

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI MALÇ FİLMLERİNİN TOPRAK SICAKLIĞI VE TOPRAK NEM
İÇERİĞİ İLE SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNDE
BAZI KALİTE VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Kutay KOYAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**OCAK
2026**

ANTALYA

**T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ**



**FARKLI MALÇ FİLMLERİNİN TOPRAK SICAKLIĞI VE TOPRAK NEM
İÇERİĞİ İLE SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNDE
BAZI KALİTE VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Kutay KOYAK

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2026

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**FARKLI MALÇ FİLMLERİNİN TOPRAK SICAKLIĞI VE TOPRAK NEM
İÇERİĞİ İLE SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNDE
BAZI KALİTE VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ**

Kutay KOYAK
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

OCAK 2026

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI MALÇ FİLMLERİNİN TOPRAK SICAKLIĞI VE TOPRAK NEM
İÇERİĞİ İLE SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNDE
BAZI KALİTE VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Kutay KOYAK
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA
ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 16/01/2026 tarihinde jüri tarafından Oybirliği/ Oy çokluğu ile kabul edilmiştir.

Doç.Dr. Nefise Yasemin TEZCAN (Danışman)

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof.Dr. Sedat BOYACI

ÖZET

FARKLI MALÇ FİMLERİNİN TOPRAK SICAKLIĞI VE TOPRAK NEM İÇERİĞİ İLE SERA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN MARUL BİTKİSİNDE BAZI KALİTE VE VERİM PARAMETRELERİNE ETKİSİ

Kutay KOYAK

Yüksek Lisans Tezi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç.Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

OCAK 2026; 47 sayfa

Bu araştırma, sera koşullarında kullanılan farklı malç filmlerinin kıvrıcık marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinde toprak sıcaklığı, toprak nem içeriği ile bazı verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanı'nda bulunan yaklaşık 270 m² taban alanına sahip yay çatılı plastik serada, 2025–2026 yılı güz yetiştirme döneminde gerçekleştirilmiştir. Marul fideleri 08 Ekim 2025 tarihinde seraya şaşırtılmış ve 14 Kasım 2025 tarihinde hasat edilmiştir. Araştırmada biyobozunur malç, siyah polietilen (PE) malç, gümüş/siyah PE malç ve kontrol (malçsız) olmak üzere dört farklı uygulama değerlendirilmiş, deneme iki tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada, farklı malç materyallerinin toprak sıcaklığı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla ısıtıcı cihazı kullanılmıştır. Toprak sıcaklığı ölçümleri 15 cm derinlikte gerçekleştirilmiş ve ölçümler 10 dakikalık aralıklarla kaydedilmiştir. Elde edilen ölçüm verilerinden önce saatlik ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmış, ardından bu saatlik ortalamalar esas alınarak günlük ortalama toprak sıcaklıkları belirlenmiştir. Toprak nem içeriği ise gravimetrik yöntemle haftalık olarak gerçekleştirilmiştir. Hasat döneminde bitki boyu, kök boğazı çapı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, baş çapı, ortalama baş ağırlığı, toplam verim ile bazı kalite parametreleri (Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), pH, titrasyon asitliği, antioksidan aktivite ve yaprak renk) ölçülmüştür. Malç uygulamalarının toprak sıcaklığı üzerinde belirgin bir artırıcı etki gösterdiği belirlenmiş olup, en yüksek toprak sıcaklığı değeri siyah PE malç uygulamasında 29.0°C, en düşük değer ise kontrol (malçsız) parsellerinde 22.3°C olarak saptanmıştır. Toprak nem içeriği açısından değerlendirildiğinde, en yüksek değerler gümüş/siyah PE malç uygulamasında belirlenirken, en düşük toprak nem içeriği kontrol (malçsız) parsellerinde ölçülmüştür. Antioksidan aktivite değerlerinin uygulamalara bağlı olarak değiştiği ve bu değerlerin biyobozunur malç uygulamasında 11.6 ile en düşük, gümüş/siyah PE malç uygulamasında ise 30.3 ile en yüksek düzeyde gerçekleştiği belirlenmiştir. Toplam verim bakımından ise en düşük değer kontrol (malçsız) uygulamasında 925.8 kg/da, en yüksek değer ise gümüş/siyah PE malç uygulamasında 1374.2 kg/da olarak tespit edilmiştir.

Sonuç olarak, sera koşullarında marul yetiştiriciliğinde malç kullanımının toprak mikroklimasını iyileştirerek bitki gelişimi, verim ve bazı kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediği; özellikle gümüş/siyah PE malç uygulamasının öne çıkan bir seçenek olduğu belirlenmiştir.

ANAHTAR KELİMELE: Marul, Malç, Plastik, Toprak sıcaklığı, Verim

JÜRİ:

Doç.Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof.Dr. Sedat BOYACI



ABSTRACT

THE EFFECT OF DIFFERENT MULCH FILMS ON SOIL TEMPERATURE AND SOIL MOISTURE CONTENT, AND SOME QUALITY AND YIELD PARAMETERS OF LETTUCE (*LACTUCA SATIVA*) GROWN UNDER GREENHOUSE CONDITIONS.

Kutay KOYAK

M.Sc. Thesis, Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

January 2026; 47 pages

This study was conducted to determine the effects of different mulch films on soil temperature, soil moisture content, and some yield and quality parameters of curly lettuce (*Lactuca sativa* L.) grown under greenhouse conditions. The experiment was carried out during the 2025–2026 autumn growing season in an arched-roof plastic greenhouse with a floor area of approximately 270 m², located at the Research and Application Area of the Faculty of Agriculture, Akdeniz University. Lettuce seedlings were transplanted into the greenhouse on October 08, 2025, and harvested on November 14, 2025. The study evaluated four different treatments: biodegradable mulch, black polyethylene (PE) mulch, silver/black PE mulch, and a control (no mulch). The experiment was established with two replications. Thermocouples were utilized to determine the effects of the different mulch materials on soil temperature. Soil temperature measurements were taken at a depth of 15 cm and recorded at 10-minute intervals. Hourly average temperature values were calculated from the obtained data, followed by the determination of daily average soil temperatures based on these hourly averages. Soil moisture content was determined weekly using the gravimetric method. At harvest, plant height, crown diameter, root length, number of leaves, head diameter, average head weight, total yield, and certain quality parameters (Total Soluble Solids-TSS, pH, titratable acidity, antioxidant activity, and leaf color) were measured. It was determined that mulch applications had a distinct increasing effect on soil temperature; the highest soil temperature was recorded in the black PE mulch application at 29.0°C, while the lowest value was observed in the control (no mulch) plots at 22.3°C. Regarding soil moisture content, the highest values were determined in the silver/black PE mulch application, whereas the lowest soil moisture content was measured in the control plots. It was observed that antioxidant activity values varied depending on the treatments, with the lowest level occurring in the biodegradable mulch application (11.6) and the highest level in the silver/black PE mulch application (30.3). In terms of total yield, the lowest value was found in the control application (925.8 kg/da), while the highest value was recorded in the silver/black PE mulch application (1374.2 kg/da).

In conclusion, it was determined that the use of mulch in lettuce cultivation under greenhouse conditions positively affected plant development, yield, and certain quality parameters by improving the soil microclimate, with the silver/black PE mulch application emerging as a particularly prominent option.

KEYWORDS: Lettuce, Mulch, Plastic, Soil temperature, Yield

COMMITTEE:

Assoc. Prof. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

Prof. Dr. Ahmet KURUNÇ

Prof.Dr. Sedat BOYACI



ÖNSÖZ

Bilimsel çalışmalar, araştırmacının yalnızca elde ettiği bulguları değil, aynı zamanda bu sürece eşlik eden duygu, düşünce ve deneyimlerini de içinde barındırır. Bu kapsamda hazırlanan bu tez çalışması, sera koşullarında farklı malç filmlerinin marul (*Lactuca sativa*) yetiştiriciliği üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Bu konunun seçilmesinde, hem ülkemizde örtü altı marul üretiminin artan önemi hem de verimliliği artırmaya yönelik malç uygulamalarının üreticiler için pratik çözümler sunması etkili olmuştur.

Araştırmanın yürütüldüğü süreç boyunca çeşitli teknik, çevresel ve zamana bağlı kısıtlarla karşılaşmış; ancak bu zorluklar çalışmanın bilimsel niteliğine katkıda bulunacak şekilde değerlendirilmiştir. Özellikle sera koşullarında marul yetiştiriciliğine ilişkin gözlemler, malç uygulamalarının bitki gelişimine olan etkilerinin daha kapsamlı anlaşılmasına olanak sağlamıştır. Bununla birlikte, araştırma sürecinde elde edilen deneyimlerin, ilerleyen yıllarda bu alanda çalışma yapmak isteyen araştırmacılara yol gösterici nitelikte olacağı düşünülmektedir.

Bu tez çalışmasının planlanması, yürütülmesi ve sonuçlandırılması sürecinde bilimsel rehberliği, akademik birikimi, yönlendirmeleri ve kıymetli katkılarıyla çalışmanın her aşamasında yanımda olan danışmanım Doç. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN hocama en derin teşekkürlerimi sunarım. Kendilerinin akademik disiplin, araştırma etiği ve bilimsel titizlik konularındaki yaklaşımı, bu çalışmanın metodolojik yapısının şekillenmesine ve bilimsel kalitesinin artmasına önemli ölçüde katkı sağlamıştır. Çalışmanın yürütülmesi sırasında görüş ve önerileriyle katkı sağlayan bölümümüzün değerli öğretim üyelerine, araştırmanın uygulanması sürecinde destek veren teknik personel ile laboratuvar ve sera çalışmalarında yardımcı olan tüm görevli ve çalışanlara teşekkür ederim. Araştırmanın sürdürülmesine olanak sağlayan kurum ve birimlere, çalışma ortamı, altyapı ve gerekli materyal desteği için ayrıca minnettarım.

Tez süreci yoğun çalışma dönemlerini, akademik sorumlulukları ve zaman zaman karşılaşılan zorlukları içerdiğinden, bu süreçte manevi desteğin önemi büyüktür. Bu nedenle, her aşamada yanımda olarak beni motive eden, anlayışı ve desteğiyle güç veren eşim Hatice ÇALIK KOYAK'a şükranlarımı sunarım. Yine, uzun çalışma saatlerinde moral kaynağı olan ve ev ortamında huzur sağlayan kedilerimiz Mars ve Pars'ın bana sağladığı psikolojik rahatlığı da ayrıca anmak isterim. Hayatımın her döneminde olduğu gibi, akademik çalışmalarım boyunca da yanımda olarak beni destekleyen, sabır, anlayış ve teşvikleriyle güç veren aileme en içten teşekkürlerimi sunarım. Onların varlığı ve desteği, bu çalışmanın başarıyla tamamlanmasında en önemli motivasyon kaynaklarımdan biri olmuştur.

Bu çalışmanın, alana katkı sağlayacak araştırmalara ve uygulama önerilerine ışık tutması dileğiyle...

Kutay KOYAK

ANTALYA-2026

İÇİNDEKİLER

ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI.....	4
2.1. Malç materyallerinin üzerine yapılan çalışmalar.....	4
2.2 Marul Bitkisi Üzerinde Yapılan Çalışmalar	10
3. MATERYAL VE METOT.....	14
3.1. Araştırma Alanı	14
3.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri.....	15
3.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri.....	16
3.4. Araştırma Serası	16
3.5. Araştırmada Kullanılan Malç Örtü Malzemeleri.....	17
3.6. Araştırmada Sera İçi Çevre Koşullarının Belirlenmesinde Kullanılan Aletler	19
3.6.1. PAR quantum algılayıcısı	19
3.6.2. Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm aleti.....	20
3.6.3. Toprak sıcaklığını belirlemede kullanılan Isıl çift (Termokupl) aleti	20
3.6.4. Veri kayıt cihazı.....	21
3.7. Toprak Nem İçeriğinin Belirlenmesi.....	21
3.8. Serada Bitkisel Üretim	22
3.8.1. Bitki materyali	22
3.8.2. Deneme deseni.....	23
3.8.3. Sulama ve gübreleme.....	24

3.8.4. Bitki verim ve kalite parametrelerine ilişkin yapılan ölçüm ve analizler	24
3.9. İstatistiksel Yöntem	27
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	28
4.1. Farklı Malç Materyallerinin Toprak Sıcaklığı Üzerine Etkisi.....	28
4.2. Farklı Malç Materyallerinin Toprak Nem İçeriği Üzerine Etkisi.....	31
4.3. Farklı Malç Materyallerinin Marul Bitkisinde Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi.....	33
5. SONUÇ	40
6. KAYNAKLAR.....	41
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum **“Farklı Malç Filmlerinin Toprak Sıcaklığı Ve Toprak Nem İçeriği İle Sera Koşullarında Yetiştirilen Marul Bitkisinde Bazı Kalite Ve Verim Parametrelerine Etkisi”** adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

16/01/2026

Kutay KOYAK

İmzası



SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

°C	:	Santigrat derece
%	:	Yüzde
µm	:	Mikrometre
cm	:	Santimetre
mm	:	Milimetre
m ²	:	Metrekare
kg	:	Kilogram
g	:	Gram
da	:	Dekar
ha	:	Hektar
dS/m	:	DesiSiemens metre
kg/da	:	Dekar başına kilogram
kg/ha	:	Hektar başına kilogram
L/h	:	Saatte litre
atm	:	Atmosfer basıncı
MPa	:	Megapascal
N	:	Newton
cN	:	Santinewton
PAR	:	Fotosentetik aktif radyasyon
UV	:	Ultraviyole ışınım
MD	:	Makine yönü (Machine Direction)
TD	:	Enine yön (Transverse Direction)

Tezde ondalık ayıraç olarak nokta (.) kullanılmıştır

Kısaltmalar

AF	:	Anti-fog (Buğu önleyici)
ANOVA:		Varyans analizi
AÜ	:	Akdeniz Üniversitesi
EC	:	Elektriksel iletkenlik
EN	:	Avrupa Standardı (European Norm)
EVA	:	Etilen vinil asetat
FAO	:	Gıda ve Tarım Örgütü
HR	:	Yüksek dayanım (High Resistance)
IR	:	Infrared (Kızılötesi)
LDPE	:	Düşük yoğunluklu polietilen
LMV	:	Marul mozaik virüsü (<i>Lettuce mosaic virus</i>)
PE	:	Polietilen
pH	:	Asitlik–bazlık derecesi
PP	:	Polipropilen
SÇKM:		Suda çözünebilir kuru madde
UV	:	Ultraviyole
TÜİK	:	Türkiye İstatistik Kurumu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisindeki deneme alanının uydu görüntüsü	14
Şekil 3.2. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisindeki araştırma serası.....	17
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan malç materyalleri ile toprak yüzeyinde oluşturulan yastıklar	17
Şekil 3.4. Çalışmada kullanılan biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç	18
Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç	19
Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan quantum algılayıcısının sera içinde konumu	20
Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan T tipi ısıtıcı ve sera içinde konumu	21
Şekil 3.8. Malç uygulamasında toprak örneği alma.....	22
Şekil 3.9. Denemede kullanılan marul fideleri	23
Şekil 3.10. Denemede solarizasyon uygulaması.....	23
Şekil 3.11. Yaprak sayımı sonrası marul gövdesi a) Biobozunur malç uygulaması; b) Gümüş/siyah PE malç uygulaması; c) Siyah PE malç uygulaması; d) Kontrol (malçsız) uygulaması	24
Şekil 3.12. Farklı malç uygulamalarında kök uzunluğu a) Biobozunur malç; b) Gümüş/siyah PE malç; c) Siyah PE malç; d) Kontrol (malçsız).....	25
Şekil 3.13. SÇKM miktarının ölçümünde kullanılan Milwaukee MA871 model dijital refraktometre	26
Şekil 3.14. Farklı malç uygulamalarında pH ölçümü	26
Şekil 3.15. Minolta marka renk ölçüm cihazı	27
Şekil 4.1. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen minimum toprak sıcaklık değerleri	28
Şekil 4.2. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen maksimum toprak sıcaklık değerleri	29
Şekil 4.3. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen ortalama toprak sıcaklık değerleri	30
Şekil 4.4. Farklı malç uygulamalarında yetiştirme periyodu sürecince toprak neminin değişimi	32

Şekil 4.5. Araştırma serasında marul bitkisinin yetiştirme periyodu sürecince almış olduğu günlük ortalama PAR ışınlımı.....	33
Şekil 4.6. Deneme süresince sera iç ve dış ortam minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri	34
Şekil 4.7. Deneme süresince sera iç ve dış ortam minimum, maksimum ve ortalama bağıl nem değerleri.....	35



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Antalya ili uzun yıllık ortalama iklim verileri (1930-2024).....	15
Çizelge 3.2. Çalışmanın yürütüldüğü yıl yıllık ortalama iklim verileri (2024-2025).....	15
Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	16
Çizelge 3.4. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri	16
Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan malç malzemelerinin bazı teknik özellikleri.....	18
Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan malç malzemelerinin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri (Anonim 2025b; Anonim 2025c).....	19
Çizelge 4.1. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde bitki boy, baş çapı, kök boğaz çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi	36
Çizelge 4.2. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde yaprak sayısı, baş ağırlığı ve verim üzerine etkisi	37
Çizelge 4.3. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde SÇKM, titrasyon asitliği ve pH üzerine etkisi	37
Çizelge 4.4. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde renk ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi	38

1. GİRİŞ

Günümüzde tarım ve bahçecilik alanında sürdürülebilir üretim yaklaşımları, artan dünya nüfusu, sınırlı doğal kaynaklar ve iklim değişikliğine bağlı çevresel baskılar nedeniyle giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Özellikle örtüaltı yetiştiriciliğinde, birim alandan elde edilen verimin artırılması kadar su, enerji ve diğer üretim girdilerinin etkin kullanımı da sürdürülebilir tarımsal üretimin temel bileşenleri arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, bitki yetiştirme ortamında mikroklimayı düzenleyen ve enerji-su dengesini iyileştiren kültürel uygulamalar ön plana çıkmakta; aynı zamanda üretimde kullanılan materyallerin çevresel etkilerinin azaltılmasına yönelik biyobazlı ve biyobozunur materyallerin tarımsal uygulamalarda kullanımı giderek önem kazanmaktadır (Malinconico, 2017; Iqbal vd. 2020).

Örtüaltı yetiştiriciliğinde yaygın olarak kullanılan kültürel uygulamalardan biri olan malçlama, toprak yüzeyinin organik veya inorganik materyallerle örtülmesi esasına dayanmaktadır. Malçlama uygulamaları; toprak sıcaklığının düzenlenmesi, toprak neminin korunması, yabancı ot gelişiminin baskılanması ve buharlaşma yoluyla gerçekleşen su kayıplarının azaltılması gibi çok yönlü etkiler sağlamaktadır. Bu etkiler, bitkilerde erkenciliği teşvik etmekte ve toplam verim ile pazarlanabilir ürün miktarının artmasına katkıda bulunmaktadır (Ghosh vd. 2006; Mutetwa ve Mtaita, 2014; Haque vd. 2018a).

Malç materyallerinin bitki gelişimi üzerindeki etkileri yalnızca toprak yüzeyinde fiziksel bir örtü oluşturmalarıyla sınırlı olmayıp, aynı zamanda toprak-atmosfer-bitki sistemi içerisindeki enerji dengesinin yeniden düzenlenmesiyle yakından ilişkilidir. Splittstoesser (1990) polietilen esaslı plastik malçları toprak yüzeyine uygulanan sentetik örtüler olarak tanımlamakta ve bu örtülerin toprak-atmosfer etkileşimini düzenleyerek mikroklimatik koşullar üzerinde etkili olduğunu belirtmektedir. Malçlama uygulamaları organik ve inorganik materyaller kullanılarak gerçekleştirilebilmekte; organik malç materyalleri arasında bitkisel artıklar, saman ve kompost materyalleri yer alırken, inorganik malç materyalleri arasında ise farklı renk ve özelliklere sahip plastik filmler ile reflektif yüzeyler bulunmaktadır (Kurtar vd. 2010). Bu materyallerin yüzey özellikleri, kısa ve uzun dalga radyasyonun yansıma, soğurma ve iletim süreçlerini değiştirerek toprak mikroklimasını doğrudan etkilemekte ve bu yolla bitki gelişimi üzerinde belirleyici rol oynamaktadır.

İnorganik malç materyalleri içerisinde polietilen (PE) esaslı plastik malçlar, örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan malç türü olarak öne çıkmaktadır. Plastik malçların optik özellikleri, toprak yüzeyindeki enerji akışını değiştirerek kök bölgesi sıcaklığı ve nem rejimini belirlemekte, böylece bitki gelişimi için daha elverişli bir mikroklima oluşturmaktadır. Ham vd. (1993) Plastik malçların güneş radyasyonunu absorbe etme ve yansıtma özelliklerinin, toprak sıcaklığı rejimini doğrudan etkilediğini ve bu etkinin bitki gelişimi açısından kritik olduğunu ortaya koymuştur.

Plastik malçların rengi, oluşturulan mikroklimanın niteliği üzerinde belirleyici bir faktördür. Siyah renkli plastik malçlar güneş radyasyonunu yüksek oranda absorbe ederek toprak sıcaklığını artırmakta ve erkenciliği teşvik etmektedir. Buna karşılık, beyaz, gümüş veya gümüş/siyah renkli reflektif malçlar ışığı yansıtma özellikleri sayesinde bitki örtüsüne ulaşan ışık miktarını artırabilmekte ve bitki fotosentezini dolaylı olarak

destekleyebilmektedir. Renkli plastik malçların bitki gelişimi üzerindeki bu etkileri, yansıyan ışığın niceliği ve spektral dağılımı ile ilişkilidir (Decoteau vd. 1988; Csizinsky vd. 1995).

Malç yüzeyinden yansıyan ışığın spektral özellikleri yalnızca bitki gelişimi ve verimi üzerinde değil, aynı zamanda zararlı böceklerin davranışları üzerinde de etkili olabilmektedir. Reflektif malçların bazı zararlıların bitkilere yönelmesini azaltarak virüs hastalıklarının yayılımını sınırlandırabildiği bildirilmektedir (Liakatas vd. 1986; Abak vd. 1990; Farios ve Santos, 1997). Bu özellikler, gümüş ve gümüş/siyah plastik malçları örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde hem verim hem de bitki sağlığı açısından önemli alternatifler hâline getirmektedir.

