry Letters*, 21(4), 2129-2169.
- Ouji, A., El-Bok, S., Mouelhi, M., Younes, M. B. and Kharrat, M. (2015). Effect of Salinity Stress on Germination of Five Tunisian Lentil (*Lens culinaris* L.) Genotypes. *European Scientific Journal*, 11(21).
- Öncel, I. ve Keleş, Y. (2002). Tuz Stresi Altındaki Buğday Genotiplerinde Büyüme, Pigment İçeriği ve Çözünür Madde Kompozisyonunda Değişmeler. *Fen Bilimleri Dergisi*, 232, 9-16.
- Pan, W., Zhou, Y., Xie, H., Liang, L., Zou, G., Du, L. and Guo, X. (2024). Plant and Microbial Response in Constructed Wetland Treating Tetracycline Antibiotic Polluted Water: Evaluating The Effects of Microplastic Size and Concentration. *Chemosphere*, 353, 141553.
- Parida, A. K. ve Das, A. B. (2005). Salt Tolerance and Salinity Effects on Plants: a Review, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 60, 324-349.
- Parida, A. K., Das, A. B., Mitra, B. (2004). Effects of Salt on growth, Ion Accumulation Photosynthesis and Leaf Anatomy of The Mangrove, *Bruguiera parviflora*. *Trees-Struct Funct.*, 18, 167-174.

- Parihar, P., Singh, S., Singh, R., Singh, V. P., Prasad, S. M. (2015). Effect of Salinity Stress on Plants and Its Tolerance Strategies: A Review, *Environmental Science and Pollution Research*, 22, 4056-4075.
- Periyasamy, A. P. and Tehrani-Bagha, A. (2022). A Review on Microplastic Emission from Textile Materials and Its Reduction Techniques. *Polymer Degradation and Stability*, 199, 109901.
- Pignattelli, S., Broccoli, A., Piccardo, M., Terlizzi, A. and Renzi, M. (2021). Effects of Polyethylene Terephthalate (PET) Microplastics and Acid Rain on Physiology and growth of *Lepidium sativum*. *Environmental Pollution*, 282, 116997.
- Pinto-Poblete, A., Retamal-Salgado, J., Zapata, N., Sierra-Almeida, A. and Schoebitz, M. (2023). Impact of Polyethylene Microplastics and Copper Nanoparticles: Responses of Soil Microbiological Properties and Strawberry Growth. *Applied Soil Ecology*, 184, 104773.
- Prabhu, P. P., Pan, K., Krishnan, J. N. (2022). Microplastics: Global Occurrence, Impact, Characteristics and Sorting. *Frontiers in Marine Science*, 9, 893641.
- Prajapati, A., Narayan Vaidya, A. and Kumar, A. R. (2022). Microplastic Properties and Their Interaction with Hydrophobic Organic Contaminants: A Review. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(33), 49490-49512.
- Qi, Y., Beriot, N., Gort, G., Lwanga, E. H., Gooren, H., Yang, X. and Geissen, V. (2020). Impact of Plastic Mulch Film Debris on Soil Physicochemical and Hydrological Properties. *Environmental Pollution*, 266, 115097.
- Qi, Y., Yang, X., Pelaez, A. M., Lwanga, E. H., Beriot, N., Gertsen, H., ... and 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.
- Rai, M., Pant, G., Pant, K., Aloo, B. N., Kumar, G., Singh, H. B. and Tripathi, V. (2023). Microplastic Pollution In Terrestrial Ecosystems and Its Interaction with Other Soil Pollutants: A Potential Threat to Soil Ecosystem Sustainability. *Resources*, 12(6), 67.
- Rillig, M. C., Lehmann, A., de Souza Machado, A. A. and Yang, G. (2019). Microplastic Effects on Plants. *New Phytologist*, 223(3), 1066-1070.
- Rillig, M. C. (2012). Microplastic in Terrestrial Ecosystems and the Soil? *Environmental Science & Technology*, 46(12), 6453–6454.
- Rillig, M.C., Ingraffia, R., Machado, A.A.D. (2017). Microplastic Incorporation into Soil in Agroecosystems. *Front. Plant Sci.*, 8, 1805.
- Sahasa, R. G. K., Dhevagi, P., Poornima, R., Ramya, A., Moorthy, P. S., Alagirisamy, B. and Karthikeyan, S. (2023). Effect of Polyethylene Microplastics on Seed Germination of Blackgram (*Vigna mungo* L.) and Tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Environmental Advances*, 11, 100349.

