



**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI**

**ATIK MANTAR KOMPOSTU VE İLAVE LED AYDINLATMA
UYGULAMALARININ MAYDANOZ FİDE KALİTESİNE
ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Kübra METE

Danışman
Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

SAMSUN

2025

**T.C.
ONDOKUZ MAYIS ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANA BİLİM DALI**



**ATIK MANTAR KOMPOSTU VE İLAVE LED AYDINLATMA
UYGULAMALARININ MAYDANOZ FİDE KALİTESİNE ETKİSİ**

Yüksek Lisans Tezi

Kübra METE

Danışman

Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

SAMSUN

2025

TEZ KABUL VE ONAYI

Kübra METE tarafından, **Prof. Dr. Aysun PEKŞEN** danışmanlığında hazırlanan “**ATIK MANTAR KOMPOSTU VE İLAVE LED AYDINLATMA UYGULAMALARININ MAYDANOZ FİDE KALİTESİNE ETKİSİ**” başlıklı bu çalışma, jürimiz tarafından 14.7.2025 tarihinde yapılan sınav sonucunda oy birliği ile başarılı bulunarak Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

	Unvanı Adı Soyadı Üniversitesi Ana Bilim/Ana Sanat Dalı	Sonuç
Başkan	Prof. Dr. Aysun PEKŞEN Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Prof. Dr. Adnan UĞUR Ordu Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret
Üye	Doç. Dr. Harun ÖZER Ondokuz Mayıs Üniversitesi Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı	☒ Kabul ☐ Ret

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

Prof. Dr. Faik Ahmet SESLİ
Enstitü Müdürü

BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI

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

Etik Kurul Gerekli mi?

Evet ☐ (Gerekli ise ekler kısmına ekleyiniz)

Hayır ☒

09/06/2025

Kübra METE

TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI

Tez Başlığı: ATIK MANTAR KOMPOSTU VE İLAVE LED AYDINLATMA UYGULAMALARININ MAYDANOZ FİDE KALİTESİNE ETKİSİ

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışması için şahsım tarafından 09.06.2025 tarihinde intihal tespit programından alınmış olan özgünlük raporu sonucunda;

Benzerlik oranı : % 9

Tek kaynak oranı : % 2 çıkmıştır.

09/06/2025

Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

ÖZET

ATIK MANTAR KOMPOSTU VE İLAVE LED AYDINLATMA UYGULAMALARININ MAYDANOZ FİDE KALİTESİNE ETKİSİ

Kübra METE

Ondokuz Mayıs Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı

Yüksek Lisans, Temmuz/2025

Danışman: Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

Bu çalışmada, kırmızı (K), mavi (M) ve beyaz (B) dalga boyu kullanılarak yapılan ek aydınlatma uygulamalarının (KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma) ve 3 farklı yetiştirme ortamının [(taze atık mantar substratı (AMS), %50taze atık mantar substratı+%50torf (AMS+T) ve torf (T))] birleşik etkisinin maydanoz fidelerinin kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. En yüksek tohum çıkışı torf ortamında belirlenirken, torf ortamında yetiştirilen fidelerin gelişimleri, diğer ortamlara göre zayıf bulunmuştur. Maydanoz fidelerinde en uzun boy, en kalın gövde çapı, en fazla yaprak sayısı ve alanı, en yüksek yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları AMS+T ortamından elde edilmiştir. Ortamlar arasında en yüksek fotosentez oranı da AMS+T ortamında saptanmıştır. Ek aydınlatma uygulamaları gövde çapı, kök uzunluğu, kök ve yaprak-gövde kuru ağırlığı, klorofil içeriği ve fotosentez oranını hiçbir ek aydınlatma yapılmayan kontrol uygulamasına göre artırmıştır. Çalışmada sadece fide boyu, yaprak sayısı ve alanı, kök kuru ağırlığı, yaprak Kroma değerleri bakımından dalga boyları arasında fark bulunmuştur. Taze AMS'nın yeniden kullanımı hem atık yönetimi hem de torf kaynaklarının korunması bakımından önemlidir. Enerji maliyeti düşünüldüğünde de KEA uygulaması daha tercih edilebilir bulunmuştur. Fide kalitesinde önemli kriterler olan gövde çapı, yaprak alanı, kök uzunluğu, yaprak-gövde ve kök kuru ağırlıkları bakımından yetiştirme ortamı ve ek aydınlatma uygulamalarının bileşik uygulamasında en iyi kombinasyonun AMS+T-KEA-K uygulaması (sırasıyla 1.56 mm, 8.70 cm, 8.97 cm², 0.0070 g ve 0.0203 g) olduğu belirlenmiştir. Çalışmada tuz içeriği yüksek AMS ortamında yetiştirilen maydanoz fidesi kalitesinin LED aydınlatma uygulamaları ile iyileştirilebileceği ortaya konulmuştur.