Son yıllarda plastik sektöründe geliştirilen gümüş/siyah renkli malç filmleri, hem ışık yansıtma özellikleri hem de bitki-malç temas yüzeyinde aşırı ısınmayı sınırlandırması nedeniyle örtüaltı yetiştiriciliğinde yaygınlaşmaktadır. Gümüş yüzeyin ışığı yansıtması sayesinde bitki yapraklarının alt kısımlarında mikroklimatik koşulların iyileştiği, yaprak yüzeyinde aşırı nemlenmenin ve buna bağlı olarak bazı hastalık etmenlerinin baskılandığı bildirilmektedir. Ayrıca gümüş/siyah malçların, bitki yüzey sıcaklığını düşürerek yaprak yanıklığı riskini azalttığı ve verim artışına katkı sağladığı ifade edilmektedir (Tarım Kredi İmece Plastik, 2019). Bu bulgular, reflektif malçların agronomik etkilerinin pratik üretim koşullarında da gözlemlendiğini göstermektedir.

Bununla birlikte, geleneksel polietilen plastik malçların kullanım sonrası topraktan uzaklaştırılma zorunluluğu, çevresel kirlilik, atık yönetimi sorunları ve mikroplastik oluşumu gibi çevresel riskleri beraberinde getirmektedir. Bu durum, tarımsal üretimde çevre dostu alternatiflerin geliştirilmesini gerekli kılmıştır. Son yıllarda bu amaçla biyobozunur plastik malçlara olan ilgi giderek artmaktadır. Biyobozunur malçlar, üretim sezonu sonunda toprağa karıştırılarak mikroorganizmalar tarafından parçalanabilen yapıları sayesinde çevresel açıdan daha sürdürülebilir bir seçenek sunmaktadır (Kasirajan ve Ngouajio, 2012; Bandopadhyay vd. 2018). Biyobozunur plastik malçlar, hasat sonrası arazide bırakılarak toprak içerisine işlenebilmekte ve toprak ortamında mikroorganizmalar tarafından parçalanabilmeleri nedeniyle polietilen plastik malçlara kıyasla daha pratik ve ekolojik avantajlar sunmaktadır. Bununla birlikte, biyobozunur özellikteki plastik malçların bitki gelişim sezonu boyunca malçlamadan beklenen tüm agronomik faydaları ne ölçüde karşılayabildiği ile farklı iklim ve toprak koşullarındaki tarımsal performanslarının ortaya konulmasına yönelik çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır (Tüzen, 2023).

Biyobozunur plastik malçlar, kullanım süresince polietilen malçlara benzer şekilde toprak mikroklimasını düzenleyebilmekte; toprağa karıştırıldıktan sonra ise karbon girdisi ve fiziksel parçacıklar yoluyla toprak mikrobiyal topluluklarını etkileyebilmektedir. Ancak bu malçların farklı iklim ve toprak koşullarındaki agronomik performansları ile uzun vadeli ekosistem etkileri konusunda literatürde sınırlı sayıda karşılaştırmalı çalışma bulunmaktadır (Bandopadhyay vd. 2018; Iqbal vd. 2020). Bu durum, özellikle sera koşullarında biyobozunur ve geleneksel plastik malçların birlikte değerlendirildiği çalışmalara olan ihtiyacı ortaya koymaktadır.

Marul (*Lactuca sativa* L.), kısa vejetasyon süresi, yüksek ekonomik değeri ve yıl boyunca üretime uygunluğu nedeniyle örtüaltı yetiştiriciliğinde yaygın olarak yetiştirilen

önemli bir yapraklı sebzedir. Marul bitkisi kök bölgesi sıcaklığı ve toprak nemine oldukça duyarlı olup, bu nedenle malç uygulamalarına hızlı ve belirgin tepkiler vermektedir. Yapılan çalışmalar, farklı plastik malç materyallerinin marul yetiştiriciliğinde toprak sıcaklığı, toprak nemi, su kullanımı, verim ve bazı kalite parametreleri üzerinde önemli etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır (Gheshm ve Brown, 2020; Di Mola vd. 2020; Adamczewska-Sowińska vd. 2025).

Literatürde, toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği başta olmak üzere plastik malçlar ve renkli malç uygulamalarının farklı sebze türlerinde verim ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerini inceleyen çok sayıda çalışma bulunmaktadır. Buna karşın, sera koşullarında özellikle biyobozunur malçlar ile geleneksel siyah ve gümüş/siyah polietilen malçların marul bitkisinde toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği üzerindeki etkilerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirildiği çalışmalar sınırlı sayıdadır. Bu nedenle, sera marul yetiştiriciliğinde farklı malç materyallerinin oluşturduğu mikroklimatik koşulların, özellikle toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği açısından ortaya konulması ve bu koşulların bitki gelişimi ile verim ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerinin ayrıntılı olarak incelenmesine ihtiyaç duyulmaktadır.

Bu çalışmanın amacı, sera koşullarında kullanılan farklı malç materyallerinin marul bitkisinde toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği üzerindeki etkilerini belirlemek; buna bağlı olarak verim ve bazı kalite parametreleri ile bitki gelişiminde meydana gelen değişimleri değerlendirmektir. Ayrıca, elde edilen bulgular doğrultusunda sera marul yetiştiriciliğinde yüksek verim ve kaliteyi destekleyen uygun malç materyalinin belirlenmesine katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. KAYNAK TARAMASI

Çalışma kapsamında kaynak taraması iki bölümde incelenmiştir. Birinci bölümde malç materyalleri üzerine yapılan çalışmalar, ikinci bölümde marul bitkisi üzerine yapılan çalışmalar ele alınmıştır.

2.1. Malç materyallerinin üzerine yapılan çalışmalar

Sera koşullarında malç uygulamalarının bitki gelişimi, verim, kalite ve toprak mikrokliması üzerindeki etkileri çok sayıda araştırmada ele alınmıştır. Malç, toprak yüzeyini örtmek amacıyla kullanılan doğal veya yapay materyallerden oluşmakta olup, sebze yetiştiriciliğinde erkencilik, verim ve kaliteyi artıran temel kültürel uygulamalardan biri olarak tanımlanmaktadır (Gazan vd. 2017). Bu çalışmalarda, özellikle siyah, gümüş-siyah ve biyobozunur gibi malç materyallerinin toprak sıcaklığı ve toprak nem rejimini düzenleyerek kök bölgesinde daha elverişli bir yetiştirme ortamı oluşturduğu bildirilmektedir. Malç uygulamalarının, sera ortamında toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmayı azalttığı, yabancı ot gelişimini baskıladığı ve bitkilerin su ile besin elementlerinden daha etkin yararlanmasını sağladığı ifade edilmektedir. (Kasirajan ve Ngouajio, 2012; Steinmetz vd., 2016; Haque vd., 2018a).

Malç materyalleri içerisinde plastik malçlar, yakın zamanlarda özellikle seralaradaki üretimlerde toprak yüzeyinin kaplanmasında yaygın olarak kullanılan başlıca materyaller arasında yer almaktadır (Steinmetz vd. 2016). Sektörde yaygın olarak kullanılan plastik malç filmleri siyah renkli olanlardır. Bununla birlikte, ticari olarak üretilen plastik malç filmleri arasında gümüş, kırmızı, mavi, sarı ve yeşil gibi farklı renk seçenekleri de bulunmaktadır (Decoteau vd. 1988; Caruso vd. 2019). Sera koşullarında yürütülen çalışmalarda, özellikle siyah ve gümüş/siyah polietilen malçların toprak sıcaklığını artırarak erkencilik sağladığı ve toplam verimi anlamlı düzeyde yükselttiği rapor edilmiştir. Artan toprak sıcaklığının erken dönemde kök gelişimini teşvik ettiği, bunun da bitki boyu, yaprak sayısı ve toplam biyokütlede artışa yol açtığı belirtilmektedir. Bu kapsamda, ülkemizde erken dönemde yürütülen çalışmalardan biri olan Pakyürek vd. (1994), farklı plastik malç materyallerinin sera koşullarında yetiştirilen domates bitkisinde gelişme ve verim üzerine olumlu etkiler oluşturduğunu bildirmiştir.

Gelişen teknolojiyle birlikte, son yıllarda toprak ekosistemini korumaya yönelik olarak petrol bazlı bileşen içermeyen alternatif malç materyalleri geliştirilmiştir. Biyobozunur malç olarak tanımlanan bu materyaller; nişasta, selüloz, bitkisel yağlar ve bunların kombinasyonları kullanılarak üretilen, kullanım sonrası toprak ortamında biyolojik olarak parçalanabilen bir malzeme grubunu oluşturmaktadır. Sera koşullarında biyobozunur malçlar ile yürütülen çalışmalarda, bu materyallerin geleneksel polietilen malçlarla karşılaştırılabilir düzeyde verim ve kalite sağladığı; bazı durumlarda ise toprak biyolojik aktivitesi ve besin elementi döngüsü üzerinde olumlu etkiler oluşturduğu bildirilmektedir. (Kasirajan ve Ngouajio, 2012; Sintim ve Flury, 2017; Mahmoud vd., 2021). Bununla birlikte, biyobozunur malçların performansının; malç materyalinin kimyasal bileşimi, kalınlığı, bozunma hızı ve yetiştirme süresi gibi faktörlere bağlı olarak değişiklik gösterebildiği vurgulanmaktadır. (Sintim ve Flury, 2017; Mahmoud vd., 2021).

Genel olarak, sera koşullarında farklı renk ve özellikteki malç materyallerinin karşılaştırıldığı araştırmalar, malç uygulamalarının üretim performansını artıran önemli

bir kültürel işlem olduğunu ortaya koymaktadır. Ancak malç materyali seçiminde bitki türü, yetiştirme dönemi ve çevresel koşulların dikkate alınmasının, elde edilecek verim ve kalite düzeyi açısından belirleyici olduğu belirtilmektedir. (Kasirajan ve Ngouajio, 2012; Decoteau vd., 1988; Haque vd., 2018a).

Maged (2006), farklı malç türlerinin toprak çevre koşulları ile hıyar (*Cucumis sativus* L.) bitkisinin büyüme ve verimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, plastik ve organik malç uygulamalarının toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği üzerinde önemli değişimlere neden olduğu, malç uygulanan parsellerde kontrol (malçsız) uygulamasına kıyasla toprak sıcaklığının daha yüksek ve toprak neminin daha stabil olduğu belirlenmiştir. Özellikle plastik malçların, toprak yüzeyinden gerçekleşen buharlaşmayı azaltarak kök bölgesinde daha elverişli bir mikroklima oluşturduğu ifade edilmiştir. Toprak çevre koşullarında sağlanan bu iyileşmenin, bitki gelişim parametreleri üzerinde doğrudan etkili olduğu; malç uygulamalarında bitki boyu, yaprak sayısı ve vejetatif gelişimin kontrol parsellerine göre arttığı bildirilmiştir. Ayrıca, malç kullanılan parsellerde toplam verim ve ortalama meyve ağırlığının anlamlı düzeyde yükseldiği rapor edilmiştir. Araştırmacı, malç uygulamalarının toprak sıcaklığı ve nem rejimini düzenleyerek bitki kök bölgesinde daha dengeli bir ortam oluşturduğunu ve bunun sebze yetiştiriciliğinde verim artışı ile suyun daha etkin kullanımına katkı sağladığını vurgulamıştır.

Changade ve Kumar (2022), farklı malçlama tekniklerinin toprak nemi dağılımı üzerindeki etkilerini inceleyerek malç uygulamalarının su tutma kapasitesi ve kök bölgesi nem dengesine katkısını değerlendirmiştir. Çalışmada siyah plastik malç, gümüş plastik malç, pirinç samanı malçı, toprak malç ve malçsız kontrol uygulaması karşılaştırılmıştır. Toprak nemi hem dikey (5–20 cm) hem de yatay (5–20 cm) mesafelerde ölçülmüştür. Araştırmanın bulgularına göre siyah plastik malç (%22.33) ve gümüş plastik malç (%22.67), 20 cm derinliğe kadar en yüksek nem korunumunu sağlayan uygulamalar olmuştur. Bu malç türleri, buharlaşmayı azaltarak hem dikey hem de yatay yönde suyun daha etkin hareket etmesini sağlamış, böylece kök bölgesinde daha uzun süre optimum nem düzeyi korunmuştur. Buna karşılık, toprak malç ve malçsız kontrol koşullarında özellikle yüzeyde (5 cm) düşük nem değerleri gözlenmiş, damlatıcıdan uzaklaştıkça nem oranındaki düşüş daha belirgin hâle gelmiştir. Pirinç samanı malçı ise özellikle üst toprak profillerinde (0–10 cm) malçsız uygulamalara göre daha iyi nem koruması sağlamıştır. Bununla birlikte plastik malçlara kıyasla nem tutma performansı daha sınırlı kalmıştır. Çalışma genel olarak malç uygulamalarının kök bölgesindeki nem kaybını azalttığını, suyun dikey yönde daha etkin hareket etmesini sağladığını ve bitki gelişimi için gerekli nem koşullarını önemli ölçüde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır. Elde edilen bulgular, özellikle örtü altı yetiştiriciliğinde malç kullanımının bitki su stresini azaltabileceğini, daha dengeli bir mikroklima sağlayarak verim ve kalite parametrelerini dolaylı olarak destekleyebileceğini göstermektedir. Dolayısıyla çalışma, sera koşullarında marul yetiştiriciliğinde kullanılan malç filmlerinin sadece sıcaklık ve ışık düzenleyici değil, aynı zamanda nem yönetimi açısından da kritik bir tarımsal uygulama olduğunu vurgulamakta; bu yönüyle tez çalışmandaki malç film uygulamalarının etkilerinin anlaşılması için önemli bir literatür katkısı sunmaktadır.

Adamczewska-Sowińska vd. (2025), farklı malç türlerinin (siyah, beyaz, kırmızı ve alüminyum kaplı PE filmler; siyah ve kahverengi PP dokusuz yüzeyler; biyobozunur film) açıkta yetiştirilen küçük meyveli domates bitkilerinin gelişimi ve verimi üzerindeki

etkilerini incelemiştir. Çalışma sonuçlarına göre tüm malç türleri, malçsız kontrol ile karşılaştırıldığında bitki morfolojik özelliklerinde (bitki boyu, gövde çapı, yan dal genişliği ve yaprak sayısı) anlamlı artış sağlamıştır. Özellikle kırmızı PE film, bitki boyu ve yaprak sayısını en fazla artıran uygulama olmuştur (Temmuz–Ağustos ortalaması: 158.3 cm ve 46.4 yaprak). Verim açısından, siyah PP malç en yüksek toplam ve pazarlanabilir verimi sağlamıştır (ortalama 19.71 t/ha). Buna karşın biyobozunur malç (Fbio), sentetik malçlara göre daha düşük toplam verim üretmiş olsa da kontrol uygulamasından daha yüksek verim sağlamış ve tarla sonrası kaldırma gerektirmemesi nedeniyle sürdürülebilirlik açısından avantaj sunmuştur. Ortalama pazarlanabilir verimde biyobozunur malç 11.06 t/ha değerine ulaşmış ve kontrolün üzerinde bir performans sergilemiştir. Meyve kalitesi parametrelerinde ise malç türleri arasında belirgin farklılıklar gözlenmiştir. Biyobozunur malç, domateslerde yüksek polifenol, likopen ve potasyum içeriği üretmiş; buna karşın PE filmler daha yüksek vitamin C, toplam şeker ve karotenoid içeriği sağlamıştır. Özellikle likopen düzeyi, biyobozunur malçta en yüksek değer olan 22.31 mg/kg seviyesine ulaşmıştır. Sonuç olarak çalışma, sentetik malçların bitki gelişimi ve verimi daha güçlü artırdığını, fakat biyobozunur malçların çevresel sürdürülebilirlik, kalite bileşenleri (likopen, polifenol) ve kullanım kolaylığı açısından önemli bir alternatif sunduğunu göstermektedir.

Torres-Olivar vd. (2018), farklı renklerde plastik malçların turşuluk hıyar yetiştiriciliğinde toprak sıcaklığı, bitki gelişimi ve verim üzerine etkilerini incelemiş ve tüm plastik malç uygulamalarının toprak sıcaklığını malçsız koşullara göre anlamlı biçimde artırdığını bildirmiştir. Artan toprak sıcaklığının özellikle erken büyüme döneminde bitki boyu, yaprak alanı ve sürgün kuru ağırlığında belirgin artışlara yol açtığı; siyah, gümüş/siyah ve alüminyum/siyah malçların en yüksek büyüme performansını sağladığı tespit edilmiştir. Fotosentez hızında önemli bir farklılık gözlenmemekle birlikte, malç uygulamalarının toplam verimi ortalama %80'in üzerinde artırdığı ve en düşük verimin beyaz/siyah malç ile kontrol parsellerinde gerçekleştiği rapor edilmiştir. Çalışma, plastik malçların mikroklimayı iyileştirerek hıyar verimini anlamlı düzeyde yükselttiğini ve malç renginin çevresel koşullara göre optimize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.

Tüzen vd. (2021), çalışmalarında, siyah polietilen (PE) plastik malçın domates yetiştiriciliği üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada malç uygulaması yapılan parsellerde gövde çapı 17.23 mm, kontrolde ise 15.30 mm olarak belirlenmişler ve istatistiksel olarak fark anlamlı olarak bulmuşlardır. ($p < 0.05$). Benzer şekilde toplam verim malç uygulamasında 18.78 kg/da, kontrolde ise 16.75 kg/da olarak kaydedilmiş ve malçın verimi anlamlı derecede artırdığını rapor etmişlerdir. Buna karşılık bitki boyu (186 cm civarı), meyve şekil indeksi, kromatik değerler (chroma, hue), SÇKM, meyve sertliği ve titre edilebilir asitlik gibi kalite parametrelerinde anlam ifade eden bir fark görememişlerdir ($p > 0.05$). Vitamin C içeriği açısından kontrol grubunun 41.13 mg 100/g, malç uygulamasının ise 38.86 mg 100/g değerine sahip olduğu belirlenmiş ve bu fark istatistiksel olarak anlamlıdır sonucuna varmışlardır ($p < 0.01$). Çalışma, siyah PE malçın toprak nemini koruyarak, toprak sıcaklığını artırarak ve kök aktivitesini güçlendirerek bitki gelişimini desteklediğini ve verimi yükselttiğini; ancak bazı kalite parametrelerinde (özellikle vitamin C) malçsız koşulların daha yüksek değerler oluşturabildiğini gösterdiğini belirtmişlerdir. Sonuç olarak, siyah PE malç domates yetiştiriciliğinde verim artırıcı etkili bir yöntem olarak önermişlerdir.

Amare ve Desta (2021), çalışmalarında, farklı renklerdeki plastik malçların toprak sıcaklığı, toprak nemi, su kullanım etkinliği, bitki gelişimi, verim ve ürün kalitesi üzerindeki etkilerini geniş bir literatür taramasıyla değerlendirmektedirler. Çalışmalarında, siyah ve mavi renkli malçların toprak sıcaklığını artırdığını; beyaz ve şeffaf malçların ise düşürdüğünü rapor etmektedirler. Renkli malçların meyve, kök, yumru ve soğan verilerini artırdığını ve TSS, vitamin C ve meyve suyu oranı gibi kalite parametrelerini iyileştirdiği belirtilmektedir. Ayrıca yabancı ot yoğunluğunun ve bazı viral hastalıkların azalmasında da etkili olduğu vurgulanmaktadır. Bununla birlikte, mikroplastik birikimi, toprak yapısında bozulma, bazı bitkilerde verim düşüşü ve zararlı popülasyonlarında artış gibi olası olumsuz etkiler de ele alınmıştır. Çalışmada, renkli plastik malç kullanımının iklim, bitki türü, kök bölgesi sıcaklığı ve su yönetimi gibi faktörlere bağlı olarak dikkatle planlanması gerektiğini ortaya koymuşlardır.

Karaca vd. (2018), çalışmalarında su stresi (I_{100} , I_{75} , I_{50}) altında farklı malç uygulamalarının turşuluk hıyarın su ve verim kullanım etkinliğine (WUE) etkisini araştırmışlardır. Malç materyali olarak organik (buğday sapı) ve inorganik materyal (polipropilen üründen yapılan agro tekstil) kullanılmıştır. Çalışmada uygulanan farklı malç materyallerinden agro tekstil uygulamasında en yüksek verim elde edildiği gibi hıyara uygulanan farklı sulama seviyelerinde ise I_{75} su seviyesinde aynı zamanda en yüksek WUE ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri elde edilmiştir.

Kapur ve Şahiner (2019), yaptıkları çalışmalarında Türkiye'nin üretim miktarı ile dünyada ilk beşte yer aldığı çilek (*Fragaria x ananassa* cv. Fortuna) türünde İspanyol tipi yüksek tüneller altında 2016-2017 yetiştiricilik döneminde iki farklı sulama rejimi (IR_{100} ve IR_{50}) ile üç farklı malç materyali (gri, siyah, şeffaf ve kontrol) uygulamalarının toprak nemi ve meyvelerdeki bazı pomolojik özellikler üzerine etkilerini incelemişlerdir. Çalışmaları sonucunda, IR_{100} (397 mm) uygulamalarında gri malç (ortalama, %34.3) altında toprak nemi dönem boyunca en yüksek seviyede kaldığını ve bunu, sırası ile siyah (%33.4), şeffaf (%27.3) ve kontrol (%23.9) uygulamalarını takip ettiğini gözlemlemişlerdir. IR_{50} (288mm) sulama rejiminde kontrol uygulamasının solma noktasına çok yakın seyrettiği gözlediklerini, malçlama ile su içeriğinin arttığı ve en fazla nem içeriğini ise gri (%26.3), siyah (%24.9) ve şeffaf (%23.8) olarak sıralandığını gözlemlemişlerdir. Artan sulama suyu miktarıyla çilekte verim artışının yanında, ortalama meyve ağırlığının da önemli düzeyde arttığı tespit etmişlerdir. Meyve boyutu üzerine farklı malç tipleri değerlendirdiklerinde, çilek tarımında kullanılan malçın; yabancı ot kontrolü, toprak nemini koruması gibi olumlu etkileri olması yanında, meyve boyutunu önemli ölçüde değiştirdiğini saptamışlardır. Genel anlamda en iyi meyve boyutlarının gri malçın kullanıldığı bitkilerden elde edildiği, bunu ise ticari olarak da yaygın olarak kullanılan siyah malçın izlediğini tespit etmişlerdir. En düşük değer olarak ise malç kullanılmayan parsellerden elde ettiklerini belirtmişlerdir.