- Sarihan, B., Acar, R. ve Uzun, A. (2024). Kurak ve Yarı Kurak Alanlarda İklim Dirençli Bitkilerin Kullanılması. *Çevre Şehir ve İklim Dergisi*, 1(Özel), 195-235.
- Schofield, R. V. and Kirkby, M. J. (2003). Application of Salinization Indicators and Initial Development of Potential Global Soil Salinization Scenario under Climatic Change. *Global Biogeochemical Cycles*, 173.
- Sekmen, A. H., Demiral, T., Tosun, N., Türküsay, H., Türkan, İ. (2005). Tuz Stresi Uygulanan Domates Bitkilerinin Bazı Fizyolojik Özellikleri Ve Toplam Protein Miktarı Üzerine Bitki Aktivatörünün Etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 421, 85-95.
- Semiz, G.D., Ünlükara, A., Yurtseven, E., Suarez, D. L., Telci, I. (2012). Salinity Impact on Yield, Water Use, Mineral and Essential Oil Content of Fennel *Foeniculum vulgare* Mill.. *J. Agric. Sci.*, 18, 177-186.
- Seymen, M., Alsabbagh, M. H. A., Türkmen, Ö. (2016). *Citrillus lanatus* var. *lanatus* ve *Citrillus lanatus* var. *citroides* Kaynaklı Bazı Karpuz Genotiplerinin Tuza Tolerans Düzeylerinin Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 24-38.
- Singh, B. and Singh, K. (2022). Microplastics Contamination in Soil Affects Growth and Root Nodulation of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) and 16 s rRNA Sequencing of Rhizosphere Soil. *Journal of Hazardous Materials Advances*, 7, 100146.
- Song, J., Wang, C. and Li, G. (2024). Defining Primary and Secondary Microplastics: A Connotation Analysis. *ACS ES&T Water*, 4(6), 2330-2332.
- Su, L., Xiong, X., Zhang, Y., Wu, C., Xu, X., Sun, C. and Shi, H. (2022). Global Transportation of Plastics and Microplastics: A Critical Review of Pathways and Influences. *Science of the total Environment*, 831, 154884.
- Szabolcs, I. (1990). Impact of Climatic Change on Soil Attributes: Influence on Salinization and Alkalinisation. *Developments in Soil Science*, 20, 61-69.
- Şahin, N. (2021). *Bazı Yerel Karpuz Genotiplerinin Morfolojik Ve Moleküler Karakterizasyonu*. Doktora Tezi. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Talat, N. (2020). Alleviation of Soil Salinization and The Management of Saline Soils, Climate Change, and Soil Interactions. *Climate Change and Soil Interactions*, 305-329.
- Teng, Z., Lyu, J., Chen, Y., Zhang, J. and Ye, N. (2023). Effects of Stress-induced ABA on Root Architecture Development: Positive and Negative Actions. *The Crop Journal*, 11(4), 1072-1079.