Anahtar Sözcükler: Dalga boyu, Ek aydınlatma, Fotosentez, *Petroselinum crispum*, Taze atık mantar substratı

ABSTRACT

EFFECT OF WASTE MUSHROOM COMPOST AND ADDITIONAL LED LIGHTING APPLICATIONS ON PARSLEY SEEDLING QUALITY

Kübra METE

Ondokuz Mayıs University
Institute of Graduate Studies
Department of Horticultural

Master, July/2025

Supervisor: Prof. Dr. Aysun PEKŞEN

In this study, the effects of supplementary lighting applications using red (R), blue (B) and white (W) wavelengths (ISL: supplementary lighting applied when the light intensity is below $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ during the day in addition to daylight, SSSL: supplementary lighting applied from sunrise to sunset in addition to daylight) and 3 different growing media [(fresh spent mushroom substrate (SMS), fresh spent mushroom substrate+peat (SMS+P) and peat (P)] combined on the quality of parsley seedlings were investigated. While the highest seed emergence was determined in peat medium, the development of seedlings grown in peat medium was found to be weak compared to other media. The longest height, thickest stem diameter, highest leaf number and area, highest leaf-stem fresh and dry weights in parsley seedlings were obtained from SMS+P medium. The highest photosynthesis rate among the media was also obtained from SMS+P medium. Supplementary lighting applications increased stem diameter, root length, root and leaf-stem dry weight, chlorophyll content and photosynthesis rate compared to the control application without any supplementary lighting. In the study, only seedling length, leaf number and area, root dry weight, leaf Chroma values were found to be different between the wavelengths. Reuse of fresh SMS is important in terms of both waste management and protection of peat resources. Considering the energy cost, ISL application was found to be more preferable. In terms of stem diameter, leaf area, root length, leaf-stem and root dry weights, which are important criteria for seedling quality, it was determined that the best combination in the combined application of growing medium and supplementary lighting applications was the SMS+P-ISL-R application (1.56 mm, 8.70 cm, 8.97 cm^2 , 0.0070 g and 0.0203 g, respectively). In the study, it was revealed that the quality of parsley seedlings grown in SMS medium with high salt content can be improved with LED lighting applications.

Keywords: Wavelength, Supplementary lighting, Photosynthesis, *Petroselinum crispum*, Fresh waste mushroom substrate

ÖN SÖZ VE TEŞEKKÜR

Yüksek lisans eğitim ve öğretim sürecimde bilgi ve deneyimi ile yanımda olan desteklerini benden esirgemeyen tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Aysun PEKŞEN'e en içten teşekkürlerimi sunarım. Kendisinin rehberliği, yönlendirmeleri ve bilimsel katkıları, çalışmamın her aşamasında yol gösterici olmuştur.

Tez çalışmamın yürütülmesinde sera ve veri analiz süreçlerinde katkı sağlayan Doç. Dr. Harun ÖZER hocama ve Arş. Gör. Aslıhan ÇİLİNGİR TÜTÜNCÜ'ye teşekkür ederim.

Destekleri ile her zaman yanımda olan aileme ve ayrıca çalışmam süresince birlikte emek verdiğimiz tüm arkadaşlarıma çok teşekkür ederim.