Kurtar (2010), çalışmasında ısıtmasız cam serada sonbahar dönemi yazlık kabak (*Cucurbita pepo* L.) yetiştiriciliğinde malç uygulamalarının (siyah, şeffaf ve gri PE) toprak sıcaklığı, verim ve kalite üzerine etkilerini araştırmıştır. Çalışmada malç uygulamalarının toprak sıcaklığı üzerine etkilerini belirlemek amacıyla 5 ve 10 cm toprak derinliğindeki sıcaklık değerleri bir toprak termometresi yardımıyla saptanmıştır. Araştırmacı malç uygulamalarının malçsız ortama göre toprak sıcaklığını önemli ölçüde arttırdığını aynı zamanda toprak derinliğinde sıcaklık üzerinde etkili olduğunu bildirmiştir. Çalışmada 5 ve 10 cm toprak derinliğindeki ortalama sıcaklık değerleri en

fazla siyah malçta (20.03 ve 20.15 °C) en az ise malçsız uygulama kontrol konusunda (17.58 ve 17.61 °C) belirlenmiştir.

Salman vd. (2000), farklı renklerde polietilen malçların serada hıyar yetiştiriciliği üzerindeki etkilerini incelemiş ve malç kullanımının bitki gelişimi ile verimi belirgin şekilde artırdığını bildirmiştir. Çalışmada gümüş, siyah ve şeffaf malçlar ile malçsız toprak karşılaştırılmıştır. Bulgulara göre tüm malç türleri, malçsız uygulamaya göre bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alanı ve taze/kuru ağırlığı artırmıştır. Vegetatif büyüme bakımından en yüksek değerler gümüş malç ile elde edilirken, en yüksek verim siyah malçta gerçekleşmiştir. Malç uygulamaları ayrıca toprak sıcaklığını önemli ölçüde yükseltmiş; özellikle şeffaf malç, erken dönemlerde en yüksek sıcaklık artışını sağlamıştır. Artan toprak sıcaklığı, kök bölgesinde daha elverişli bir mikroklima oluşturarak bitki büyümesini ve besin elementlerinin (özellikle nitrat-N) alımını desteklemiştir. Verim üzerine etkiler incelendiğinde, malçlı uygulamaların tamamı malçsız toprağa göre daha yüksek verim sağlamış; siyah malç en yüksek verimi üretirken, gümüş ve şeffaf malçlar ikinci sırada yer almıştır. Genel olarak çalışma, malç renklerinin toprak ısı, besin dinamikleri ve verim üzerinde belirleyici olduğunu; siyah malçın verim, gümüş malçın ise vegetatif gelişim açısından öne çıktığını göstermektedir.

Demirkaya vd. (2022), çalışmalarında farklı renklerdeki PE malçların (mavi ve siyah PE) serada hıyar yetiştiriciliği üzerine etkilerini incelemiştir. Damla sulama+malçlı konulara verilen sulama suyu miktarları malçsız+damla sulama (kontrol) konusuna göre yaklaşık %16 oranında azalmıştır. Aynı zamanda hıyar bitkisinde malç uygulamalarının kontrol konusuna göre verimi artırdığı saptanmıştır. Kontrol konusuna göre verim, damla sulama+mavi malç konusunda %37, damla sulama+siyah malç konusunda %34 artmıştır. Bununla birlikte araştırmacılar kontrol konusunda en yüksek yabancı ot kuru biyomasını saptamışlardır.

Choudhary vd. (2022), sebze üretiminde kullanılan organik ve inorganik malç çeşitlerini değerlendirerek malç uygulamalarının bitki gelişimi, toprak fiziksel özellikleri ve verim üzerine çok yönlü olumlu etkiler oluşturduğunu bildirmiştir. Derlemeye göre plastik (polietilen) malçlar, özellikle siyah renkli olanlar, toprak sıcaklığını 2–6°C arasında artırarak erkenciliği teşvik etmekte, kök bölgesinde daha dengeli bir nem-ısı ortamı oluşturarak bitki boyu, yaprak alanı, sürgün gelişimi ve fotosentetik aktiviteyi önemli ölçüde artırmaktadır. Ayrıca malç uygulamaları toprakta buharlaşmayı azaltmak suretiyle su kullanım etkinliğini %40–60 oranında iyileştirmekte, sulama ihtiyacını düşürmekte ve yabancı ot gelişimini baskılamaktadır. Siyah plastik malç ışık geçirgenliğini tamamen engellediği için yabancı ot kontrolünde en etkili seçenek olarak belirtilmiştir. Organik malçların ise toprağın organik madde mahiyetini yükselterek su tutma kapasitesini ve mikrobiyal aktiviteyi geliştirdiği, ancak geniş alanlı ticari üretimde uygulama ve işçilik açısından sınırlılıklar taşıdığı ifade edilmiştir. Genel olarak çalışma, sebze üretiminde malç kullanımının verimde %20–70 oranında artış ve 7–21 günlük erkencilik sağlayarak ekonomik geri dönüşü önemli ölçüde yükselttiğini, aynı zamanda sürdürülebilir üretim sistemlerinde toprak sağlığının korunmasına katkı sunduğunu vurgulamaktadır.

Korkmaz ve Balkaya (2016), sonbahar döneminde yaptıkları çalışmada taze fasulye yetiştiriciliğinde farklı renklerde plastik malç (sarı, siyah ve şeffaf PE) uygulamalarının erkencilik, verim ve kalite üzerine etkilerini araştırmışlardır.

Araştırmacılar farklı renklerde uygulanan malç uygulamalarının malçsız uygulamalara göre toprak sıcaklıklarını (10 cm derinlikte) önemli derecede artırdığını bildirmişlerdir. Çalışmada 10 cm toprak derinliğindeki ortalama sıcaklar sırasıyla siyah malçta 24.3 °C, sarı malçta 23.4 °C, şeffaf malçta 22.9 °C ve kontrol uygulamasında 21.4 °C olarak saptanmıştır. Araştırmada siyah malç uygulamasının sonbahar döneminde, taze fasulye yetiştiriciliğinde erkencilik ve verimlilik unsurları üzerinde olumlu etkilerinin diğer farklı renkteki malçlara göre daha yüksek olduğu belirtilmiştir.

Haapala vd. (2015), 2 farklı biyolojik olarak parçalanabilen plastik malç ve farklı kağıt malçların açıkta yetiştirilen hıyar bitkisinin verimine etkisini araştırmışlardır. Parsellerin toprak sıcaklıkları, yetiştirme sezonu boyunca takip edilmiştir. Toprak sıcaklığı, koyu renkli malçlarda açık renkli malçlara göre daha fazla artırmıştır. Malçlar erken mevsimde toprağı daha fazla ısıtırken, bitkiler büyüdüğünde ve yapraklar malç yüzeyini kapladığında ısıtma etkisi azalmıştır. Çalışmada ele alınan malçların tümü, malç uygulanmayan çıplak toprağı göre verimi arttırmıştır.

Ünlü vd. (2006), çalışmalarında, 4 farklı malç uygulamasının (mavi, yeşil, şeffaf, siyah) kontrole (malçsız) göre domatesin verim ve kalite özelliklerine etkilerini tespit etmek amacıyla yürütmüşlerdir. Denemelerinin sonucunda, kontrol uygulaması dışındaki tüm uygulamalarda toprak sıcaklığında bir artış söz konusu olduğunu gözlemlemişlerdir. En yüksek verimin şeffaf malç uygulamasından (8469 kg/da) elde edildiğini, en düşük verimin ise kontrol uygulamasından (5128 kg/da) elde edildiğini bulmuşlardır. Siyah malç uygulaması en yüksek meyve ağırlığını (151.21 g) verirken kontrol uygulamasında en düşük değeri (118.40 g) verdiğini tespit etmişlerdir. pH, briks ve delinme direnci sırasıyla; 4.43-4.51, 3.67-4.00 ve 1.514-1.767 kg/cm² arasında değişim gösterdiğini gözlemlemişlerdir.

Moore ve Wszelaki (2019), plastik malçların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak ve biberde meyve kalitesine artırmak amacıyla farklı malç materyalleri [polietilen siyah malç, WeedGuardPlus (kâğıt malç, açık kahverengi), Bio360 (polyester karışımlar veya nişastasız siyah malç), Organix siyah, Naturecycle (özel biyoplastik, nişasta polyester karışımı siyah), Exp-PLA/PHA amorf siyah, Organix siyah üzerine beyaz malç] ile kontrol (malçsız) uygulamasını karşılaştırmışlardır. Çalışmada 2017 yılında en düşük verime sahip olan Naturecycle dışında, uygulamalar arasında verimler benzer bulunmuştur. 2018 yılında ise en yüksek verim elle temizlenen malçsız uygulamadan elde edilmiştir. Çalışmada yabancı ot kontrolüne karşı diğer uygulamalara kıyasla kâğıt malç uygulamasının önemli derecede daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Polietilen plastik malç uygulamalarının hem yabancı ota karşı etkisiz kaldığı hem de sıcaklık stresine sebep olduğu saptanmıştır. Polietilen uygulamasının ayrıca meyve miktarını azalttığı ve kalitesini düşürdüğü de bildirilmiştir. Bunun aksine beyaz malç ve kâğıt malçların toprak yüzeyini soğutarak sıcaklık stresine karşı koruma sağladığı, bu nedenle meyve kalitesi ve ürün miktarını önemli derecede artırdığı ifade edilmiştir.

Campanale vd. (2024), biyobozunur malç filmlerinin tarımsal üretimdeki kullanımını, çevresel etkilerini ve uygulamaya yönelik sınırlılıklarını kapsamlı bir derleme çalışmasıyla değerlendirmiştir. Çalışmada, toprakta biyobozunur olarak tanımlanan malç filmlerinin (örneğin nişasta bazlı, PBAT içeren ve biyopolimer esaslı materyaller) geleneksel polietilen (PE) malçlara alternatif olarak geliştirilme nedenleri ve kullanım alanları ele alınmıştır. Araştırmada biyobozunur malçların, toprak yüzeyinden

buharlaşmayı azaltarak toprak neminin korunmasına katkı sağladığı, yabancı ot gelişimini baskıladığı ve toprak sıcaklığını düzenleyerek bitki kök bölgesinde daha dengeli bir mikroklima oluşturduğu belirtilmiştir. Derlemede, biyobozunur malçların birçok sebze türünde verim ve kalite bakımından polietilen malçlarla karşılaştırılabilir sonuçlar verdiği; bazı çalışmalarda ise özellikle besin elementleri alımı, toprak biyolojik aktivitesi ve organik madde döngüsü açısından olumlu etkiler sağladığı rapor edilmiştir. Bununla birlikte, biyobozunur malçların bozunma hızının iklim koşulları, toprak özellikleri, polimer bileşimi ve malç kalınlığına bağlı olarak değiştiği; bu durumun malçların tarla performansı ve yetiştirme süresi boyunca etkinliği üzerinde belirleyici olduğu vurgulanmıştır. Çalışmada ayrıca, biyobozunur malç kullanımının plastik atık oluşumunu ve tarımda mikropplastik birikimi riskini azaltma potansiyeline sahip olduğu; buna karşın bazı biyobozunur malç materyallerinde üretim maliyetleri, mekanik dayanımın sınırlı olması ve standartların henüz tam olarak netleşmemesi gibi kısıtların bulunduğu ifade edilmiştir. Sonuç olarak, araştırmacılar biyobozunur malç filmlerinin çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif sunduğunu, ancak farklı ekolojik koşullar ve bitki türleri için performanslarının netleştirilmesine yönelik uzun dönemli tarla çalışmalarına ihtiyaç olduğunu belirtmiştir.

2.2 Marul Bitkisi Üzerinde Yapılan Çalışmalar

Örtüaltı yetiştiriciliği; rüzgâr, yağmur, kar ve aşırı sıcaklık gibi olumsuz dış atmosfer koşullarından bağımsız olarak bitkisel üretim yapılabilmesine olanak sağlayan, yüzeysel örtüler, alçak ve yüksek tüneller ile seraları kapsayan bir üretim sistemi olarak tanımlanmaktadır. Tarımda çevre koşullarının kontrol altına alınması sayesinde, açık tarla tarımına kıyasla en yüksek verim artışı örtüaltı yetiştiriciliğinde, özellikle de sera üretim sistemlerinde sağlanabilmektedir. Türkiye’de örtüaltı tarımı önemli bir üretim potansiyeline sahiptir. Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK, 2024) verilerine göre, 2024 yılı itibarıyla toplam örtüaltı üretim alanı 776.110 da olup, bunun 508.856 da’lık kısmını seralar, 267.254 da’lık kısmını ise alçak ve yüksek tüneller oluşturmaktadır. Aynı yıl örtüaltı sebze üretimi yaklaşık 8,1 milyon ton, meyve üretimi ise yaklaşık 1,0 milyon ton olarak gerçekleşmiş ve toplam örtüaltı üretim miktarı 9.1 milyon ton düzeyine ulaşmıştır. Sebze üretiminde domates yaklaşık 4.1 milyon ton ile ilk sırada yer alırken, hıyar 1.1 milyon ton üretim ile ikinci sırada bulunmakta; bu ürünleri biber ve karpuz izlemektedir. Meyve grubunda ise yaklaşık 723 bin ton üretim ile muz ilk sırada yer almaktadır (TÜİK, 2024). Salata ve marul grubu sebzeler, gerek ülkemizde gerekse dünyada yaygın olarak üretilen ve tüketilen önemli sebze türleri arasında yer almaktadır. FAO’nun 2023 yılı verilerine göre dünya marul üretimi yaklaşık 28.1 milyon ton olarak gerçekleşmiş olup, üretimde Çin ilk sırada yer almakta; bu ülkeyi sırasıyla ABD, Hindistan ve İspanya izlemektedir. Türkiye’de ise 2024 yılı itibarıyla Iceberg, kıvrıcık ve göbekli marul çeşitlerini kapsayan toplam marul üretimi yaklaşık 220.933 da alanda 602.848 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2024). Marul bitkisinin kısa vejetasyon süresine sahip olması, yüksek ekonomik değeri ve yıl boyunca üretime uygunluğu, bu türün örtüaltı yetiştiriciliğinde önemli bir yere sahip olmasını sağlamaktadır. Bu nedenle marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteyi artırmaya yönelik kültürel uygulamalar, özellikle sera koşullarında yapılan akademik çalışmalarda sıklıkla ele alınmaktadır.

Gheshm ve Brown (2020), siyah polietilen ve beyaz/siyah polietilen malçların crisphead marul yetiştiriciliğinde toprak sıcaklığı, bitki gelişimi ve verim üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, plastik malç uygulamalarının malçsız koşullara

kıyasla toprak mikroklimasını iyileştirdiği belirlenmiştir. Siyah polietilen malç uygulamasında 5 cm toprak derinliğinde ölçülen ortalama toprak sıcaklığı 18.9 °C, beyaz/siyah polietilen malçta 17.7 °C, malçsız kontrolde ise 17.1 °C olarak saptanmıştır. Siyah malç uygulamasının toprak sıcaklığını istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırdığı bildirilmiştir ($p < 0.01$). Verim açısından değerlendirildiğinde, her iki plastik malç uygulamasında da marulun toplam verim değerlerinin malçsız kontrole göre anlamlı düzeyde yükseldiği belirlenmiştir. Siyah polietilen ve beyaz/siyah polietilen malç uygulamalarında ortalama verim sırasıyla 5.76 kg/m² ve 5.71 kg/m² olarak ölçülürken, kontrol(malçsız) uygulamasında bu değer 4.57 kg/m² olarak kaydedilmiştir. Bununla birlikte, siyah ve beyaz/siyah malç uygulamaları arasında toplam verim bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır. Çalışmada, verim artışının yalnızca toprak sıcaklığındaki yükselmeden değil, aynı zamanda toprak neminin korunması ve kök bölgesinde daha dengeli bir ortam oluşmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

González vd. (2025), yaptıkları çalışmalarında, farklı malç tekniklerinin Iceberg marulun morfolojik gelişimi, verimi, biyokimyasal kompozisyonu ve hasat sonrası depolama sürecindeki fonksiyonel değerleri üzerindeki etkilerini kapsamlı biçimde incelemişlerdir. Araştırmada dört farklı malç tipi değerlendirilmiştir: malçsız toprak (BG), kuru yonca (DA), beyaz biyobozunur film (WPF) ve siyah PE plastik film (BPF). Çalışmalarında toplam taze kütle (MFT) ve ticari taze kütle (MFC) verilerinin siyah PE plastik film ile en yüksek seviyeye ulaştığı belirtmişlerdir. (MFT: 454.47 g/bitki, MFC: 382.62 g/bitki), en düşük değer ise kuru yonca uygulamasında gözlenmişlerdir. (MFT: 284.57 g, MFC: 247.70 g). Bitki ağırlığı ve baş sıklığı bakımından siyah PE plastik film belirgin şekilde üstün bulmuşlardır. Renk parametreleri (L^* , a^* , b^*), baş ve sap kroması ile renk açıları ise malç tiplerine göre değişiklik gösterdiğini; özellikle renk açısından hem baş hem sap için istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar rapor etmişlerdir ($p < 0.05$). Çalışmanın öne çıkan bulgularından birinde, biyokimyasal bileşenlerde depolama süresine bağlı önemli değişimlerin malç tipi ile ilişkili olduğu sonucuna ulaşmışlardır. Siyah plastik film (BPF), klorofil a, klorofil b ve karotenoid içeriklerinde depolamanın 4. gününde en yüksek değerlere ulaşmışlardır. Buna karşın kuru yonca (DA) uygulaması, bireysel fenolik bileşikler, toplam fenolik içerik (TPC) ve vitamin C açısından en yüksek seviyeleri 4. ve 8. günlerde verdiğini gözlemlemişlerdir. Bu durumun organik malç materyalinin toprakta parçalanmasıyla sağladığı yüksek N, P, Ca, Mg ve mikroelement katkılarıyla ilişkili olduğu belirtilmişlerdir. PCA analizine göre, BPF uygulaması bitki ağırlığı ve baş sıklığını en güçlü pozitif etkileyen faktörken, DA uygulaması toplam fenolik bileşikler, klorojenik asit, çikornik asit ve vitamin C üzerinde en yüksek olumlu etkiyi gösteren faktör olarak belirlenmiştir. Sonuç olarak çalışmalarında, plastik malçların verim ve fiziksel kaliteyi artırırken, organik malçların biyolojik ve fonksiyonel kaliteyi (antioksidan kapasite, fenolik bileşikler, vitamin C) daha fazla iyileştirdiği sonucuna ulaşmışlardır. Bu nedenle yetiştirme amacına göre malç seçiminin marulun hem verimi hem de fonksiyonel değerini belirleyici olduğu sonucunu vurguladığını belirtmişlerdir.

Di Mola vd. (2020), sera koşullarında yetiştirilen baş marulda farklı malç filmleri (siyah polietilen ve kahverengi fotoselektif film), azot dozları (0, 30, 60 ve 90 kg N ha⁻¹) ve *Trichoderma spp.* uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuçlara göre, pazarlanabilir verim üzerinde malç materyali ve azot dozunun etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmuş, *Trichoderma* uygulamasının verim üzerinde belirgin bir etkisi görülmemiştir. Kahverengi fotoselektif malç uygulaması, siyah

polietilen malça göre pazarlanabilir verimi yaklaşık %7.9 artırmıştır. Bu uygulamada baş taze ağırlığı 290.8 g/bitki, baş çapı 25.2 cm ve yaprak sayısı 47.8 adet olarak belirlenmiştir. Azot uygulamalarında 60 kg N/ha dozu verim ve gelişim açısından optimum seviye olarak tespit edilmiştir. Ayrıca fotoselektif malç uygulamasında askorbik asit içeriği 19.6 mg 100/g, siyah polietilen malçta ise toplam klorofil içeriği yaklaşık %7.7 daha yüksek bulunmuştur.

Öz vd. (2021), yaptıkları çalışmada farklı malç materyallerinin şeffaf renkli PE, siyah renkli PE ve sektörde hava balonlu ambalaj ürünü olarak satılan şeffaf renkli PE marul bitkisinin gelişimi ve bazı mineral besin elementleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmacılar, hasat edilen marul bitkisinde kuru ağırlık değerleriyle P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn ve Cu analizleri yaparak uygulamalar arasındaki farklılıkları saptamıştır. Bitki kuru ağırlığı üzerine kontrol grubunda elde edilen veriler diğer uygulamalar ile karşılaştırıldığında; en etkili malç uygulamalarının şeffaf PE malç ile balonlu PE malç uygulamaları olduğunu en fazla besin elementi alımının ise şeffaf PE malç ve balonlu PE malç uygulamaları altında yetişen bitkiler tarafından gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir.