- Thompson, R. C., Olsen, Y., Mitchell, R. P., Davis, A., Rowland, S. J., John, A. W., ... and Russell, A. E. (2004). Lost at Sea: Where is All the Plastic? *Science*, 304(5672), 838-838.
- Tian, L., Jinjin, C., Ji, R., Ma, Y. and Yu, X. (2022). Microplastics in Agricultural Soils: Sources, Effects, and Their Fate. *Current Opinion in Environmental Science & Health*, 25, 100311.
- Tomaz, A., Palma, P., Alvarenga, P., Gonçalves, M. C. (2020). Soil Salinity Risk in A Climate Change Scenario and Its Effect on Crop Yield. *Climate Change and Soil Interactions*, 351-396.
- Tunç, G. and Kaman, H. (2022). Tarım Topraklarında Tuzluluk Sorunu. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(11), 2232-2236.
- Turhan, H., Genç, L., Bostancı, Y. B., Sümer, A., Kavdır, Y., Türkmen, O. S. and Killi, D. (2006). *Tuz Stresinin Ayçiçeği (Helianthus annuus L.) Üzerine Etkilerinin Yansımada Teknikleri Yardımıyla Belirlenmesi*. 1.Uzaktan Algılama-CBS Çalıştay ve Paneli, İstanbul.
- Uçan Ü. M. (2015). *Farklı Düzeyde Tuz İçeren Sulama Sularının Karpuzun Verim, Verim Bileşenleri Ve Toprak Tuzluluğu Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Ullah, R., Tsui, M. T. K., Chen, H., Chow, A., Williams, C., Ligaba-Osena, A. (2021). Microplastics Interaction with Terrestrial Plants and Their Impacts on Agriculture. *Journal of Environmental Quality*, 505, 1024-1041.
- Urbina, M. A., Correa, F., Aburto, F. and Ferrio, J. P. (2020). Adsorption of Polyethylene Microbeads and Physiological Effects on Hydroponic Maize. *Science of the Total Environment*, 741, 140216.
- Valladares, F. and Sánchez-Gómez, D. (2006). Ecophysiological Traits Associated with Drought in Mediterranean Tree Seedlings: Individual Responses Versus Interspecific Trends in Eleven Species. *Plant Biology*, 8(05), 688-697.
- Van Weert, F., Van der Gun and J., Reckman, J. (2009). *Global Overview Of Saline Groundwater Occurrence And Genesis* IGRAC Report GP-2009-1, Utrecht Netherlands.
- van Weert, S., Redondo-Hasselerharm, P. E., Diepens, N. J. and Koelmans, A. A. (2019). Effects of Nanoplastics and Microplastics on the Growth of Sediment-Rooted Macrophytes. *Science of the Total Environment*, 654, 1040-1047.
- Van Wijnen, J., Ragas, A. M. and Kroeze, C. (2019). Modelling Global River Export of Microplastics to the Marine Environment: Sources and Future Trends. *Science of the Total Environment*, 673, 392-401.
- Waldman, W. R. and Rillig, M. C. (2020). Microplastic Research Should Embrace the Complexity of Secondary Particles. *Environ. Sci. Technol.* 54, 7751–7753.