Kübra METE

İÇİNDEKİLER

TEZ KABUL VE ONAYI	i
BİLİMSEL ETİĞE UYGUNLUK BEYANI	ii
TEZ ÇALIŞMASI ÖZGÜNLÜK RAPORU BEYANI	ii
ÖZET	iii
ABSTRACT	iv
ÖNSÖZ VE TEŞEKKÜR	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER VE KISALTMALAR	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	viii
TABLolar DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. LİTERATÜR ÖZETLERİ	6
2.1. Atık Mantar Substratının Bitki Yetiştiriciliğinde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar	6
2.2. Fide Yetiştiriciliğinde Işık Konusunda Yapılan Çalışmalar	12
3. MATERYAL VE METOT	18
3.1. Denemede Kullanılan Materyaller	18
3.2. Denemede İncelenen Uygulamalar	18
3.3. Çalışmanın Yürütüldüğü Sera Alanının Düzenlenmesi	18
3.4. Çalışmada Yapılan Ölçüm ve Analizler	22
3.4.1. Tohum çıkış oranı	22
3.4.2. Yetiştirme ortamlarında yapılan analizler	23
3.4.3. Fide özelliklerini belirlemeye yönelik ölçümler	23
3.4.4. İstatistiksel analiz	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1 Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının tohum çıkış oranı üzerine etkisi	27
4.2. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının fide boyu, gövde çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi	29
4.3. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak sayısı ve alanı üzerine etkisi	33
4.4. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak klorofil içeriği ve fotosentez oranı üzerine etkisi	35
4.5. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının kök ve yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi	38
4.6. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak L, Kroma ve Hue renk değerleri üzerine etkisi	41
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	45
KAYNAKLAR	47
ÖZ GEÇMİŞ	54

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

cm ²	: Santimetre kare
°C	: Santigrat derece
dS m ⁻¹	: Decisiemens metre ⁻¹
%	: Yüzde
µmol	: Mikromol

Kısaltmalar

AMS	: Atık mantar substratı
AMS+T	: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı
B	: Beyaz ışık
EC	: Elektriksel iletkenlik
GBEA	: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma
K	: Kırmızı ışık
KEA	: Gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 µmol m ⁻² s ⁻¹ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma
KKA	: Kök kuru ağırlığı
Ko (Kontrol)	: Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları
KYA	: Kök yaş ağırlığı
LED	: Işık yayan diyot
M	: Mavi ışık
T	: Torf
YGKA	: Yaprak-gövde kuru ağırlığı
YGYA	: Yaprak-gövde yaş ağırlığı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü sera alanının görüntüsü	19
Şekil 3.2. Beyaz (a), mavi (b) ve kırmızı (c) lamba spektrumları.....	20
Şekil 3.3. Serada LED lamba uygulamaları kırmızı, mavi ve beyaz dalga boylarının görünümü.....	20
Şekil 3.4. Tohum, tohum ekimi, viyollerin yerleştirilmesi ve sulama	22
Şekil 3.5. Fide köklerinin yıkanması, fide boy ve kök uzunluklarının ölçülmesi	23
Şekil 3.6. Klorofil içeriğinin belirlenmesi	24
Şekil 3.7. Fotosentez oranının belirlenmesi	24
Şekil 3.8. Yaprak renk değerlerinin (L, Kroma, Hue) ölçümü	25
Şekil 3.9. Yaprak alan ölçümleri.....	25



TABLolar DİZİNİ

Tablo 3.1. Denemede incelenen faktörler	19
Tablo 3.2. Deneme süresince serada ölçülen sıcaklık, nem ve ışık şiddeti değerleri.....	21
Tablo 3.3. Yetiştirme ortamlarının pH ve EC değerleri	21
Tablo 3.4. Tohum ekimi, fide çıkış dönemi, hasat dönemi tarihleri	22
Tablo 4.1. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz tohum çıkışı üzerine etkisi...	28
Tablo 4.2. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fide boyu, gövde çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi	30
Tablo 4.3. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fide yaprak sayısı ve alanı üzerine etkisi	34
Tablo 4.4. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz yapraklarında ölçülen klorofil ve fotosentez değerleri üzerine etkisi.....	36
Tablo 4.5. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fidesinin kök ve yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi	39
Tablo 4.6. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz yapraklarının L, Kroma ve Hue renk değerleri üzerine etkisi	42