Mkhabela vd. (2019), tarafından sera koşullarında yürütülen bir araştırmada, farklı malç materyallerinin marul bitkisinin toprak nemi, büyüme ve verim parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Çim malçının %9.3 ile en yüksek toprak nemi koruma kapasitesine sahip olduğu; plastik ve yaprak artığı malçlarının ise %8.9 ile benzer performans gösterdiği bildirilmişlerdir. Çim malçı aynı zamanda bitki boyu, yaprak sayısı, yaprak alan indeksi ve yaş/kuru verim bakımından diğer uygulamalardan daha yüksek değerler sağlamış ve en yüksek yaş verim 164.7 g olarak ölçülmüştür. Plastik ve yaprak artığı malçları da malçsız kontrole göre olumlu etki gösterirken, en düşük değerler kontrol uygulamasında kaydedilmiştir. Araştırmanın genel bulguları, malçlamanın toprak nemini koruyarak bitki gelişimini desteklediğini ve marul verimini anlamlı şekilde artırdığını ortaya koymaktadır

Franquera (2015), farklı renklerde plastik malçların marulun TSS, toplam şeker ve klorofil içeriği üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırma kapsamında gümüş (kontrol), kırmızı, turuncu, sarı ve yeşil malçlar değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonuçlarına göre kırmızı plastik malç, marulda en yüksek TSS (6.04%) değerini sağlamış; sarı plastik malç ise toplam şeker (0.72) ve klorofil a/b içeriklerinde diğer renklerden daha yüksek sonuç vermiştir. Romaine çeşidinin Looseleaf çeşidine göre TSS, toplam şeker ve klorofil içeriklerinde daha yüksek değerlere sahip olduğu belirlenmiştir. Çalışmasında genel olarak malç renginin bitkinin mikroklimasını değiştirerek marulun fizyolojik özelliklerinde önemli farklılıklar oluşturduğunu, özellikle kırmızı ve sarı malçların kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediğini göstermiştir

Pacetti vd. (2025), Yaptıkları çalışmalarında, organik biyobozunur malçların (OM1, OM2) sulanan marul üretiminde su verimliliği (WP) ve su ayak izi (WF) üzerine etkilerini incelemişlerdir. Arazi denemelerinde OM uygulaması sulama ihtiyacını %8–50 azalttığını ve su verimliliğini belirgin şekilde artırdığını gözlemlemişlerdir. Örneğin 2022 Temmuz denemesinde WPi, kontrolde 16.80 kg/m³ iken OM2 ile 28.66 kg/m³'e çıkmış; 2022 Eylül denemesinde OM2 ile 40.78 kg/m³ değerine ulaşmışlardır. Su ayak izi analizinde OM2'nin toplam WF'yi düşürdüğü görülürken, OM1'in bazı senaryolarda (yüksek yoğunluklu malzeme kullanımı nedeniyle) WF'yi artırdığı rapor etmişlerdir.

AquaCrop simülasyonları üreticilerin %86–95 oranında aşırı sulama yaptığını göstermiş ve kontrollü sulamada OM uygulamasının WP'yi 291.6 kg/m³ gibi çok yüksek değerlere çıkarabileceğini ortaya koyduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmalarında, organik malçların su tüketimini azaltmada ve su verimliliğini artırmada etkili olduğunu, ancak çevresel etkinin kullanılan malçın üretim özelliklerine bağlı olarak değiştiğini vurgulamaktadırlar.

Koçar (2001), sera koşullarında marul yetiştiriciliğinde farklı renklerde polietilen malç kullanımının erkencilik, verim ve bazı kalite özellikleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Isıtmasız cam serada yürütülen çalışmada saydam, siyah, beyaz, mavi, sarı, gri ve altı siyah üstü beyaz polietilen malç materyalleri ile kontrol (malçsız) uygulaması karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, malç uygulamalarının tamamı kontrol uygulamasına kıyasla marul bitkisinde erkenci ve toplam verim değerlerini artırmıştır. Özellikle saydam ve siyah polietilen malç uygulamalarında erkenci hasat oranlarının daha yüksek olduğu, toplam verim ve ortalama baş ağırlığı bakımından ise altı siyah üstü beyaz polietilen malç uygulamasının öne çıktığı belirlenmiştir. Söz konusu uygulamada kontrole göre yaklaşık %21,4 oranında verim artışı sağlandığı bildirilmiştir. Ayrıca malç uygulamalarının pazarlanabilir yaprak oranını artırdığı ve atılan yaprak oranını azalttığı ifade edilmiştir.

Pittarello vd. (2025), Akdeniz koşullarında yüksek bitki sıklığında yetiştirilen marulda, kısa ömürlü biyobozunur malç filmlerinin verim ve bazı besinsel kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. Çalışmada karboksimetil selüloz (CMC), kitosan (CS) ve sodyum aljinat (SA) esaslı deneysel biyobozunur malçlar; ticari Mater-Bi® biyobozunur film ve PE malç ile karşılaştırılmıştır. Deneysel biyobozunur malçların yaklaşık üç hafta boyunca etkili olduğu, bu sürenin ardından mekanik dayanımlarını kaybederek parçalandığı; Mater-Bi® ve PE malçların ise hasada kadar yapısal bütünlüklerini koruduğu belirlenmiştir. Malç uygulamalarının toprak kimyasal özellikleri üzerinde anlamlı bir değişime yol açmadığı, marulda taze ve kuru ağırlık ile klorofil, toplam fenolik bileşik ve antioksidan kapasite değerlerinin tüm uygulamalarda benzer düzeylerde olduğu rapor edilmiştir. Bu bulgular, kısa süreli biyobozunur malç kullanımının marulun verim ve besinsel kalite özellikleri açısından geleneksel malç materyalleriyle karşılaştırılabilir sonuçlar sağlayabildiğini göstermektedir. Ayrıca, erken gelişme döneminde yabancı ot kontrolü ve toprak yüzeyinin korunması açısından kısa ömürlü biyobozunur malçların yeterli olabileceği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir alternatif sunduğu ifade edilmiştir.

López-Marín vd. (2012), sera koşullarında yetiştirilen marulda iki düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) (şeffaf ve siyah), iki oxo-biyobozunur ve iki biyobozunur malç filminin toprak sıcaklığı ve verim üzerindeki etkilerini incelemiştir. Hasat, dikimden 45 gün sonra yapılmış; taze ve kuru ağırlık, yaprak sayısı, bitki boyu ve çapı değerlendirilmiştir. Sonuçlara göre, biyobozunur ve oxo-biyobozunur filmler verim ve büyüme parametreleri bakımından LDPE ile benzer agronomik performans göstermiştir. Koyu renkli malçlar toprak sıcaklığını daha fazla artırmış; oxo-biyobozunur filmlerin bozunma süresi biyobozunur filmlerden daha uzun bulunmuştur. Çalışma, biyobozunur malçların sera marul yetiştiriciliğinde LDPE'ye uygun bir alternatif olabileceğini göstermektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Araştırma Alanı

Antalya ili, Anadolu'nun güneybatısında Türkiye'nin Akdeniz kıyısında $29^{\circ}20'$ – $32^{\circ}35'$ doğu boylamları ile $36^{\circ}07'$ – $37^{\circ}02'$ kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. İlin toplam yüzölçümü 20.874 km^2 olup, bu alan Türkiye yüzölçümünün yaklaşık %2.6'sını oluşturmaktadır. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 54 m'dir (Anonim 2016).

Antalya ilinin topoğrafik yapısı büyük ölçüde dağlıktır ve il arazisinin yaklaşık %76'sı Toros Dağları ile kaplıdır. İl sınırlarının kuzey kesimi Toros Dağları tarafından çevrelenirken, güneyinde Akdeniz yer almaktadır. Antalya ili doğuda Mersin (İçel), Konya ve Karaman, kuzeyde Isparta ve Burdur, batıda ise Muğla illeri ile komşudur.

Topoğrafik yapıdaki bu farklılıklar, il genelinde iklim özellikleri, tarımsal üretim desenleri ve yerleşim yapısında önemli değişkenliklere neden olmaktadır. Bu doğrultuda Antalya ili fizyografik özelliklerine göre sahil ve yayla olmak üzere iki ana bölgeye ayrılmaktadır. Sahil kesimini Muratpaşa, Konyaaltı, Kepez, Döşemealtı, Aksu, Gazipaşa, Alanya, Manavgat, Serik, Kemer, Kumluca, Finike, Demre ve Kaş ilçeleri oluştururken; yayla kesimini Korkuteli, Elmalı, Gündoğmuş, Akseki ve İbradı ilçeleri oluşturmaktadır.

Çalışma alanı ise sahil kısmında yer alan Konyaaltı ilçesi sınırları içerisinde bulunan Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisinde bulunan 36 aylık UV+IR+LD+EVA+AF katkılı 180 mikron kalınlıklı PE örtülü bir araştırma serasında 2025-2026 yılı güz döneminde yürütülmüştür (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisindeki deneme alanının uydu görüntüsü

3.2. Araştırma Alanı İklim Özellikleri

Araştırma alanı Akdeniz iklim kuşağında yer almakta olup, yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllar ortalamalarına göre yıllık ortalama sıcaklık 18,9 °C, ortalama bağıl nem %63,7 ve toplam yıllık yağış 1039,8 mm'dir. Yağışların büyük bölümü kış ve ilkbahar aylarında gerçekleşirken, yaz aylarında yağış miktarı oldukça düşüktür. Bölgede günlük ortalama güneşlenme şiddeti 390,2 cal/cm²/dk düzeyinde seyretmekte olup, bu iklimsel koşullar sera yetiştiriciliğinde bitki gelişimi ve toprak mikrokliması üzerinde etkili olmaktadır. Antalya Meteoroloji Bölge İstasyonundan alınan bazı iklim verilerin uzun yıllık (1930-2024) ortalamaları Çizelge 3.1'de verilmiştir. Denemenin yürütüldüğü yıla ilişkin bazı iklim verileri ise Çizelge 3.2'de verilmiştir (Anonim 2025a).

Çizelge 3.1. Antalya ili uzun yıllık ortalama iklim verileri (1930-2024)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	Ort. Bağıl Nem (%)	Ort. 10 cm Toprak Sıcaklığı (°C)	Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Güneş Süresi (h)	Günlük Ort. Güneşlenme Şiddeti (cal/cm ² /dk)
Ocak	10.1	-4.3	23.9	229.5	67.2	8.5	3.2	4.9	195.4
Şubat	10.7	-4.6	26.7	149.1	66.5	9.6	3.2	5.7	265.7
Mart	12.9	-1.6	28.6	91.6	65.5	13.2	3.1	6.7	367.5
Nisan	16.4	1.4	36.4	48.5	67.2	18.3	2.7	7.9	449.4
Mayıs	20.7	6.7	41.7	33.3	67.1	24.3	2.5	9.7	531.1
Haziran	25.4	11.1	44.8	10.7	60.5	29.9	2.7	11.1	590.0
Temmuz	28.6	14.8	45.0	4.7	57.3	33.4	2.7	11.7	581.2
Ağustos	28.4	13.6	44.6	4.3	59.7	33.5	2.6	11.1	529.0
Eylül	25.3	10.3	42.5	16.9	58.8	29.1	2.7	9.7	450.7
Ekim	20.6	4.9	41.2	70.9	60.7	21.7	2.6	7.8	326.9
Kasım	15.5	0.0	33.0	128.0	65.4	14.6	2.7	6.3	224.9
Aralık	11.7	-1.9	25.4	252.3	68.9	10.0	3.0	4.8	170.6
Yıllık	18.9	-4.6	45.0	1039.8	63.7	20.5	2.8	8.1	390.2

Çizelge 3.2. Çalışmanın yürütüldüğü yıl yıllık ortalama iklim verileri (2024-2025)

Aylar	Ort. Sıcaklık (°C)	Min. Sıcaklık (°C)	Max. Sıcaklık (°C)	Ort. Toplam Yağış Miktarı (mm)	Ort. Bağıl Nem (%)	Rüzgâr Hızı (m/s)
Ocak	14.1	8.2	23.1	126.2	65.9	0.9
Şubat	10.8	1.3	21.0	52.1	46.8	1.7
Mart	16.4	6.2	27.5	28.8	57.5	1.2
Nisan	17.0	8.8	27.1	58.0	66.6	1.3
Mayıs	21.8	13.7	37.6	20.1	68.0	1.2
Haziran	27.5	16.5	41.9	-	56.0	1.4
Temmuz	29.4	23.2	46.1	-	65.1	1.6
Ağustos	29.6	24.0	43.4	-	68.4	1.6
Eylül	27.4	21.4	39.4	-	60.9	1.4
Ekim	21.7	13.1	31.3	-	61.5	1.5
Kasım	19.1	12.9	31.6	-	61.8	1.2
Aralık	15.7	0.0	22.6	-	62.3	1.4

3.3. Araştırma Alanı Toprak Özellikleri

Deneme alanına ilişkin toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri sırasıyla Çizelge 3.3 ve Çizelge 3.4’de verilmiştir. Çizelge 3.3’de görüldüğü gibi deneme alanı toprağı profil boyunca kil bünyeli toprak özelliğindedir. Toprağın hacim ağırlığı 0-15 ve 15-30 cm derinlikler için 1.33-1.34 g/cm³ arasında değişmektedir. Araştırma alanı toprağı nötr (pH=7.3 ve pH=7.4), fazla kireçli, hafif tuzlu, organik madde bakımından yeterli bir yapıya sahiptir. Tarla kapasitesi (TK) %29.7 ve %29.2 ortalama %29.5’dir. TK’nin toprak nem içeriğı derinlik cinsinden 117.9 mm’dir. Solma noktası (SN) %21.0 ve %20.8 ortalama %20.9’dir. SN’nin toprak nem içeriğı derinlik cinsinden 83.7 mm’dir.

Çizelge 3.3. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye analizi			Bünye	TK (%)	SN (%)	EN (%)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)	pH	Kireç (%)	EC (dS/m)
	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)								
0-15	29	24	47	Kil	29.7	21.0	8.7	1.33	7.3	19	2.87
15-30	29	24	47	Kil	29.2	20.8	8.4	1.34	7.4	21	2.91

Çizelge 3.4. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Organik madde (%)	P (kg/da)	K (kg/da)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Fe (ppm)	Mn (ppm)	Zn (ppm)	Cu (ppm)
0-30	4.1	53	294	6231	1056	19.1	5.2	10.5	2.8

3.4. Araştırma Serası

Çalışma Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Alanında bulunan yaklaşık 270 m² taban alanlı yay çatılı plastik serada yürütülmüştür. Araştırma serasının genişliği 10.0 m, uzunluğu 27.0 m, yan duvar yüksekliği 3.5 m, toplam mahya yüksekliği 4.5 m olup uzun eksenini kuzey-güney yönünde konumlandırılmıştır. Sera örtü materyali 36 aylık UV+IR+LD+EVA+AF katkılı 180 mikron kalınlıklı PE filmidir. Araştırma seralarında konstrüksiyon malzemesi olarak galvanizli çelik ve alüminyum profiller kullanılmıştır. Sera doğal havalandırma ile havalandırmaktadır. Havalandırma penceresi hem çatıda hem de yan duvarlar üzerinde yer almaktadır. Havalandırma pencerelerinin sera taban alanına oranı %25 olup sıcak iklim bölgesi için yeterlidir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Arazisindeki araştırma serası

3.5. Araştırmada Kullanılan Malç Örtü Malzemeleri

Çalışmada biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç materyalleri olmak üzere üç farklı malç materyali kullanılmıştır. Çift yüzlü olan gümüş/siyah PE malç malzemesinde siyah yüzey toprak altı tarafına gümüş yüzey toprak üstü tarafına gelecek şekilde serilmiştir. Benzer şekilde yine çift yüzlü olan biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç malzemesi ise beyaz yüzey toprak altı tarafına siyah yüzey toprak üstü tarafına gelecek şekilde serilmiştir (Şekil 3.3).



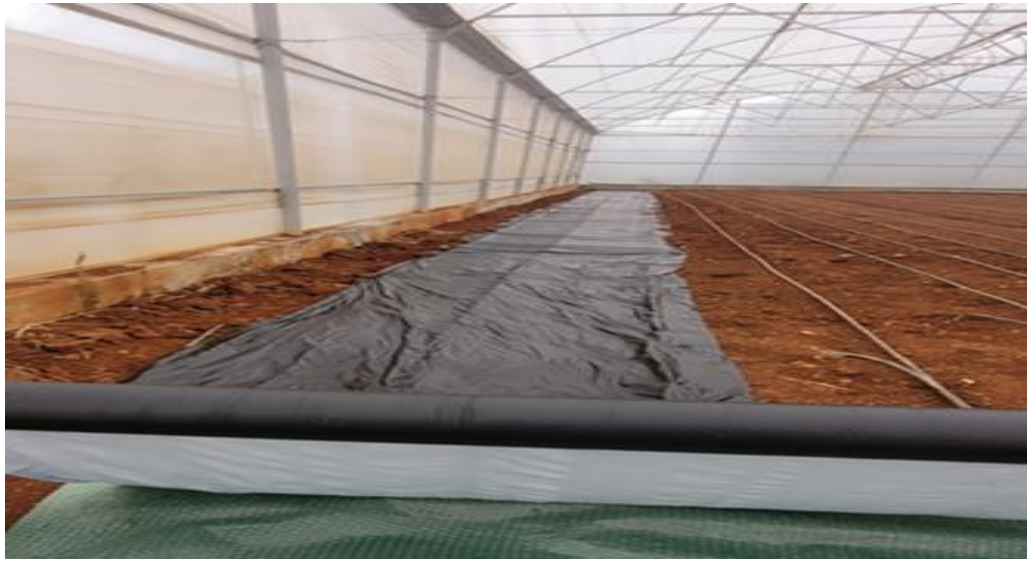
Şekil 3.3. Çalışmada kullanılan malç materyalleri ile toprak yüzeyinde oluşturulan yastıklar

Araştırmada kullanılan malç materyallerinin bazı genel özellikleri Çizelge 3.5’de verilmiştir.

Çizelge 3.5. Çalışmada kullanılan malç malzemelerinin bazı teknik özellikleri

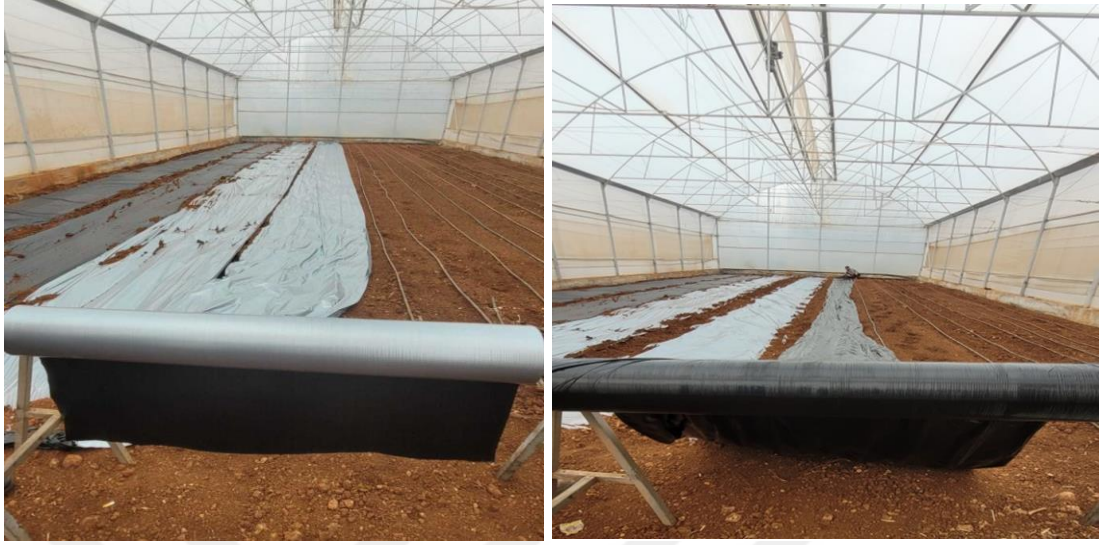
Malç Materyali	Kullanım süresi (ay)	Kalınlık (micron)	En (m)	Ambalaj şekli
Biobozunur malç	12	18	10.0	Rulo
Gümüş/Siyah PE malç	12	20	4.4	Rulo
Siyah PE malç	12	15	2.2	Rulo

Çalışmada kullanılan organik polimerlerden üretilmiş nişasta bazlı biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç, İtalya'dan Eiffel S.p.A. sera örtü malzemesi üreticisinden temin edilmiştir (Şekil 3.4). Biyolojik olarak parçalanma özelliğine sahip biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç 12 ay boyunca kullanımı uygun olup 12 aydan sonra parçalanma özelliğine sahip malçtır. Toplam ışınım geçirgenliği $\leq \%3$ olup ışığı yansıtma yüzdesi $\%47$ olarak belirtilmektedir. Işınım geçirgenliğinin düşük olması sayesinde yabancı ot gelişiminin baskılanmasına katkı sağlamaktadır. Malç malzemesinin beyaz yüzeyi ise ışığı yansıtıcı özelliğe sahip olup, özellikle sera koşullarında toprak yüzeyi sıcaklığının düzenlenmesine yardımcı olmaktadır (Anonim 2025c).

**Şekil 3.4.** Çalışmada kullanılan biyobozunur (siyah/beyaz) plastik malç

Gümüş/Siyah PE malç ve Siyah PE malç materyalleri ise geleneksel inorganik plastik malç grubudur Çağ Plastik San. ve Tic. Ltd. Şti. firmasından temin edilmiştir (Şekil 3.5). Gümüş/siyah PE malç ışığı yansıtma özellikli PE malç olarak adlandırılmaktadır. Gümüş yüzeyin reflektif yapısı sayesinde UV-A, UV-B ve PAR bölgesindeki ışığı yansıttığı, bu özelliğin böcek uzaklaştırıcı etki oluşturduğu ve yabancı ot gelişimini baskıladığı belirtilmektedir. Ayrıca bu reflektif yapı, toprak yüzeyinde buharlaşmanın azaltılmasına katkı sağlamaktadır. 290-380 nm dalga boylu UV ışınlarını yansıtma yüzdesi $\%18$ 'i geçmektedir. Tarım kimyasallarına karşı dayanımı sınırlı koşullarda hem gümüş/siyah PE hem de siyah PE malç için sülfür 800 ppm ve klor 30

ppm'lik düzeyine kadar dayanıklıdır. Siyah PE malç ise yüksek mekanik özelliklere sahiptir (Anonim 2025b).



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç

Araştırmada kullanılan malç materyallerinin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri ise Çizelge 3.6'da verilmiştir.