- Wang, C., Luo, Q., Zhang, J., Zhang, X., Yang, N. and Feng, L. (2023). Toxic Effects of Microplastics and Nanoplastics on Plants: A Global Meta-Analysis. *Environmental Pollution*, 337, 122593.
- Wang, Q., Bai, J., Ning, B., Fan, L., Sun, T., Fang, Y., ... and Gao, Z. (2020). Effects of Bisphenol A And Nanoscale and Microscale Polystyrene Plastic Exposure on Particle Uptake and Toxicity in Human Caco-2 Cells. *Chemosphere*, 254, 126788.
- Wang, W., Vinocur, B. and Altman, A. (2003). Plant Responses to Drought, Salinity and Extreme Temperatures: Towards Genetic Engineering for Stress Tolerance. *Planta*, 218, 1-14.
- Wu, J., Liu, W., Zeb, A., Lian, J., Sun, Y. and Sun, H. (2021). Polystyrene Microplastic Interaction with *Oryza Sativa*: Toxicity and Metabolic Mechanism. *Environmental Science: Nano*, 8(12), 3699-3710.
- Wu, X., Liu, Y., Yin, S., Xiao, K., Xiong, Q., Bian, S., ... and Yang, J. (2020). Metabolomics Revealing The Response of Rice *Oryza Sativa* L. Exposed to Polystyrene Microplastics. *Environmental Pollution*, 266, 115159.
- Wu, Y., Guo, P., Zhang, X., Zhang, Y., Xie, S., Deng, J. (2019). Effect of Microplastics Exposure on The Photosynthesis System of Freshwater Algae. *Journal of Hazardous Materials*, 374, 219-227.
- Xiang, Y., Jiang, L., Zhou, Y., Luo, Z., Zhi, D., Yang, J. and Lam, S. S. (2022). Microplastics And Environmental Pollutants: Key Interaction and Toxicology In Aquatic and Soil Environments. *Journal of Hazardous Materials*, 422, 126843.
- Xu, B., Liu, F., Cryder, Z., Huang, D., Lu, Z., He, Y., ... and Xu, J. (2020). Microplastics in the Soil Environment: Occurrence, Risks, Interactions and Fate—A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 50(21), 2175-2222.
- Xu, S., Hu, B., He, Z., Ma, F., Feng, J., Shen, W., Yan, J. (2011). Enhancement of Salinity Tolerance During Rice Seed Germination by Presoaking with Haemoglobin. *Int. J. Mol. Sci.*, 12, 2488-2501.
- Ya, H., Jiang, B., Xing, Y., Zhang, T., Lv, M. and Wang, X. (2021). Recent Advances on Ecological Effects of Microplastics on Soil Environment. *Science of The Total Environment*, 798, 149338.
- Yakıt, S. ve Tuna, A. L. (2006). Tuz Stresi Altındaki Mısır Bitkisinde (*Zea mays* L.) Stres Parametreleri Üzerine Ca, Mg ve K'nın Etkileri. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 19(1), 59-67.
- Yang, C. and Gao, X. (2022). Impact of Microplastics from Polyethylene and Biodegradable Mulch Films on Rice *Oryza sativa* L.. *Science of The Total Environment*, 828, 154579.
- Yaşar, F. and Yaşar, Ö. (2022). Tuz Stresi Altındaki Çarliston Biber Çeşidinin Gelişim Performansı. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(4), 835-841.