1. GİRİŞ

Son yıllarda, tarım sektöründe sürdürülebilirlik ön plana çıkan temel yaklaşımlardan biri haline gelmiştir. Özellikle fide yetiştiriciliği gibi bitki üretiminin erken dönemlerini kapsayan uygulamalarda hem çevresel etkileri minimize edecek hem de ekonomik sürdürülebilirliği sağlayacak yenilikçi çözümler ön plana çıkmaktadır. Alternatif fide yetiştirme ortamları ve kullanılan ışık sistemleri de yetiştiricilikte önemli bileşenleri oluşturmaktadır.

Torf, fide üretiminde en yaygın kullanılan materyaldir. Yüksek su tutma kapasitesi, iyi hava geçirgenliği ve düşük tuzluluk düzeyi gibi özellikleri sayesinde fide gelişimi için elverişli bir ortam sunmaktadır. Ancak torf materyalleri azot (N), potasyum (K) ve fosfor (P) gibi temel ve mikro besin elementleri bakımından fakirdirler (Tolunay, 2007). En önemlisi torf yenilenemeyen bir kaynaktır. Torfun çıkartılması sırasında bataklık ekosistemlerindeki tahribat ve yüksek karbon salımı nedeniyle ciddi çevresel sorunlar yaşanmaktadır. Olumsuz çevresel etkileri yanı sıra istenilen miktarda bulunamaması ve maliyeti, torfun kullanımı konusunda tartışmalara yol açmaktadır (Gruda vd., 2023; Pekşen ve Eren, 2024). Son yıllarda torfun alternatif substratlarla değiştirme girişimleri, Avrupa'da hız kazanmıştır. Günümüzde yüksek maliyet, sürdürülebilirlik gibi sorunlar torf bazlı yetiştirme ortamlarına daha sürdürülebilir alternatifler bulmayı ve torf kullanımını en azından kısmen azaltmayı zorunlu hale getirmektedir (Di Gioia vd., 2017). İngiltere ve Almanya gibi ülkelerde bahçecilik sektöründe torf kullanımının yasaklanmasına yönelik yasal düzenlenmeler gündemdedir (Pekşen ve Eren, 2024; Hirschler ve Osterburg, 2025). Torf yerine kullanılabilecek yetiştirme ortamları, iyi verim ve kalite performansları sağlamanın yanı sıra büyük miktarlarda bulunabilmeli, düşük maliyetli olmalı ve çevresel olarak sürdürülebilir olmalıdır (Di Gioia vd., 2017; Gruda, 2019).

Mantar üretimi sonrası açığa çıkan komposta kullanılmış mantar kompostu veya atık mantar kompostu denilmektedir. Ancak bu materyal içinde abiyotik bileşenler yanında biyotik bileşenlerde bulunması nedeniyle atık mantar substratı (AMS) olarak tanımlanmasının daha doğru olacağı belirtilmiştir (Phan ve Sabaratnam, 2012; Pekşen ve Yamaç, 2016). Dünya mantar ve trüf üretimi 48.33 milyon tonu geçmiştir (Pekşen ve Eren, 2024). Üretilen her kilogram mantar için yaklaşık beş kilogram AMS üretildiği (Pekşen ve Yamaç, 2016) düşünüldüğünde yaklaşık yıllık 241.65 milyon ton