Çizelge 3.6. Çalışmada kullanılan malç malzemelerinin bazı mekanik ve fiziksel özellikleri (Anonim 2025b; Anonim 2025c)

Özellik		Biobozunur malç	Gümüş/Siyah PE malç	Siyah PE malç	Test Metodu
Çekme dayanımı (MPa)	MD	30	23	33	TS 1398-3 EN ISO 527-3
	TD	23	23	31	
Uzama oranı (%)	MD	200	380	500	TS 1398-3 EN ISO 527-3
	TD	450	450	600	
Darbe dayanımı (g/micron)		2.5	4	6	TS EN ISO 7765-1
IR etkinliği (%)		-	-	N.A	TS3782 EN ISO 13206:2017
Işınım geçirgenliği (%)	Toplam	-	0	0	EN ISO 2155-5
	Difüz		0	N.A	EN ISO 2155-9
UV geçirgenliği (%)	290-340 nm	-	0	0	EN ISO 2155-5
	290-380 nm		0	0	

3.6. Araştırmada Sera İçi Çevre Koşullarının Belirlenmesinde Kullanılan Aletler

3.6.1. PAR quantum algılayıcısı

Araştırmada deneme süresince marul bitkisinin aldığı günlük ortalama PAR (400-700 nm) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) değerlerini saptamak amacıyla 400-700 nm dalga boyuna duyarlı Kipp & Zonen 2 adet quantum algılayıcısı kullanılmıştır. Quantum (PAR) algılayıcılarının 1 adedi araştırma serasının içerisinde 1 adedi dış ortam koşullarına yerleştirilmiştir. PAR quantum algılayıcısının hassasiyeti $4\text{-}10 \mu\text{V}/\mu\text{mol}/\text{m}^2 \text{ s}$ arasında

değişmektedir. Quantum algılayıcısı sera içinde seranın orta kısmına gelecek şekilde toprak seviyesi ile yataylığı sağlanan 2.0 m yüksekliğindeki sehpa üzerine sera dışındaki algılayıcı ise meteoroloji alet siperinin üstüne yerleştirilmiştir (Şekil 3.6 ve Şekil 3.2) (Kittas vd. 2006). Günlük ortalama PAR ışınım değerlerinin belirlenmesinde 06:00-18:00 zaman aralığını dikkate alınmıştır (Geoola vd. 2004).



Şekil 3.6. Çalışmada kullanılan quantum algılayıcısının sera içinde konumu

3.6.2. Sıcaklık ve bağıl nem ölçüm aleti

Çalışmada sera içi ve dışı minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ile nem değerlerini saptamak amacıyla programlanabilir veri kayıt özellikli, -10 ile 50 °C arası sıcaklıkta ve %0 ile %100 arası bağıl nemde ölçüm veren 2 adet Testo marka cihaz kullanılmıştır. Sıcaklık ve nem veri kayıt cihazının 1 tanesi seranın içerisine, diğeri ise dış ortama yerleştirilmiştir. Sıcaklık ve bağıl nem ölçümünde kullanılan ölçüm aleti toprak seviyesi ile yataylığı sağlanan 1.5 m yüksekliğindeki sehpanın ayağına yerleştirilmiştir (Şekil 3.6) (Barroso vd. 1999). Araştırma serasında sera içi günlük minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık ve nem değerleri 24 saatlik zaman aralığına göre kaydedilmiştir

3.6.3. Toprak sıcaklığını belirlemede kullanılan Isıl çift (Termokupl) aleti

Çalışmada farklı malç uygulamalarının toprak sıcaklığı üzerinde etkisini incelemek amacıyla ısı çifti (termokupl) ile toprak sıcaklığı belirlenmiştir. Isıl çift olarak kablolu tip 1XCu-Const. T/C (T tipi) olarak adlandırılan -200 °C ile + 300 °C arası sıcaklıklarda ölçüm yapabilen cihazlar kullanılmıştır. Isıl çiftler seranın orta noktasına gelecek şekilde her bir farklı malç materyalleri ile oluşturulan yastıklara (her bir malç konusunda iki tekrardan birine) denk gelecek şekilde toprak yüzeyinden 15 cm derinliğe yerleştirilmiştir (Şekil 3.7). Çalışmada yeter sayıda ısı çifti olmasına rağmen veri kayıt cihazında ısı çifti için sadece beş kanal girişi bulunduğundan her bir konu için bir ısı çifti ve bir derinlik izlenmiştir. Toprak sıcaklık verileri 24 saatlik zaman aralığına göre kaydedilmiştir. Kablolu tipte olan T tipi ısı çiftleri sera içinde uygun plastik profillere sarılmış ve 15 cm derinliğe yerleştirilmiştir.



Şekil 3.7. Çalışmada kullanılan T tipi ısıt çift ve sera içinde konumu

3.6.4. Veri kayıt cihazı

Araştırmada quantum algılayıcılarından ve ısıt çift'den gelen sayısal verilerin toplanması ve bilgisayar ortamına aktarılması için veri kayıt cihazı olarak 15/60 analog kanal ve 128000 okuma hafızasına sahip, Delta-T Devices marka cihaz kullanılmıştır. Quantum algılayıcısı ile ısıt çiftin veri kayıt cihazı ile uygun kanal girişlerine bağlantısı sağlanmıştır. Kullanılan algılayıcı ve ısıt çiftten her 10 dakikada bir veri alımı sağlanacak şekilde programlanması yapılmıştır. Çalışma süresi boyunca kaydedilen veriler değerlendirilmek üzere veri kayıt cihazından bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Bilgisayar ortamında ise her on dakikada bir kaydedilen verilerden saatlik ve günlük ortalamalar elde edilmiştir. Veri kayıt cihazı dış ortam koşullarından etkilenmemesi için meteorolojik alet siperinin içerisine yerleştirilmiştir (Şekil 3.2). Çalışmada veri alımı hem sera içi hem de sera dış ortamı için 10 Ekim 2025 tarihinde başlamış ve 14 Kasım 2025 tarihine kadar devam etmiştir.

3.7. Toprak Nem İçeriğinin Belirlenmesi

Farklı malç uygulamalarının toprak nem içeriği üzerine etkisini belirlemek amacıyla deneme süresince 30 cm derinliğindeki toprak profilinin nem içeriği, her hafta gravimetrik örnekleme yapılarak izlenmiştir. Deneme konularından 0-15 cm ile 15-30 cm toprak katmanlarından örnekler alınmıştır. Toprak örnekleri iki damlatıcı ortası ve damlatıcı dibinden alınmıştır (Şekil 3.8). Toprak nem içeriği iki farklı noktadan alınan toprak örneklerinin ortalaması kabul edilmiştir. Elde edilen değerlere göre toprak nem içeriği kuru ağırlık yüzdesi (%) cinsinden hesaplanmıştır. Toprak örnekleri fide dikiminden (08 Ekim 2025) 11 gün sonra 20 Ekim 2025 tarihinde başlamış deneme sonuna (14 Kasım 2025) kadar her hafta (27 Ekim 2025, 03 Kasım 2025, 10 Kasım 2025 ve 14 Kasım 2025) olacak şekilde devam etmiştir.

Denemede malç uygulamalarından toprak örnekleri alınırken burgunun gireceği şekilde malç plastik el ile açılmış ve burgu yardımı ile uygun katmanlardan örneklerin alımı sağlanmıştır. Toprak örneği alındıktan sonra açılan toprak profili tekrar toprak ile doldurulmuştur. Açılan açıklık ise aynı tip malç plastikte yama şeklinde kapatılmıştır.

(Şekil 3.8). Böylece malç uygulamasında yapılan toprak örneklemesine bağlı olarak toprak nem içeriği ve toprak sıcaklığında meydana gelebilecek kayıpların önüne geçilmiştir.



Şekil 3.8. Malç uygulamasında toprak örneği alma

3.8. Serada Bitkisel Üretim

3.8.1. Bitki materyali

Bu çalışmada bitkisel materyal olarak Bereket Fide Ltd. Şti. firmasının kıvrıcık yapraklı marul türüne ait Kanaryole çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.9). Kanaryole marul çeşidi, taze tüketime uygun, yüksek pazar değerine sahip ve sera yetiştiriciliğinde yaygın olarak tercih edilen bir çeşit olarak bilinmektedir. Kanaryole çeşidi, vegetatif gelişim süreci boyunca yeknesak bir büyüme göstermekte, açık yeşil renkli, sık kıvrıcık yaprak yapısına ve albenili bir görünüme sahip olmaktadır. Bitkiler düzenli ve homojen bir baş oluşumu sergilemekte olup, uzun gün koşullarında geç sapa kalkma özelliği göstermesi nedeniyle sera koşullarında kalite ve verim açısından önemli bir avantaj sağlamaktadır.



Şekil 3.9. Denemede kullanılan marul fideleri

Araştırma alanında, sera toprağı yetiştirme ortamı olarak kullanılmıştır. Serada bitkisel üretime uygun bir yetiştirme ortamı sağlamak amacıyla yaz döneminde solarizasyon yapılmış sonrasında sera içinde bulunan toprak derinliği 30 cm'ye kadar işlenmiştir (Şekil 3.10). Marul fideleri 08.10.2025 tarihinde tek sıraya dikim şeklinde şaşırtılmıştır. Tek sıraya dikim şeklinde sıra üzeri ve sıra arası 40 cm olacak şekilde düzenlenmiştir. Farklı malç uygulamalarına bağlı olarak oluşturulan yastıklar 1.2 m genişliğinde ve 19 m uzunluğundadır. Her bir yastıkta 40 cm sıra arasına bağlı olarak 3 sıra hattı yer almıştır.



Şekil 3.10. Denemede solarizasyon uygulaması

3.8.2. Deneme deseni

Araştırmanın yürütüldüğü serada deneme parselleri tesadüf parselleri deneme desenine göre düzenlenmiş ve dört farklı malç (biobozunur malç, gümüş/siyah PE malç, siyah PE malç ve kontrol (malçsız)) uygulaması araştırılmıştır. Deneme parselleri 1.2x19 m boyutundadır. Denemede servis yolları (5 adet) 40 cm genişliğinde 19 m uzunluğundadır (Şekil 3.7). Çalışmada her bir malç uygulamasının bir sırasının başı, ortası ve sonu olmak üzere örnekler üç tekerrürlü olarak belirlenmiştir. Her bir tekerrür üç bitkiden oluşacak şekilde örneklenmiştir.

3.8.3. Sulama ve gübreleme

Araştırmada bitkilerin seraya dikiminden hasada kadar olan vejetasyon süresince damla sulama sistemi ile sulama yapılmıştır. Bitki yetiştirme dönemlerinde sulamalar, vejetasyon süresi boyunca 1 atm işletme basıncında, 4 L/h damlatıcı debisine sahip damla sulama sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Çalışmada vejetasyon süresince ortalama sulama aralığı 1 gün olup haftada dört gün sulama süresi 10-15 dakika düzeylerinde tutulmuştur. Çalışma alanı toprak analizine uygun bir gübreleme programı uygulanmıştır. Gübrelemede azotlu, fosforlu ve potasyumlu gübreler kullanılmıştır. Deneme süresince sulama ve gübreleme uygulamaları bütün deneme konularına eşit bir şekilde uygulanmış böylece malç uygulamasından kaynaklı varyasyon ortaya konabilmiştir.

3.8.4. Bitki verim ve kalite parametrelerine ilişkin yapılan ölçüm ve analizler

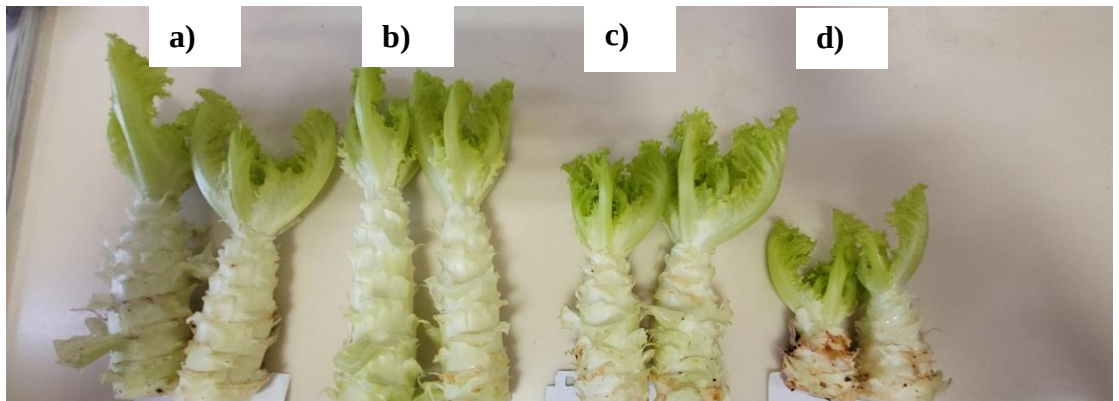
Malç uygulamalarının verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla hasad edilen marul bitkisinde çeşitli ölçümler yapılmıştır. Bu amaç için her bir konuda 9 bitki gözlem bitkisi olarak seçilmiş ve aşağıda sıralanan ölçüm ve analizler yapılmıştır.

Bitki boyu (cm): Bitki boy ölçümü, bitkinin kök boğazı (kesim noktası) ile bitkinin en üst noktası arasındaki mesafe esas alınarak gerçekleştirilmiş ve sonuçlar santimetre (cm) cinsinden kaydedilmiştir.

Baş çapı (cm): Baş çapı bitki başlarının ters çevirilerek cetvel ile ölçülmesi suretiyle belirlenmiştir.

Kök boğazı çapı (mm): Kök boğaz çapı, bitkinin toprak yüzeyine en yakın gövde kısmından (kök boğazı) alınmış ve dijital kumpas kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

Yaprak sayısı (adet/bitki): Yaprak sayım işlemi, pazarlanabilir baş üzerinde yer alan ve tam gelişimini tamamlamış yapraklar esas alınarak gerçekleştirilmiştir. Mekanik zarar görmüş, sararmış veya pazarlanabilirliği olmayan dış yapraklar değerlendirme dışı bırakılmıştır (Şekil 3.11).



Şekil 3.11. Yaprak sayımı sonrası marul gövdesi a) Biobozunur malç uygulaması; b) Gümüş/siyah PE malç uygulaması; c) Siyah PE malç uygulaması; d) Kontrol (malçsız) uygulaması

Kök uzunluğu (cm): Baş çapının ölçüldüğü her uygulama ve tekerrür için bitkide köklerin gövdeyle birleştiği noktadan en uca kadar olan kısmın cetvel ile ölçülmüştür (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Farklı malç uygulamalarında kök uzunluğu a) Biobozunur malç; b) Gümüş/siyah PE malç; c) Siyah PE malç; d) Kontrol (malçsız)

Baş ağırlığı (g/bitki): Pazarlanabilir nitelikte hasat edilen kıvırcık marulun terazide tartılması ile belirlenmiştir.

Verim (kg/da): Denemede marul bitkilerinin sıra arası ve sıra üzeri mesafeleri dikkate alınarak hesaplanan dekara bitki sayısı ile bitki başına baş ağırlıklarının çarpılması ile belirlenmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı (SÇKM) (%): Baş çapının ölçüldüğü her uygulama ve tekerrür için 9 bitkiden alınan yapraklar elektrikli karıştırıcı ile parçalanmış, tülbent ile süzülerek suyu çıkarılmıştır. Elde edilen sebze suyu örneklerinde

dijital refraktometre (Milwaukee MA871 model (Brix 0-85%)) ile ölçümler yapılmıştır (Şekil 3.13) (Cemeroğlu, 2007).



Şekil 3.13. SÇKM miktarının ölçümünde kullanılan Milwaukee MA871 model dijital refraktometre

Sebze suyunda pH belirlenmesi: Marul bitkisinden elde edilen sebze suyu örneklerinde pH metre yardımı pH ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.14).



Şekil 3.14. Farklı malç uygulamalarında pH ölçümü

Titrasyon Asitliği (g/100ml): pH ölçümü için hazırlanan ekstraktan 5 ml alınarak saf su ile seyreltilmiş ve pH 8.1 oluncaya kadar 0.1 N NaOH çözeltisi ile bir pH metre yardımıyla titre edilmiştir. Titre edilebilir asit miktarı malik asit cinsinden hesaplanmış ve g/100ml olarak belirtilmiştir (Cemeroğlu, 2007).

Yaprak rengi: Renk; L: Renk parlaklığı (0: siyah, 100: beyaz), a: Kırmızılık Yeşillik (-60: yeşil, +60: kırmızı) ve b: Sarılık Mavilik (-60: mavi, +60: sarı) olmak üzere üç boyut ile ifade edilmektedir. Yaprak renkleri tam gelişmiş yapraklarda dijital minolta renk ölçüm cihazı (CR 400, Minolta, Ramsey, NJ, USA) ile belirlenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Minolta marka renk ölçüm cihazı

Antioksidan aktivite (mg Trolox/100g): Marulların antioksidan kapasiteleri, bitkisel materyaller için sık kullanılan FRAP (Ferric Reducing Antioxidant Power) ve TEAC (Trolox Equivalent Antioxidant Capacity) olmak üzere iki farklı yöntem kullanılarak belirlenmiştir.

FRAP Analizi Frap için Benzie ve Strain (1996)' e göre, 0.1 mol/L asetat (pH 3.6), 10 mmol/L TPTZ, ve 20 mmol/L demir klorid çözeltileri (10:1:1) oranlarında karıştırılarak tampon hazırlanmıştır. Son olarak 30 µL ekstrakta 2.97 mL hazırlanan tampon çözelti ilave edilerek karıştırılmış ve 10 dakika sonra spektrofotometrede 593 nm dalga boyunda absorbansı ölçülmüştür. Elde edilen absorbans değerleri Troloks (10–100 mmol/L) standart grafiğinden yararlanılarak hesaplanmış ve µmol Troloks Eşdeğeri(TE)/g yaş ağırlık olarak belirtilmiştir.

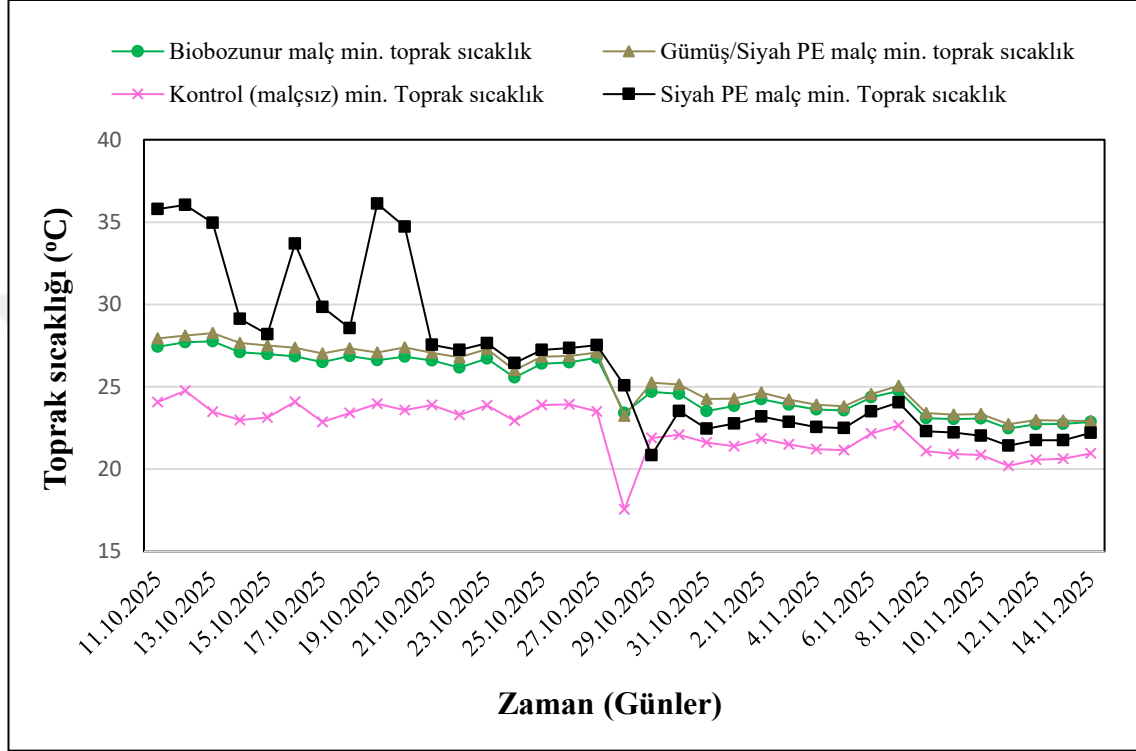
3.9. İstatistiksel Yöntem

Araştırma kapsamında elde edilen veriler, farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla istatistiksel olarak analiz edilmiştir. Çalışmada ölçülen tüm özelliklere ait veriler öncelikle varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuştur. Varyans analizi sonucunda istatistiksel olarak anlamlı bulunan özelliklerde, uygulama ortalamaları arasındaki farklılıkların belirlenmesi amacıyla uygun çoklu karşılaştırma (Duncan testi) testi kullanılmıştır. Elde edilen sonuçlar ortalama değerler üzerinden değerlendirilmiş ve istatistiksel gruplandırmalar tablo halinde sunulmuştur. Analizler SPSS 13.0 programı ile yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

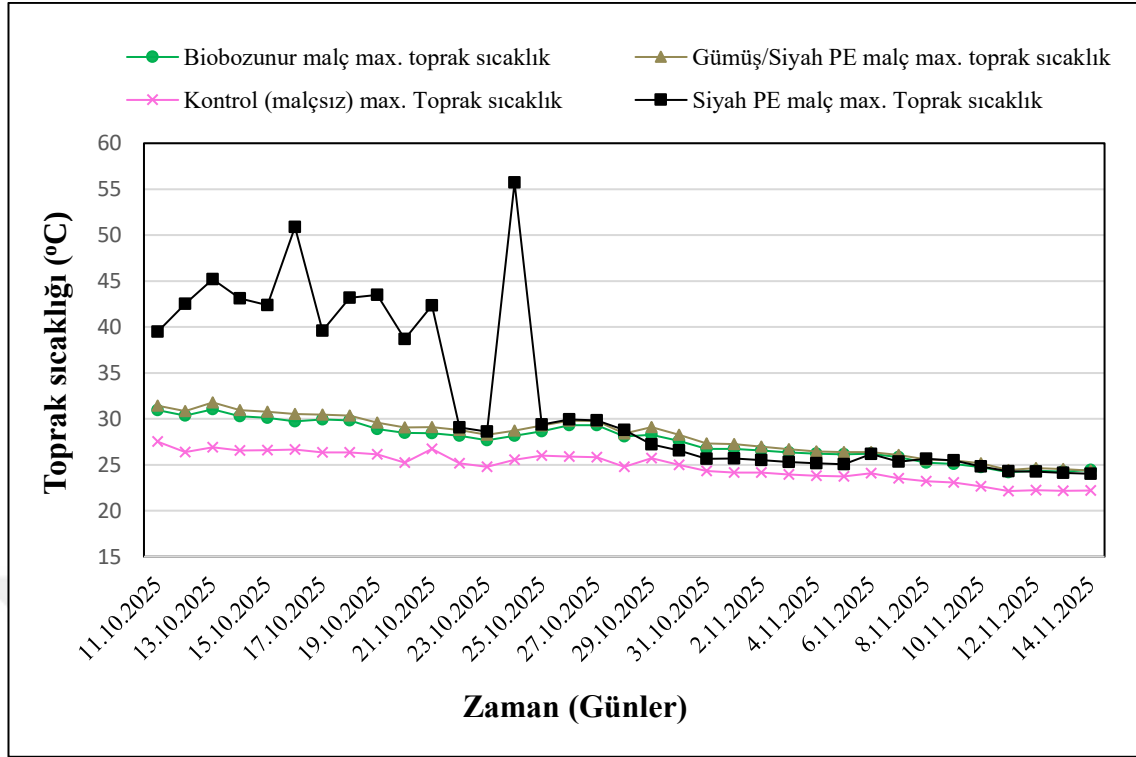
4.1. Farklı Malç Materyallerinin Toprak Sıcaklığı Üzerine Etkisi

Farklı malç uygulamalarında 15 cm derinlikte ölçülen minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) değerlerinin deneme süresince günlük değişimi Şekil 4.1, Şekil 4.2 ve Şekil 4.3'de sunulmuştur.