- Yaşar, F., Ellialtıoğlu, Ş., Özpay, T., Uzal, Ö. (2008). Tuz Stresinin Karpuzda *Citrullus Lanatus* Thunb. Mansf. Antioksidatif Enzim SOD, CAT, APX ve GR Aktivitesi Üzerine Etkisi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 181, 61-65.
- Yılmaz, A. ve Çiftçi, V. (2021). Pütresin'in Tuz Stresi Altında Yetişen Yer Fıstığı (*Arachis hypogaea* L.)'na Etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31(Ek sayı 1), 562-567.
- Yismaw, G., Fantaw, S. and Ayalew, A. (2024). Data on Effect of Mulches on Growth and Fruit Yield of Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb.) varieties in west Dembia district, central Gondar zone, Ethiopia. *Data in Brief*, 53, 110071.
- Yu, H., Zhang, X., Hu, J., Peng, J. and Qu, J. (2020). Ecotoxicity of Polystyrene Microplastics to Submerged Carnivorous *Utricularia vulgaris* Plants in Freshwater Ecosystems. *Environmental Pollution*, 265, 114830.
- Yurtsever, M. (2015). Mikroplastiklere Genel Bir Bakış. *Dokuz Eylül Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Fen ve Mühendislik Dergisi*, 1750, 68-83.
- Yüce, E. ve Kılıç, M. (2014). PVC ve PET Atıkların Seçimli Flotasyonu Bölüm 1: Plastikler; Çevresel Etkileri, Geri Dönüşümü. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik-Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 29(2), 79-94.
- Yücel Tartan, G. (2023). Mikroplastik kirliliğinin *Lactuca sativa* L. 'da (marul) bitki gelişimi ve kadmiyum (Cd) birikimi üzerine etkisinin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Amasya Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Amasya.
- Zeb, A., Liu, W., Ali, N., Shi, R., Wang, Q., Wang, J., ... and Liu, J. (2024). Microplastic Pollution in Terrestrial Ecosystems: Global Implications and Sustainable Solutions. *Journal Of Hazardous Materials*, 461, 132636.
- Zhang, J., Hao, A., Zhao, B., Ma, F., Zhang, X., Zhang, Y., ... and Li, Y. (2024). Effects of Microplastics and Cadmium Co-Contamination on Soil Properties, Maize (*Zea mays* L.) Growth Characteristics, and Cadmium Accumulation In Maize In Loessial Soil-Maize Systems. *Environmental Pollution*, 356, 124363.
- Zhang, M. J., Zhao, Y. R. and Qin, X. (2019). Microplastics from Mulching Film is A Distinct Habitat for Bacteria in Farmland Soil. *Sci. Total Environ*, 668, 470-478.
- Zhang, S., Gao, W., Cai, K., Liu, T. and Wang, X. (2022). Effects of Microplastics on Growth and Physiological Characteristics of Tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Agronomy*, 12(11), 2692.
- Zhou, Y., Liu, X. and Wang, J. (2019). Characterization of Microplastics and the Association of Heavy Metals with Microplastics in Suburban Soil of Central China. *Science of the Total Environment*, 694, 133798.

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL 1: https://www.instagram.com/saydas_plastik/p/C-Crc8bvVKU/ (erişim tarihi: 20.04.2025)

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL 2: <https://www.agtechnavigator.com/Article/2024/01/25/Microplastics-in-soils-how-big-is-the-problem/> (erişim tarihi: 20.04.2025)

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL 3: <https://www.azocleantech.com/news.aspx?newsID=33088> (erişim tarihi: 20.04.2025)

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL 4: <https://agrowy.com/yazilar/topraklarimizdaki-tuzluluk> (erişim tarihi: 20.04.2025)

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL5: <https://www.tofidas.com/crimson-sweet-karpuz-tohumu#:~:text=Geni%C5%9F%20adaptasyon%20%C3%B6zelli%C4%9Fine%20sahip%2C%20b%C3%BCt%C3%BCn,Nakliyeye%20dayan%C4%B1kl%C4%B1d%C4%B1r> (erişim tarihi: 20.04.2025)

İnternet: Aydınlatma Portalı. (b.t.) URL 6: <https://www.fidedeposu.com/urun/crimson-sweet-karpuz-fidesi> (erişim tarihi: 20.04.2025)

ÖZGEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı: Vefa UÇAK

Lisans: Bozok Üniversitesi, Fen Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, 2012

Bilimsel Faaliyetler

Projeler

1. 124Z568 TÜBİTAK 1002-A Projesi: Mikroplastik kirliliği ve tuz stresinin karpuzda (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) bitki gelişimi ve ısı şoku proteinlerinin gen ifadesi üzerine etkisi, Bursiyer.
2. FMB-BAP 25-0634: Mikroplastik kirliliği ve tuzluluk oluşturularak karpuz (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai) yetiştirilen ortamda toprak parametrelerindeki değişimin incelenmesi, Amasya Üniversitesi, Bilimsel araştırma Projeleri Destekleme Birimi, Araştırmacı.

Bildiriler

1. Uçak, V. Ve Karavin, N. (2024). The Effects of Microplastic Pollution and Salt Stress on Plant Fresh and Dry Weight in watermelon (*Citrullus lanatus* (Thunb.) Matsum. & Nakai). 7th International Plant Science and Technology Congress 24-26 October 2024, Amasya, Türkiye.