Şekil 4.1. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen minimum toprak sıcaklık değerleri

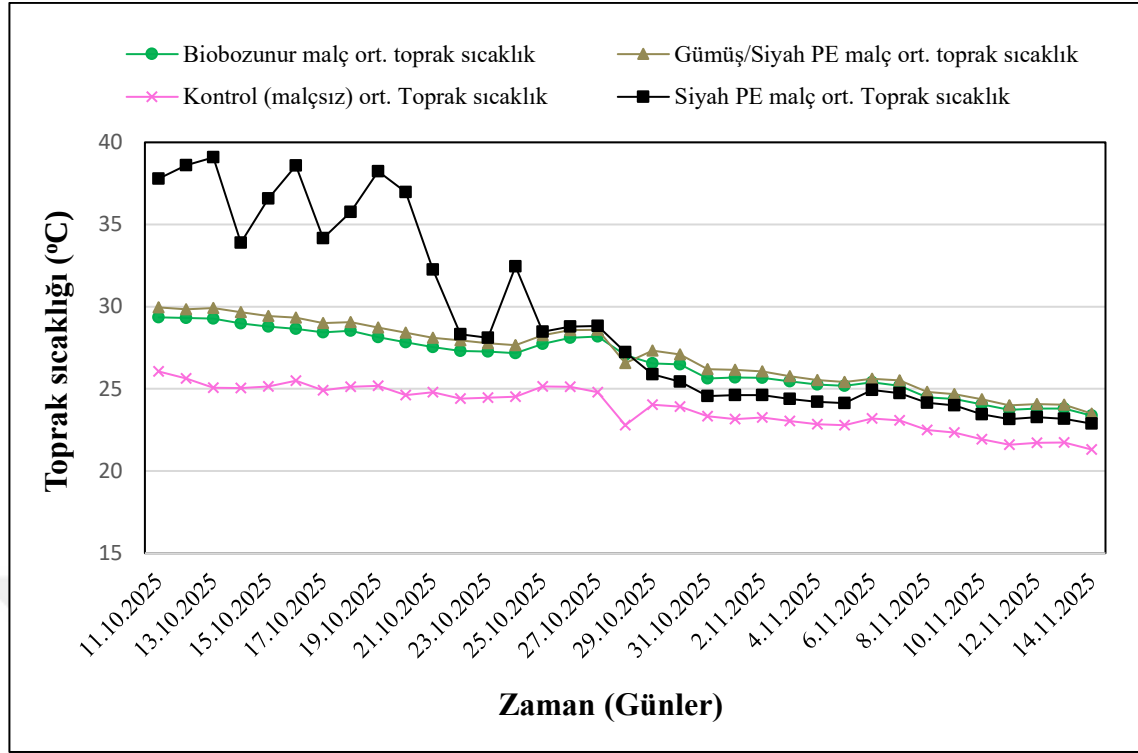
Şekil 4.1’de görüldüğü gibi deneme süresince en düşük minimum toprak sıcaklık değerleri kontrol (malçsız) konusunda en yüksek minimum toprak sıcaklık değerleri ise genel olarak siyah PE malç materyalde ölçülmüştür. Kontrol konusunda minimum sıcaklık değerleri $17.5-24.8^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği (ortalama 22.3°C), biobozunur malç uygulamasında $22.5-27.8^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği (ortalama 25.1°C), gümüş/siyah PE malç uygulamasında $22.7-28.3^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği (ortalama 25.5°C) ve siyah PE malç uygulamasında ise $20.8-36.1^{\circ}\text{C}$ arasında değiştiği (ortalama 26.4°C) olduğu saptanmıştır. Kontrol konusuna göre biobozunur malç, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç uygulamasında minimum sıcaklık değerleri sırasıyla ortalama 2.8 , 3.2 ve 4.1°C daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen maksimum toprak sıcaklık değerleri

Şekil 4.2’de görüldüğü gibi deneme süresince en düşük maksimum toprak sıcaklık değerleri kontrol (malçsız) konusunda en yüksek maksimum toprak sıcaklık değerleri ise minimum sıcaklık değerlerinde olduğu gibi genel olarak siyah PE malç materyalde ölçülmüştür. Deneme süresince kontrol konusunda maksimum sıcaklık değerleri 22.1-27.5 °C arasında değiştiği (ortalama 24.8 °C), biobozunur malç uygulamasında 24.2-31.0 °C arasında değiştiği (ortalama 27.6 °C), gümüş/siyah PE malç uygulamasında 24.4-31.8 °C arasında değiştiği (ortalama 28.1 °C) ve siyah PE malç uygulamasında ise 24.0-55.7 °C arasında değiştiği (ortalama 32.4 °C) olduğu saptanmıştır. Kontrol konusuna göre biobozunur malç, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç uygulamasında maksimum sıcaklık değerleri sırasıyla ortalama 2.8, 3.3 ve 7.6 °C daha yüksek elde edilmiştir.

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi deneme süresince en düşük ortalama toprak sıcaklık değerleri kontrol (malçsız) konusunda en yüksek ortalama toprak sıcaklık değerleri ise genel olarak siyah PE malç materyalde ölçülmüştür. Deneme süresince kontrol konusunda ortalama sıcaklık değerleri 21.3-26.1 °C arasında değiştiği (ortalama 23.8 °C), biobozunur malç uygulamasında 23.4-29.4 °C arasında değiştiği (ortalama 26.6 °C), gümüş/siyah PE malç uygulamasında 23.5-30.0 °C arasında değiştiği (ortalama 27.1 °C) ve siyah PE malç uygulamasında ise 22.9-39.1 °C arasında değiştiği (ortalama 29.0 °C) olduğu saptanmıştır. Kontrol konusuna göre biobozunur malç, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç uygulamasında ortalama sıcaklık değerleri sırasıyla ortalama 2.8, 3.3 ve 5.2 °C daha yüksek elde edilmiştir.



Şekil 4.3. Araştırma serasında yetiştirme periyodu sürecince 15 cm derinlikte ölçülen ortalama toprak sıcaklık değerleri

Elde edilen bulgulara göre genel olarak minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklık değerlerinde (Şekil 4.1, 4.2 ve Şekil 4.3) kontrol konusunda en düşük siyah PE malç uygulamasında ise en yüksek toprak sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Bununla birlikte siyah PE malç uygulamasında toprak sıcaklık değerlerinin zamana bağlı dalgalı (inişli-çıkışlı) bir değişim gösterdiği buna karşın biobozunur ve gümüş/siyah PE malç uygulamasında günlük toprak sıcaklık değerlerinin zamana bağlı daha stabil kaldığı görülmektedir. Malç uygulamalarının minimum, maksimum ve ortalama toprak sıcaklık değerlerini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir.

Moreira vd. (2014), inorganik malç materyallerinin (plastik malçlar) organik malç materyallerine göre toprak sıcaklığında daha etkili olduğunu bildirmiştir. Organik malç materyallerinde ortalama toprak sıcaklığının örtülmemiş (malçsız) uygulamadaki değere (23.9 °C) yakın olduğunu belirtmiştir.

Verdial vd. (2001), farklı malç (siyah PE malç, çift yüzlü (gümüş/siyah) PE malç ve kontrol (malçsız)) uygulamalarında 5 cm toprak derinliğinde toprak sıcaklık değerlerini kontrol (malçsız), siyah PE malç ve çift yüzlü (gümüş/siyah) PE malç uygulamasında sırasıyla 23.56, 25.12 ve 25.02 °C olarak ölçmüştür.

Vialle vd. (2024), yaptıkları çalışmada farklı malç (kahve kabuğu, çim samanı, siyah PE malç, kontrol (malçsız)) uygulamalarında 7 cm toprak derinliğinde ortalama toprak sıcaklık değerlerinin 19.85 ile 22.70 °C arasında değiştiğini saptamıştır. Siyah PE malç uygulamasında 7 cm toprak derinliğinde ortalama toprak sıcaklığını 22.70 °C kontrol (malçsız) konusunda ise 21.25 °C olarak saptamıştır. Kontrol konusuna göre siyah

PE malç uygulamasında ortalama toprak sıcaklığı 1.45 °C daha yüksek elde edilmiştir. En düşük toprak sıcaklık değeri (19.85 °C) çim samanı malç uygulamasında ölçülmüştür.

Xu vd. (2016), çalışmalarında farklı malç uygulamaları (kontrol (malçsız), siyah PE, biobozunur (mısır bazlı) plastik malç, kağıt malç, saman malç) altında toprak sıcaklık değerlerinin mevsimlere göre değiştiğini ilkbahar ve sonbahar ortalama toprak sıcaklık değerlerinin sırasıyla 26.1 ve 17.0 °C olarak bildirmiştir. Her iki mevsimde de kontrol konusunda toprak sıcaklığının malç örtülü toprağa göre 1.7 °C daha düşük olduğunu belirtmişlerdir.

Yağcı ve Zenginoğlu (2019), çalışmalarında farklı gölgeleme açıklıkları (açık (gölgeleme yok), %35 ve %55 gölgeleme) ve farklı malç uygulamaları (tekstil malç, beyaz mogul, siyah mogul, üstü gri altı siyah malç, siyah malç ve malçsız-kontrol) altında açık köklü asma fidan üretiminde bazı randıman ve kalite parametreleri ile toprak sıcaklığı, örtü yüzey sıcaklığı ve aşı noktası sıcaklık değerlerini araştırmıştır. Toprağın 15 cm derinliğinde yapılan ölçümlerde en yüksek toprak sıcaklık ortalaması saat 21:00'de açıkta (gölgeleme yok) üst gri alt siyah malçta (28.0 °C), en düşük toprak sıcaklık değeri ise saat 07:00'de %55 gölge altında malçsız uygulamada (17.5 °C) gerçekleştiğini bildirmiştir. Deneme boyunca en yüksek toprak sıcaklık (üstü gri altı siyah PE malç toprak sıcaklığı 26.3 °C) ölçümleri gölgelemenin uygulanmadığı açıkta yapılan yetiştiricilikte, en düşük sıcaklık ölçümleri ise %55 gölgeleme altında yapılan yetiştiricilikte ölçülmüştür.

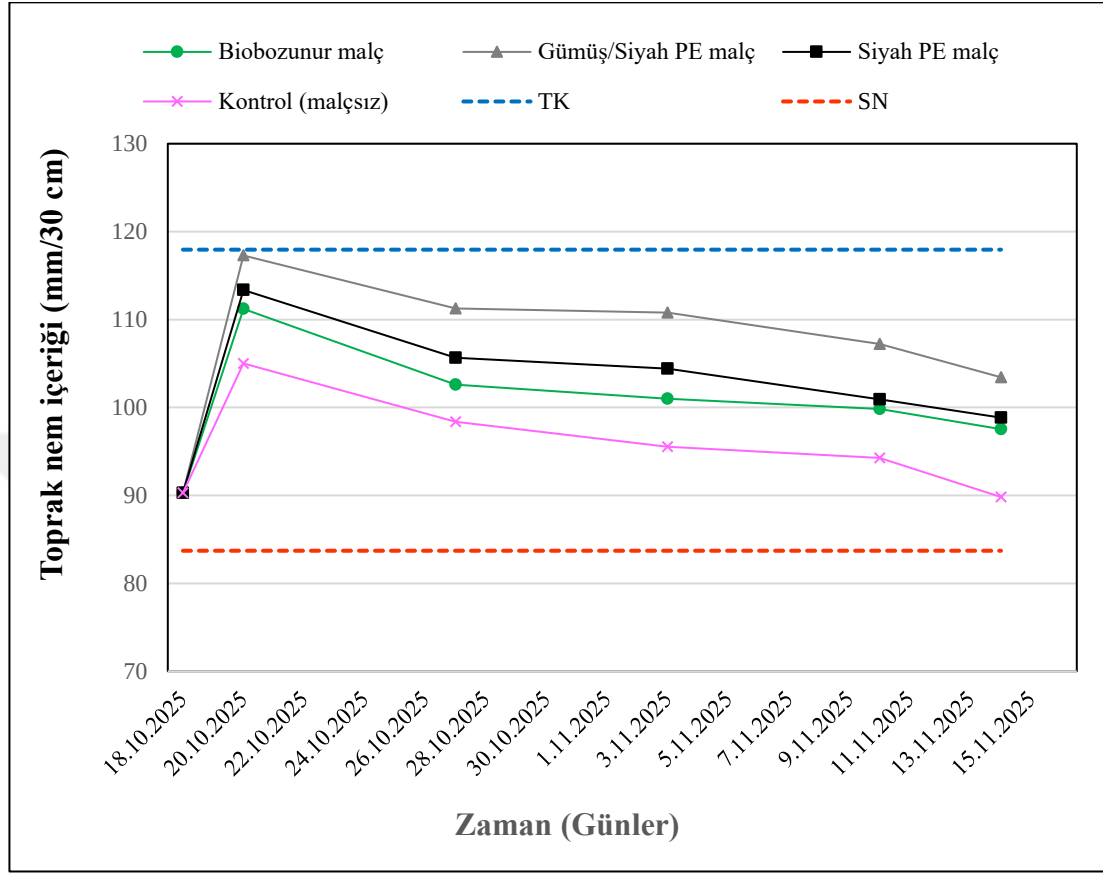
Franquera ve Mabesa (2016), farklı renklerde ve özelliklerdeki plastik malçların toprağa ulaşan güneş ışıyım seviyelerini değiştiren karakteristik optik özelliklere sahip oldukları için toprak sıcaklığında artış veya azalışlara neden olduğunu belirtmiştir. Koyu renkli malç filmlerin daha fazla ısı emilimi yoluyla toprak sıcaklığını artırırken daha açık renkler daha fazla güneş radyasyonunu yansıtır. Bu durum toprak sıcaklığındaki değişimi en aza indirirken bitki örtüsü altındaki ışıyımı artırır.

Literatür incelendiğinde ölçülen toprak sıcaklık değerlerinin literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Ayrıca en yüksek toprak sıcaklık değeri siyah PE malç uygulamasında olduğu ancak toprak sıcaklık değişiminin dalgalı olduğu diğer malç uygulamalarında bu değişimin daha stabil olduğu literatür ile desteklenmiştir. Gümüş/siyah PE ve biobozunur PE malç uygulamalarında toprak sıcaklık değerleri ise siyah PE ile malç ile kontrol konusu arasında kalmıştır. Materyallerin fiziksel özellikleri bu durumu yansıtmaktadır. Nitekim biobozunur PE malç %47 yansıtma özellikli ve %3 ışıyım geçirgenliğine sahip bir malç malzemesidir. Gümüş/siyah PE malç ise hem UV hem de PAR bölgesinde yansıtıcı özellikte bir materyaldir. Bu yansıtıcı özelliklerine göre toprak sıcaklık değerleri daha düşüktür.

4.2. Farklı Malç Materyallerinin Toprak Nem İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı malç uygulamalarında 30 cm'lik toprak profilinde belirlenen nem değerlerinin deneme süresince değişimi Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Farklı malç uygulamalarında bütün deneme konuları toprak nem içeriği tarla kapasitesi ile solma noktası arasındadır. Gümüş/siyah PE malç uygulamasında toprak nem içeriği değerleri deneme süresince tarla kapasitesine yakın ve en fazla değeri göstermiştir. Kontrol (malçsız) konusu toprak nem içeriği değerleri ise deneme süresince en düşük değeri

göstermiştir. Bununla birlikte, siyah PE malç ve biobozunur malç uygulamasında toprak nem içerik değerleri kontrol konusu ile gümüş/siyah PE malç uygulaması arasında seyretmiştir.



Şekil 4.4. Farklı malç uygulamalarında yetiştirme periyodu sürecince toprak neminin değişimi

Helmy vd. (2025), farklı malç uygulamaları (beyaz jeotekstil, yeşil jeotekstil, siyah PE malç ve kontrol (malçsız)) altında düşük kapasiteli toprak nem sensörlerini kullanarak 10 cm'lik derinlikte yapılan ölçümlerde kontrol uygulaması ile malç uygulamaları arasında elektriksel direnç değerlerinde farklılıklar saptamıştır. Araştırmacılar, kontrol konusunda toprak yüzeyinden buharlaşma fazla olduğu için hem toprak nem içeriğinin hem de elektriksel direnç değerlerinin düştüğünü bildirmiştir. Malç uygulamaları ise toprak yüzeyinden buharlaşmayı azaltıp toprağın su tutma kapasitesini arttırmıştır. Çalışmada toprak nem içeriğinin toprağın fiziksel özelliklerine bağlı olduğu gibi malç uygulanmasına bağlı olarak da değiştiği belirtilmiştir. Çalışmada ayrıca tüm malç uygulamalarının toprak nem içeriğini arttırdığı bu durumun her sulamada kullanılacak sulama suyu miktarını azalttığını ve malç materyallerinin toprak suyunu korumak için uygun bir teknik olduğu belirtilmiştir.

Saputra vd. (2025), malç materyalleri ve organik madde kullanımının toprağın özelliklerini iyileştirerek kuraklığın etkisini azaltmada etkili olduğunu bildirmiştir. Malç materyallerinin evaporasyonu en aza indirme (%2.8 ve %58.8) ve toprak sıcaklığını 2-3 °C'lık bir artışla koruyarak kontrol edebildiğini belirtmişlerdir.

Kader vd. (2017), soya fasulyesinin optimum üretimi için saman, ot, kağıt, plastik ve kontrol (malçsız) uygulamaları altında toprak nem içeriği, sıcaklık rejimleri ve su kullanım verimliliği araştırılmıştır. Çalışmada kağıt malç uygulamasının kontrol konusuna göre farklı derinliklerde toprak sıcaklığını 2 °C'ye kadar düşürdüğü toprak nem içeriğinin ise 5 cm'lik derinlikte plastik malç uygulamasında maksimum kontrol konusunda ise minimum seviyede kaldığı saptanmıştır.

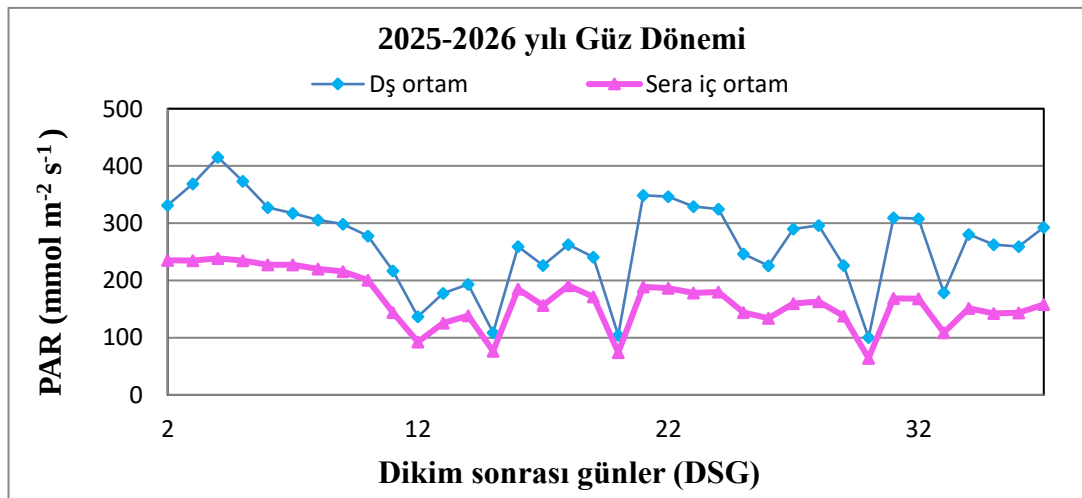
Ye vd. (2024), çalışmalarında malç uygulamalarının (biobozunur malç, sıvı malç, siyah malç, beyaz malç) kontrol (malçsız) uygulamasına göre toprak nem içeriğini koruduğunu deneme süresince malçlı uygulamalarda toprak nemi (%20.9) malçsız uygulamadan (%17.6) daha yüksek saptanmıştır.

Ntow vd. (2023), organik ve inorganik malç uygulamalarında toprak nem içeriği hacimsel olarak plastik malç, saman malcı, neem malç, malçsız uygulamada sırasıyla %22.4, %22.0, %15.1 ve %12.6 olarak saptanmıştır. En yüksek toprak nem içeriği siyah malç uygulamasında en düşük nem içeriği ise malçsız uygulamadan elde edilmiştir.

Literatür incelendiğinde elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu söylenebilir. Nitekim siyah malç uygulaması yüksek toprak nem içeriğinin elde edildiği ikinci malç uygulaması olmuştur. Ancak siyah PE malç, gümüş/siyah PE malç ile karşılaştırıldığında gümüş rengin toprak nem içeriğini korumada daha etkili olduğu görülmektedir.

4.3. Farklı Malç Materyallerinin Marul Bitkisinde Verim ve Bazı Kalite Parametreleri Üzerine Etkisi

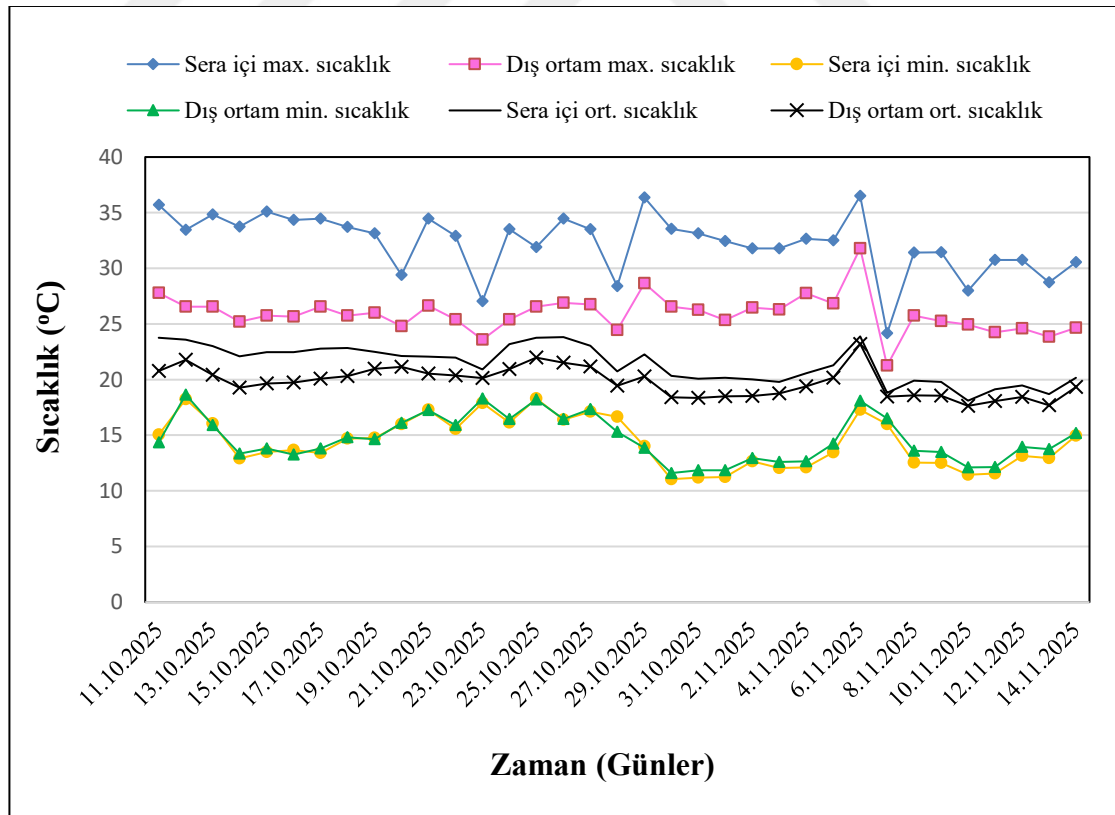
2025-2026 yılı güz dönemi marul fideleri serada yetiştirme ortamına 08 Ekim 2025 tarihinde şaşırtılmış olup 14 Kasım 2025 tarihinde hasat yapılmıştır. Farklı malç materyalleri altında 2025-2026 yılı güz dönemi yetiştirme periyodu süresince marul bitkilerinin almış olduğu günlük ortalama PAR (400-700 nm) ($\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$) değerleri Şekil 4.5'de verilmiştir.



Şekil 4.5. Araştırma serasında marul bitkisinin yetiştirme periyodu sürecince almış olduğu günlük ortalama PAR ışınımı

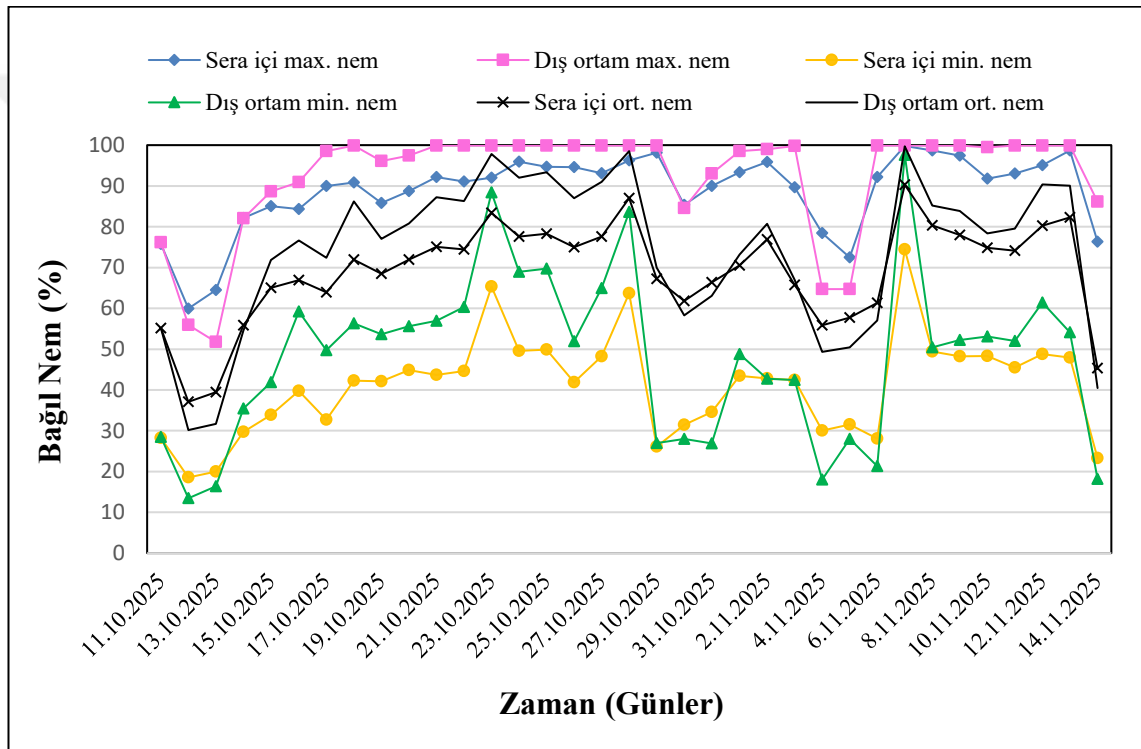
Şekil 4.5'de görüldüğü gibi CO-EX PLUS UV+IR+LD+EVA+AF katkılı 160 mikron kalınlıklı PE sera örtü malzemesi ile kaplı araştırma serasında marul bitkisinin yetiştirme periyodu boyunca almış olduğu günlük ortalama PAR ışınımı 64.2 ile 238.7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ arasında değiştiği, ortalama 165.7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olduğu saptanmıştır. Dış ortam günlük ortalama PAR ışınımının ise 100.2 ile 415.2 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ arasında değiştiği, ortalama 265.7 $\mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ olduğu saptanmıştır. Buradan, araştırma serasının dış ortama ulaşan PAR ışınımından %37.6 oranında daha az yararlandığı belirlenmiştir.

Deneme süresince araştırma serasında elde edilen sera iç-dış ortam sıcaklık ve bağıl nem değerleri ise Şekil 4.6 ve Şekil 4.7'de sunulmuştur. Şekil 4.6'de görüldüğü gibi; araştırma serasında sera iç ortamında ölçülen maksimum ve ortalama sıcaklığın, dış ortamda ölçülen maksimum ve ortalama sıcaklıktan daha yüksek olduğu görülmektedir. Sera iç ortam minimum sıcaklık değerlerinin ise dış ortam minimum sıcaklık değerlerine göre bazı günler yüksek bazı günler düşük olduğu görülmektedir. Araştırma serasında, sera iç ortam ortalama sıcaklık değerlerinin 18.1 ile 23.9 °C arasında değiştiği ortalama 21.4 °C olduğu görülmektedir. Dış ortam ortalama sıcaklık değerlerinin 17.6 ile 23.2 °C arasında değiştiği ortalama 19.8 °C olduğu saptanmıştır. Deneme süresince sera iç ortam ortalama sıcaklık değerinin dış ortam ortalama sıcaklık değerinden 1.6 °C daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme periyodu süresince; en düşük sera iç ortam ortalama sıcaklık değeri (11.1 °C) 10 Ekim 2025 tarihinde en yüksek sera iç ortam ortalama sıcaklık değeri (36.5 °C) ise 06 Kasım 2025 tarihinde kaydedilmiştir.



Şekil 4.6. Deneme süresince sera iç ve dış ortam minimum, maksimum ve ortalama sıcaklık değerleri

Şekil 4.7’de görüldüğü gibi; araştırma serasında sera iç ortamında ölçülen minimum maksimum ve ortalama bağıl nem değerlerinin, dış ortamda ölçülen minimum maksimum ve ortalama bağıl nem değerlerinden genel olarak yetiştirme sürecince daha düşük olduğu bazı günlerde yüksek olduğu görülmektedir. Araştırma serasında, sera iç ortam ortalama bağıl nem değerlerinin %37.1 ile %90.3 arasında değiştiği ortalama %47.9 olduğu saptanmıştır. Dış ortam ortalama bağıl nem değerlerinin ise %30.2 ile %99.7 arasında değiştiği ortalama %73.9 olduğu saptanmıştır. Deneme süresince sera iç ortam ortalama bağıl nem değerinin dış ortam ortalama bağıl nem değerinden %26 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yetiştirme periyodu sürecince; en düşük sera iç ortam ortalama bağıl nem değeri (%18.6) 12 Ekim 2025 tarihinde en yüksek sera iç ortam ortalama bağıl nem değeri (%99.8) ise 07 Kasım 2025 tarihinde kaydedilmiştir.



Şekil 4.7. Deneme süresince sera iç ve dış ortam minimum, maksimum ve ortalama bağıl nem değerleri

Çalışmada marul bitkisinin yetiştirme periyodu boyunca almış olduğu günlük ortalama $165.7 \mu\text{mol/m}^2\text{s}$ PAR ışınımı, günlük ortalama 21.4°C sıcaklık ve %47.9 bağıl nem değerine göre elde edilen bazı bitkisel özellikler, kalite parametreleri ve verim değerleri Çizelge 4.1, Çizelge 4.2, Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de sunulmuştur.

Çizelge 4.1’de görüldüğü gibi varyans analiz sonuçlarına göre farklı malç uygulamaları bitki boyu ve baş çapı üzerinde %0.1, kök uzunluğu üzerinde ise %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Bitki boyu ve baş çapında en büyük değerler sırasıyla 30.8 cm ve 46.6 cm ile gümüş/siyah PE malç uygulamasında en küçük değerler ise 22.6 cm ve 37.8 cm ile kontrol (malçsız) konusunda ölçülmüştür. Kontrol konusuna göre biobozunur, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç materyallerinde bitki

boyunun sırasıyla %24, %36 ve %9 oranında arttığı baş çapının ise %16, %23 ve %10 oranında arttığı hesaplanmıştır (Çizelge 4.2). Farklı malç uygulamalarının kök boğaz çapına etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmamıştır. Farklı malç uygulamalarının kök uzunluğuna etkisi %5 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. En büyük değerler 21.5 cm ve 20.7 cm ile gümüş/siyah PE malç ve biobozunur malç uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol (malçsız) konusunda ölçülen kök uzunluğu (19.8 cm) ise en küçük kök uzunluğunun (18.2 cm) elde edildiği siyah PE malç uygulamasından farklılık oluşturmamıştır.

Çizelge 4.1. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde bitki boy, baş çapı, kök boğaz çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi

	Bitki Boy (cm)	Baş Çapı (cm)	Kök Boğaz Çapı (mm)	Kök Uzunluğu (cm)
Kontrol (malçsız)	22.6 [†] d [£]	37.8 d	19.8	19.8 ab
Biobozunur malç	28.0 b	43.9 b	20.9	20.7 a
Gümüş/Siyah PE malç	30.8 a	46.6 a	22.3	21.5 a
Siyah PE malç	24.6 c	41.6 c	20.3	18.2 b
P > F	**	**	öd	*

[†] : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

[£] : Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** ve *: sırasıyla 0.001 ve 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi varyans analiz sonuçlarına göre farklı malç uygulamaları yaprak sayısı, baş ağırlığı ve verim üzerinde %0.1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Yaprak sayısı (adet), baş ağırlığı (g/bitki) ve verim (kg/da) üzerinde en büyük değerler (sırasıyla 45 adet, 732.9 g/bitki, 1374.2 kg/da) gümüş/siyah PE malç uygulamasında en küçük değerler (sırasıyla 30 adet, 493.8 gr/bitki, 925.8 kg/da) ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Kontrol konusuna göre biobozunur, gümüş/siyah PE malç ve siyah PE malç materyallerinde yaprak sayısının sırasıyla %33, %50 ve %20 oranında arttığı baş ağırlığı ve verimi ise %34, %48 ve %13 oranında arttığı hesaplanmıştır (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde yaprak sayısı, baş ağırlığı ve verim üzerine etkisi

Deneme konuları	Yaprak Sayısı (adet)	Baş Ağırlığı (g/bitki)	Verim (kg/da)
Kontrol (malçsız)	30 <i>c</i>	493.8 <i>d</i>	925.8 <i>d</i>
Biobozunur malç	40 <i>b</i>	661.1 <i>b</i>	1239.6 <i>b</i>
Gümüş/Siyah PE malç	45 <i>a</i>	732.9 <i>a</i>	1374.2 <i>a</i>
Siyah PE malç	36 <i>b</i>	558.2 <i>c</i>	1046.7 <i>c</i>
P > F	**	**	**

† : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

£ : Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.001 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4.3. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde SÇKM, titrasyon asitliği ve pH üzerine etkisi

Deneme konuları	SÇKM (%)	Titrasyon Asitliği (g/100ml)	pH
Kontrol (malçsız)	3.5	0.28	6.46 <i>d</i>
Biobozunur malç	4.2	0.28	6.68 <i>a</i>
Gümüş/Siyah PE malç	3.8	0.25	6.56 <i>c</i>
Siyah PE malç	3.5	0.21	6.62 <i>b</i>
P > F	öd	öd	**

† : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

£ : Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

**: 0.001 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd: istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4.3’de görüldüğü gibi varyans analiz sonuçlarına göre farklı malç uygulamalarının SÇKM ve titrasyon asitliği gibi bazı kalite parametreleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, pH üzerinde etkisi %0.1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. pH üzerinde en büyük değer (6.68) biobozunur malç uygulamasında en küçük değer (6.46) ise kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Çizelge 4.4. Farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde renk ve antioksidan aktivitesi üzerine etkisi

Deneme konuları	Renk			Antioksidan aktivite (mg Trolox /100 g)
	L	a	b	
Kontrol (malçsız)	45.4	-15.1	26.1	14.6 b
Biobozunur malç	41.9	-15.4	26.4	11.6 d
Gümüş/Siyah PE malç	40.4	-14.6	21.9	30.3 a
Siyah PE malç	42.5	-14.6	24.7	13.9 c
P > F	öd	öd	öd	**

† : İtalik yazılmış bölümde; her bir değer üç tekerrür ortalamasıdır.

£ : Küçük harfler Duncan testine göre %5 önem düzeyinde sütun boyunca verilen ortalamaların karşılaştırmasını göstermektedir.

** : 0.001 olasılık düzeyinde önemlidir.

öd : istatistiksel olarak önemsiz.

Çizelge 4.4’de görüldüğü gibi varyans analiz sonuçlarına göre farklı malç uygulamalarının renk L, a, b değerleri üzerinde etkisi istatistiksel olarak anlamlı bulunmazken, antioksidan aktivitesi üzerinde etkisi %0.1 önem düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Antioksidan aktivitesi üzerinde en büyük değer (30.3) gümüş/siyah PE malç uygulamasında en küçük değer (11.6) ise biobozunur malç uygulamasından elde edilmiştir. Gümüş/siyah PE malç uygulamasına göre antioksidan aktivitesi kontrol (malçsız), siyah PE malç ve biobozunur malç uygulamalarında sırasıyla %52, %54 ve %62 oranında azaldığı hesaplanmıştır (Çizelge 4.4).

Yordanova ve Nikolov (2017), bitki yoğunluğu ve malç uygulamalarının marulda bitki boyunu etkilediğini sadece bitki yoğunluğunda bitki boyunun 22.4-24.7 cm, sadece malç uygulamasında 22.7-25.0 cm, bitki yoğunluğu ve malç uygulamasının kombine etkisinde bitki boyunun 21.6-26.4 cm arasında değiştiği saptanmıştır.

Mkhabela vd. (2019), çalışmalarında 6 haftalık büyüme döneminin sonunda farklı malç uygulamalarında bitki boyunun etkilendiğini ve uygulama konusuna bağlı olarak bitki boyunun 15.2 ile 21.7 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Üçok vd. (2019) çalışmalarında farklı organik gübre uygulamalarının marulda kök boğaz çapını etkilediğini ve uygulama konusuna bağlı olarak kök boğaz çapının 20.3 ile 25.4 mm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Kurt ve Uğur (2022), farklı kıvırcık marul çeşitlerinde borlu gübre ve humik asit uygulamalarının marulda kök uzunluğunu etkilediğini uygulama konusu, çeşit ve interaksyona bağlı olarak kök uzunluğunun 15.28 ile 23.16 cm arasında değiştiğini bildirmiştir.

Uğur vd. (2022), farklı azot uygulamalarının marulda yaprak sayısını etkilediğini uygulama dozuna bağlı olarak yaprak sayısının 20.51 ile 39.72 adet/bitki arasında bulmuştur.

Üçok vd. (2019), solucan ve tavuk gübrelerinin kıvırcık salatada verim, bazı kalite özellikleri ve bitki besin elementi içeriklerine etkilerini belirledikleri çalışmalarında

marul ortalama baş ağırlığının uygulama konusuna göre 299.6 ile 617.9 g/adet arasında değiştiğini verimin ise 2496.9 ile 5149.2 kg/da arasında değiştiğini bildirmiştir.

Yıldırım vd. (2015), farklı sulama uygulamalarının (I125, I100, I75, I50, I25) marulda verim üzerinde etkili olduğunu ve birinci üretim döneminde verim değerlerinin 1058 ile 1544 kg/da arasında değiştiğini bildirmiştir.

Tesfa vd. (2018), farklı organik (saman) ve inorganik malç (PE plastik) uygulamalarının marulda verimi etkilediğini kontrol (malçsız) konusunda en düşük (1853 kg/da) siyah PE malç uygulamasında en yüksek (3334 kg/da) verimin elde edildiğini bildirmiştir.

Altunlu (2021), kimyasal ve organik gübreleme uygulamalarının marul bitkisinde SÇKM üzerine etkisini istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Uğur vd. (2022), farklı azot ve çinko gübre doz uygulamalarının marul bitkisinin renk kalitesi (yaprak kroma ve hue açısı değerleri) üzerinde etkisini önemsiz bulmuştur.

Şen vd. (2016), yararlı mikroorganizma uygulamalarının marul bitkisinin renk kalitesi (L , a , b , C , h°) üzerinde etkisini önemsiz bulmuştur.

Di Mola vd. (2021) çalışmalarında termal ve difüz ışınlam (ışık kırıcı) etkili 150 mikron kalınlıklı PE sera filminde marul bitkisinde antioksidan etkisinin termal etkili normal PE sera filmi ile benzer olduğunu örtünün difüz ışınlam katkısının antioksidan aktivitesini etkilemediğini bildirmiştir.

Cozzolino vd. (2020), 150 mikron kalınlıklı difüz ışınlam etkili PE sera örtü malzemesinin marul bitkisinin lipofilik ve hidrofilik antioksidan aktivitesini geleneksel normal PE sera örtü malzemesine göre sırasıyla %9.5 ve %33.9 oranında azalttığını bildirmiştir.

Literatürde sera örtü malzemesi olarak difüz ışınlam katkılı PE filmin marulda antioksidan aktivitesini azalttığı veya etkilemediği yönünde bulgular yer almaktadır. Ancak bizim çalışmamızda malç uygulaması olarak gümüş/siyah PE malç uygulamasında kontrol uygulamasına göre %107'lik artışla en yüksek antioksidan aktivitesi elde edilmiştir. Gümüş rengin ışığı dağıtma özelliği dikkate alınırsa malç malzemesi olarak kullanıldığında antioksidan aktivitesini arttırdığı söylenebilir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre farklı malç uygulamalarının marul bitkisinin bazı bitkisel özellikleri, kalite parametreleri ve verim üzerinde etkili olduğu söylenebilir. Özellikle gümüş/siyah PE malç uygulamasının verim (kontrol konusuna göre %50 artış) (Çizelge 4.2) ve antioksidan aktivitesi (kontrol konusuna göre %107 artış) (Çizelge 4.4) üzerinde çok etkili olduğu saptanmıştır. Nitekim verim yapılan yetiştiricilikten elde edilen karlılık üzerinde etkili olup antioksidan aktivitesi ise beslenme ve insan sağlığı üzerinde etkili temel unsurlardandır.

5. SONUÇ

Bu çalışma ile sera koşullarında farklı malç uygulamalarının marul bitkisinde toprak sıcaklığı ve toprak nem içeriği üzerindeki etkilerini belirlemek; buna bağlı olarak verim ve bazı kalite parametreleri ile bitki gelişiminde meydana gelen değişimler değerlendirilmiştir. Çalışma kapsamında elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda özetlenmiştir.

Çalışmada malç uygulamalarının toprak sıcaklığını arttırdığını ve bu durumun verim ile kalite parametrelerini de iyileştirdiği belirlenmiştir. Kontrol (malçsız) konusunda en düşük toprak sıcaklık değerleri siyah PE malç uygulamasında ise en yüksek toprak sıcaklık değerleri elde edilmiştir. Ancak toprak sıcaklığında sıcaklık değerlerinin stabil olmasının da önemli olduğu dikkate alınırsa biobozunur malç ile gümüş/siyah PE malç uygulamasının toprak sıcaklığı için daha uygun olduğu söylenebilir. Nitekim siyah PE malç uygulaması en yüksek toprak sıcaklığını göstermesine rağmen gümüş/siyah PE malç uygulamasında toprak sıcaklığı daha düşük ancak verim bütün malç uygulamaları içinde en yüksek değere sahiptir.

Malç uygulamalarının toprak nem içeriği üzerinde de etkili olduğu kontrol (malçsız) konusuna göre tüm malç uygulamalarının toprak nem içeriğini olumlu yönde etkilediği saptanmıştır. Özellikle bu duruma bağlı olarak malç uygulamalarında su kısıtı çalışmaları ile optimum üretim süreci planlanıp su kaynaklarımıza yapılan baskı azaltılarak sürdürülebilirlik sağlanabilir.

Araştırma kapsamında malç uygulamalarının marul bitkisinde verimi ve özellikle antioksidan aktivitesini olumlu etkilediği belirlenmiştir. Toprak sıcaklığının stabil olduğu aynı zamanda toprak nem içeriğinin en yüksek olduğu gümüş/siyah PE malç uygulamasında verim en yüksek elde edilmiştir. Gümüş/siyah PE malç uygulamasında kontrol konusuna göre verim %48 oranında artmıştır. Benzer şekilde beslenme ve sağlık açısından önemli bir kalite parametresi olan antioksidan aktivitesi gümüş/siyah PE malç (30.3 mg Trolox/100 g) uygulamasında kontrol konusuna (14.6 mg Trolox/100 g) göre %107 oranında daha yüksek saptanmıştır.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre Antalya ekolojik koşullarında sera yetiştiriciliğinde gümüş/siyah PE malç uygulamasının hem toprak sıcaklığı hem de toprak nem içeriğini arttırdığı bu durumun verim ve kalite parametreleri üzerinde de etkili olduğu söylenebilir. Optimum bir üretim süreci ve sürdürülebilirlik açısından gümüş/siyah PE malç uygulaması üreticiler için önerilebilir.

6. KAYNAKLAR

- Abak, K., Pakyürek, Y., Gürsöz, N. ve Onsinejad, R. 1990. Malç uygulamalarının serada toprak sıcaklığı ile bazı sebzelerin verim ve erkencilikleri üzerine etkisi. Türkiye 5. Seracılık Sempozyumu Bildirileri, s. 55–62, İzmir.
- Adamczewska-Sowińska, K., Bykowsy, J. and Jaworska, J. 2025. Effect of mulching materials on growth, yield and fruit quality of tomato grown under greenhouse conditions. *Agriculture*, 15(2): 212. <https://doi.org/10.3390/agriculture15020212>
- Altunlu, H. 2021. Mikrobiyal gübre ve vermikompost uygulamalarının baş salata (*Lactuca sativa* L. var. capitata) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve nitrat içeriğine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1): 135–140. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.801439>
- Amare, G. and Desta, B. 2021. Coloured plastic mulches: Impact on soil properties and crop productivity. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 8: 4. <https://doi.org/10.1186/s40538-020-00201-8>
- Anonim 2016. Antalya Tarım Master Planı. Antalya Tarım İl Müdürlüğü. (2011). Antalya, 703 s. <https://www.tarimorman.gov.tr> (Erişim tarihi: 10.11.2025).
- Anonim 2021. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM). (2011). *Antalya ili uzun yıllar (1981–2010) iklim verileri*. <https://www.mgm.gov.tr> (Erişim tarihi: 15.11.2025).
- Anonim 2025a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü Kayıtları, Ankara.
- Anonim 2025b. Çağ Plastik Sanayi ve Ticaret Limited Şirketi. (2024). *Siyah polietilen malç filmi teknik özellikleri*. <https://www.cagplastik.com.tr> (Erişim tarihi: 20.11.2025).
- Anonim 2025c. Eiffel S.p.A.. (2024). *Biodegradable agricultural mulch films*. <https://www.eiffel.it> (Erişim tarihi: 20.11.2025).
- Bandopadhyay, S., Martin-Closas, L., Pelacho, A. M. and DeBruyn, J. M. 2018. Biodegradable plastic mulch films: Impacts on soil microbial communities and ecosystem functions. *Frontiers in Microbiology*, 9: 819. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2018.00819>
- Barroso, M. R., Meneses, J. F. and Mexia, J. T. 1999. Comparison between greenhouse type and their effects on two lettuce cultivars yield and botrytis incidence. *Acta Horticulturae*, 491: 137–142. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1999.491.19>
- Benzie, I. F. F. and Strain, J. J. 1996. The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of “antioxidant power”: The FRAP assay. *Analytical Biochemistry*, 239(1): 70–76. <https://doi.org/10.1006/abio.1996.0292>
- Campanale, C., Galafassi, S., Di Pippo, F., Pojar, I., Massarelli, C. and Uricchio, V. F. 2024. A critical review of biodegradable plastic mulch films in agriculture: Definitions, scientific background and potential impacts. *Trends in Analytical Chemistry*, 170, 117391. <https://doi.org/10.1016/j.trac.2023.117391>
- Cemeroğlu, B. 2007. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No: 34, Ankara, 535 s

- Caruso, G., Stoleru, V., Munteanu, N. and Sellitto, V. M. 2019. Telescopic plastic covers influence yield, quality and nitrogen use efficiency of lettuce grown under open-field conditions. *Agronomy*, 9(4): 194. <https://doi.org/10.3390/agronomy9040194>
- Changade, N. M. and Kumar, R. 2022. Study of soil moisture distribution under different mulching methods. *Environment Conservation Journal*, 28(February Suppl. Issue), S265–S272. <https://doi.org/10.53550/EEC.2022.v28i02s.043>.
- Choudhary, M., Kumari, A. and Choudhary, S. 2022. Effect of mulching on vegetable production: A review. *Agricultural Reviews*, 43(3): 296–303. <https://doi.org/10.18805/ag.R-2231>
- Cozzolino, E., Di Mola, I., Ottaiano, L., El-Nakhel, C., Mormile, P., Roupheal, Y. and Mori, M. 2020. The potential of greenhouse diffusing cover material on yield and nutritive values of lamb's lettuce grown under diverse nitrogen regimes. *Italus Hortus*, 27(1): 55–67. <https://doi.org/10.26353/j.itahort/2020.1.5567>
- Csizinszky, A., Schuster, D. J. and King, J. B. 1995. Color mulches influence yield and insect pest populations in tomatoes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 120(5): 778–784.
- Decoteau, D. R., Kasperbauer, M. J., Daniels, D. D. and Hunt, P. G. 1988. Plastic mulch color effects on reflected light and tomato plant growth. *Scientia Horticulturae*, 34: 169–175.
- Demirkaya, M., Gerçek, S. ve Işık, D. 2022. Farklı renklerdeki polietilen malçların serada hıyar yetiştiriciliği üzerine etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 25(Ek Sayı 2): 538–544. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdog.vi.1059504>
- Di Mola, I., Ottaiano, L., Cozzolino, E., Senatore, M., Sacco, A., El-Nakhel, C., Roupheal, Y. and Mori, M. 2020. Trichoderma spp. and mulching films differentially boost qualitative and quantitative aspects of greenhouse lettuce under diverse N conditions. *Horticulturae*, 6(3): 55. <https://doi.org/10.3390/horticulturae6030055>
- Di Mola, I., Ottaiano, L., Cozzolino, E., Sabatino, L., Sifola, M. I., Mormile, P., El-Nakhel, C., Roupheal, Y. and Mori, M. 2021. Optical characteristics of greenhouse plastic films affect yield and some quality traits of spinach (*Spinacia oleracea* L.) subjected to different nitrogen doses. *Horticulturae*, 7(7): 200. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7070200>
- Farios-Lorios, J. and Orozco-Santos, M. 1997. Color polyethylene mulches increase fruit quality and yield in watermelon and reduce insect pest populations in dry tropics. *Gartenbauwissenschaft*, 62(6): 255–260. <https://doi.org/10.1080/01140671.1997.9514028>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2023). *Greenhouse vegetable production statistics*. <https://www.fao.org/faostat/>
- Franquera, E. N. 2015. Effects of plastic mulch color on the total soluble solids, total sugars and chlorophyll content of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Research*, 18: 1–10.

- Franquera, E. N. and Mabesa, R. C. 2016. Colored plastic mulch effects on the yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and soil temperature. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 3(3): 155–159. <https://doi.org/10.18178/joaat.3.3.155-159>
- Gazan, S. S., Kandemir, D. ve Kurtar, E. S. 2017. Malç kullanımının sebze yetiştiriciliğinde verim, erkencilik ve kalite üzerine etkileri. *Tarım Türk Dergisi*, 1: 7–15.
- Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A. and Brickman, R. 2004. Quality evaluation of anti-drop properties of greenhouse cladding materials. *Polymer Testing*, 23(7): 755–761. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2004.04.006>
- Gheshm, R. and Brown, R. N. 2020. The effects of black and white plastic mulch on soil temperature and yield of crisphead lettuce in southern New England. *HortTechnology*, 30(6): 781–792. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04674-20>
- Ghosh, P. K., Dayal, D., Bandyopadhyay, K. K. and Mohanty, M. 2006. Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut. *Field Crops Research*, 99(2–3): 76–86. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2006.03.004>
- González, R. E., Volpe, M. L. and Soto Vargas, V. C. 2025. Physicochemical and functional value of lettuce: Effect of mulching technique used during production on postharvest storage. *Biological and Life Sciences Forum*, 40: 12. <https://doi.org/10.3390/blsf2024040012>
- Haapala, T., Palonen, P., Tamminen, A. and Ahokas, J. 2015. Effects of different paper mulches on soil temperature and yield of cucumber (*Cucumis sativus* L.) in the temperate zone. *Agricultural and Food Science*, 24: 52–58.
- Ham, J. M., Kluitenberg, G. J., and Lamont, W. J. 1993. Optical properties of plastic mulches affect the field temperature regime.
- Haque, M. A., Karim, M. R., Uddin, M. J. and Rahman, M. M. 2018a. Effect of different colored plastic mulch on the yield and quality of tomato. *Journal of Experimental Agriculture International*, 26(3): 1–9.
- Haque, M. A., Jahiruddin, M. and Clarke, D., 2018b. Effect of plastic mulch on crop yield and land degradation in south coastal saline soils of Bangladesh. *International Soil and Water Conservation Research*, 6(4): 317–324. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2018.07.001>
- Helmy, H. S., Abuarab, M. E., Abdeldaym, E. A., Abdelaziz, S. M., Abdelbaset, M. M., Dewedar, O. M., Molina-Martinez, J. M., El-Shafie, A. F. and Mokhtar, A. 2025. Field-grown lettuce production optimized through precision irrigation water management using soil moisture-based capacitance sensors and biodegradable soil mulching. *Irrigation Science*, 43: 1045–1070. <https://doi.org/10.1007/s00271-024-00969-9>
- Iqbal, S., Xu, J., Allen, S. D., Khan, S., Nadir, S., Arif, M. S., and Yasmeen, T. 2020. Unraveling consequences of soil micro-and nano-plastic pollution on soil-plant system: implications for nitrogen (N) cycling and soil microbial activity. *Chemosphere*, 260,127578. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.127578>

- Kader, M. A., Senge, M., Mojid, M. A. and Nakamura, K. 2017. Mulching type-induced soil moisture and temperature regimes and water use efficiency of soybean under rain-fed condition in central Japan. *International Soil and Water Conservation Research*, 5(4): 302–308. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2017.08.001>
- Kapur, B. ve Şahiner, Y., 2019. Çilekte sulama düzeyleri ile malç uygulamalarının pomolojik özellikler üzerine etkileri. *Turkish Journal of Agriculture–Food Science and Technology*, 7(2): 355–364. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v7i2.355-364.2332>
- Karaca Bilgen , G., Özbahçe, A., Yeter, T., Görgişen, C., Bahçeci Alsan, P. ve Avağ, K. 2018. Farklı sulama seviyeleri ve malç uygulamalarında turşuluk hıyarın verim–su ilişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 1. *Uluslararası Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Özel Sayısı*, 328–339.
- Kasirajan, S. and Ngouajio, M. 2012. Polyethylene and biodegradable mulches for agricultural applications: A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 32(2): 501–529. <https://doi.org/10.1007/s13593-011-0068-3>
- Kittas, C., Tchamitchian, M., Katsoulas, N., Karaïskou, P. and Papaioannou, C. 2006. Effect of two UV-absorbing greenhouse-covering films on growth and yield of an eggplant soilless crop. *Scientia Horticulturae*, 110: 30–37. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.06.018>
- Koçar, G. 2001. Farklı renklerde polietilen ile malçlamanın sera marul yetiştiriciliğine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 11(1): 47–55.
- Korkmaz, S. S., ve Balkaya, A. 2016. Sonbahar dönemi taze fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) yetiştiriciliğinde farklı renklerde plastik malç uygulamalarının erkencilik, verim ve kalite üzerine etkilerinin belirlenmesi. *Bahçe*, 45(Özel Sayı 1 – 7. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi), 278–282.
- Kurt, Ö. ve Uğur, A. 2022. Kıvırcık marulda (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) borlu gübre ve humik asit uygulamalarının bazı bitki özelliklerine etkisi. *Turkish Journal of Agricultural Engineering Research*, 3(1), <https://doi.org/10.46592/turkager.998431>
- Kurtar, E. 2010. Isıtmasız cam serada sonbahar dönemi yazlık kabak (*Cucurbita pepo* L.) yetiştiriciliğinde malç uygulamalarının etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 14(2): 69–76.
- Liakatas, A., Clark, J. A. and Monteith, J. L. 1986. Measurement of the heat balance under plastic mulches. Part I. Radiation balance and soil heat flux. *Agricultural and Forest Meteorology*, 36: 227–239.
- López-Marín, J., González, A., Pérez-Alfocea, F. and Egea-Gutiérrez, C. 2012. Study of degradable materials for soil mulching in greenhouse-grown lettuce. *Scientia Horticulturae*, 146: 123–129.
- Maged, A. E. 2006. Effect of mulch types on soil environmental conditions and their effect on the growth and yield of cucumber plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 2(2): 67–73.

- Mahmoud, S. H., El-Tanahy, A. M. M. and Abou-Hussein, S. D., 2021. Biodegradable mulch for vegetable production: A review. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 10(2): 637–653. <https://doi.org/10.36632/mejar/2021.10.2.47>
- Malinconico, M. (Ed.), Martín-Closas, L., Costa, J. and Pelacho, A. M. 2017. Agronomic effects of biodegradable films on crop and field environment. In: *Soil Degradable Bioplastics for a Sustainable Modern Agriculture*. Springer, Cham.
- Mkhabela, K. T., Dlamini, M. V. and Manyatsi, A. M. 2019. The effect of mulching on soil moisture retention and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *International Journal of Environment, Agriculture and Research*, 5(9): 59–65.
- Moore, J. C., and Wszelaki, A. L. 2019. The use of biodegradable mulches in pepper production in the Southeastern United States. *HortScience*, 54(6), 1031-1038. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13942-19>
- Moreira, M. A., Santos, C. A. P. dos, Lucas, A. A. T., Bianchini, F. G., Souza, I. M. de and Viégas, P. R. A. 2014. Lettuce production according to different sources of organic matter and soil cover. *Agricultural Sciences*, 5(2): 99–105. <https://doi.org/10.4236/as.2014.52013>
- Mutetwa, M. ve Mtaita, T., 2014. Effects of mulching and fertilizer sources on growth and yield of onion (*Allium cepa*). *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 2(3): 102–106. <https://doi.org/10.17957/JGIASS/2.3.561>
- Ntow, T., Salifu, E. and Agyemang, R. O. 2023. The response of mulching to soil moisture content and the yield of lettuce. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 8(5): 2621–2627.
- Öz, H., Yaylacı, C. ve Erdal, İ., 2021. Farklı malç materyallerinin marul (*Lactuca sativa* L. Duna) bitkisinin gelişimi ve bazı mineral besin elementleri üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(2): 489–496. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.935445>
- Pacetti, T., Renzi, N., Lompi, M., Setti, A., Spinelli, D., Castelli, G., Bresci, E. ve Caporali, E., 2025. Water footprint and water productivity analysis of an alternative organic mulching technology for irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*, 310: 109380. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2025.109380>
- Pakyürek, H., Abak, K. ve Gül, A. 1994. Farklı plastik malçların domates verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *Türkiye 1. Ulusal Seracılık Sempozyumu Bildirileri*, s. 161–165, Antalya.
- Pittarello, M., Rodinò, M. T., Sidari, R., Panuccio, M. R. and Cozzi, F. 2025. Short-life biodegradable mulch films for high-density lettuce cultivation under Mediterranean conditions. *Horticulturae*, 11(1): 49.
- Salman, S. R., Gaafer, S. M., and Saleh, M. M. 2000. Effect of different irrigation levels and polyethylene mulch colors on the growth and yield of greenhouse cucumber. *Journal of Agricultural Science, Mansoura University*, 25(3): 1693–1705.
- Saputra, H., Pradana, A. P., Suryanto, A., Nugroho, A. and Rahmawati, N. 2025. Effect of different mulch types on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under tropical conditions. *Cogent Food ve Agriculture*, 11(1): 2454342. <https://doi.org/10.1080/23311932.2025.2454342>

- Sintim, H. Y. and Flury, M., 2017. Is biodegradable plastic mulch the solution to agriculture's plastic problem? *Environmental Science & Technology*, 51(3): 1068–1077. <https://doi.org/10.1021/acs.est.6b06042>
- Splittstoesser, W. E. 1990. Vegetable Growing Handbook: Organic and Traditional Methods. Springer, New York, 112–115.
- Steinmetz, Z., Wollmann, C., Schaefer, M., Buchmann, C., David, J., Tröger, J., Muñoz, K., Frör, O. and Schaumann, G. E. 2016. Plastic mulching in agriculture: Trading short-term agronomic benefits for long-term soil degradation. *Science of the Total Environment*, 550: 690–705.
- Şen, F., Kınay Teksür, P., Okşar, R. E., Güleş, A. ve Kaygısız Aşçıoğlu, T. 2016. Yararlı mikroorganizma uygulamasının marul verim ve kalite özellikleri üzerine etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 13(1): 35–40.
- Tarım Kredi İmece Plastik A.Ş. 2019. Siyah/Gümüş malç kullanım kılavuzu. <https://www.tkimeceplastik.com.tr/tr/urun/toprak-ust-ortusu> Erişim tarihi: 11.10.2025.
- Tesfa, T., Asres, D. and Woreta, H. 2018. Lettuce (*Lactuca sativa* L.) yield and yield components as affected by mulching at Teda, Central Gondar, Northwest Ethiopia. *International Journal of Scientific Research ve Management*, 6(9): 190–194. <https://doi.org/10.18535/ij سرم/v6i9.ah01>
- Torres-Olivar, V., Ibarra-Jiménez, L., Cárdenas-Flores, A., Lira-Saldivar, R. H., Valenzuela-Soto, J. H., and Castillo-Campohermoso, M. A. 2018. Changes induced by plastic film mulches on soil temperature and their relevance in growth and fruit yield of pickling cucumber. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B—Soil & Plant Science*, 68(2): 97–103.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). (2024). *Bitkisel üretim istatistikleri*. <https://www.tuik.gov.tr> [Erişim tarihi: 09.10.2025].
- Tüzen, B. 2023. *Biyobozunur malçların kapyra biberde meyve kalitesi ve biyoaktif bileşen içeriği üzerine etkileri* (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Samsun.
- Tüzen, B., Çilingir Tütüncü, A., Taşdelen, S. ve Pekşen, A. 2021. Effect of polyethylene plastic mulch on yield and fruit quality parameters of tomato. *Turkish Journal of Food and Agriculture Sciences*, 3(2): 56–59.
- Uğur, A., Saka, A. K. ve Uçan, U. 2022. Marulda farklı azot ve çinko dozlarının verim ve kaliteye etkileri. *Bahçe*, 51 (Özel Sayı 1): 300–309.
- Üçok, Z., Demir, H., Sönmez, İ. ve Polat, E. 2019. Farklı organik gübre uygulamalarının kıvrıcık salata (*Lactuca sativa* L. var. *crispa*) verim, kalite ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 32(Özel Sayı): 63–68. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.559120>
- Ünlü, Ö. H., Ünlü, H., Karataş, A., Padem, H. ve Kitiş, Y. E. 2006. Farklı renkteki malçların domateste verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Alatarım*, 5(1): 10–14.
- Verdial, M. F., Lima, M. S. de, Morgor, Á. F. and Goto, R. 2001. Production of iceberg lettuce using mulches. *Scientia Agricola*, 58(4): 737–740. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162001000400014>

- Vialle, L., Coelho, E. L. and Alves, R. E. A. 2024. Desenvolvimento e produção de alface cresa e americana sob influência de diferentes coberturas do solo. *Revista Agrogeoambiental*, 16, e20241812. <https://doi.org/10.18406/2316-1817v16nunico20241812>
- Xu, A., Buchanan, R. L. and Micallef, S. A. 2016. Impact of mulches and growing season on indicator bacteria survival during lettuce cultivation. *International Journal of Food Microbiology*, 224: 28–39. <https://doi.org/10.1016/j.ijfoodmicro.2016.02.013>
- Yağcı, A. ve Zenginoğlu, M. E. 2019. Açık köklü asma fidanı üretiminde farklı malç materyalleri ve gölgeleme oranlarının fidan randımanı ve kalitesine etkileri. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 16(2): 201–208. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.586271>
- Ye, L., Xu, Y., Zhu, G., Zhang, W. and Jiao, Y. 2024. Effects of different mulch types on farmland soil moisture in an artificial oasis area. *Land*, 13(1): 34. <https://doi.org/10.3390/land13010034>
- Yıldırım, M., Bahar, E. ve Demirel, K. 2015. Farklı sulama suyu seviyelerinin serada yetiştirilen kıvrıkcık marulun (*Lactuca sativa* var. *campania*) verimi ve gelişimi üzerine etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1): 29–34.
- Yordanova, M. and Nikolov, A. 2017. Influence of plant density and mulching on growth and yield of lettuce (*Lactuca sativa* var. *romana* L.). *International Journal of Environmental ve Agriculture Research*, 3(10): 10–14.

ÖZGEÇMİŞ

Kutay KOYAK

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2022-2026	Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya
Lisans	Akdeniz Üniversitesi
2014-2018	Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Çevre Teknikeri	Antalya Büyükşehir Belediyesi
2007-Devam Ediyor	Çevre Koruma ve Kontrol Dairesi Başkanlığı, Çevre Sağlığı Şube Müdürlüğü Antalya