AMS açığa çıkmaktadır. Açığa çıkan bu AMS miktarı, uygun şekilde bertaraf edilmediği veya etkili bir şekilde kullanılmadığı takdirde potansiyel çevresel tehditlere yol açabilir. Bununla birlikte AMS; torf kullanımını azaltmak, üretim maliyetlerini düşürmek ve çevresel sürdürülebilirlik için büyük bir fırsat sunabilir (Pekşen ve Eren, 2024). AMS'nın organik madde içeriği yüksektir ve bitki besin maddelerinden özellikle P ve K bakımından önemli bir kaynaktır. Fiziksel özellikleri, yüksek besin içeriği, düşük ağır metal içeriği ve düşük maliyeti nedeniyle tarımsal üretimde değerli bir girdidir. AMS, özellikle tarım ve bahçecilik sektörlerinde kullanıma potansiyeline sahiptir ve yenilenemeyen kaynakların kullanımının azaltılmasına katkıda bulunabilir (Poudel vd., 2023). Ancak özellikle taze AMS'nin tuz içeriğinin yüksek olması (Çatal ve Peksen, 2018; Fidanza vd., 2010) yetiştirme ortamı olarak hemen kullanımı için en önemli kısıtlayıcı faktördür. Taze atık mantar substratı yıkanarak, açık şartlarda uzun süre bekletilerek veya diğer yetiştirme ortamlarıyla karıştırılarak içerdiği tuzlar seyreltip sebze üretimi için uygun bir alternatif ortam haline getirebilir (Pekşen ve Yamaç, 2016). Bununla birlikte, taze atık mantar substratının yıkanması ve bekletilmesi gibi işlemler çevre kirliliği yanı sıra maliyetli olmaktadır. Taze AMS'nın kullanılması; daha az zaman tüketimi, saha işgali, iş gücü ve ek girdi gerektirir. Taze atık mantar substratının (kompostunun) fide ortamı olarak kullanılması ve bitki gelişimine olumsuz etkisinin ortadan kaldırılmasına yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Literatürde taze AMS veya turba ile karışımının maydanoz fide yetiştiriciliğinde kullanımı ile ilgili bilgi bulunmamaktadır. Bu çalışmada hem çevresel hem de ekonomik fayda sağlamak amacıyla taze AMS'nın hemen, kolay ve ucuz bir şekilde kullanılmasının sağlanması hedeflenmektedir.

Işık, örtüaltı yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, büyümesi ve üretimi etkileyen en önemli çevresel faktördür. Son yıllarda LED (Işık Yayan Diyot) aydınlatma sistemleri, sera bitkisel üretiminde enerji verimliliği ve özelleştirilebilir spektrum avantajları sayesinde giderek yaygınlaşmaktadır. Farklı dalga boylarının bitkiler üzerinde farklı etkileri bulunmaktadır. Kırmızı ışık biyokütle birikimini artırmaktadır (Hernández ve Kubota, 2012). Mavi ışık, sabahları stomaların ilk açılmasında (Baroli vd., 2008), bitki boyunun kontrolünde (Hernández ve Kubota, 2012) ve fotokoruyucu pigmentasyonun teşvikinde (Taulavuori vd., 2016) rol oynar. LED'lerin kontrollü ortam bitki üretiminde morfolojik düzenlemeler, ürün kalitesinde artış ve savunma mekanizmalarının uyarılması gibi avantajlar sunduğu görülmektedir (Ouzounis vd.,

2015). Uygun spektrum kombinasyonları ile üretim verimi artırılabilirken, hastalık yönetiminde de potansiyel kazanımlar elde edilebilir (Dieleman vd., 2021). Ayrıca, karnabahar ve semizotu gibi bitkiler üzerinde yapılan araştırmalar (Giménez vd., 2021), LED aydınlatmanın tuz stresi ile bir arada nasıl besin bileşimini ve verim kalitesini etkilediğini vurgulamaktadır. Çilekte mavi, kırmızı ve mavi/kırmızı ışık spektrumlarının kullanımının, tuzluluk ve alkalinite streslerine karşı bitki dayanıklılığını artırma potansiyeli olduğu bildirilmiştir (Malekzadeh vd., 2024). LED aydınlatma uygulamaları bitki gelişimini ve besin alımını daha da artırmaktadır. LED ışık stratejileri, yalnızca bitki büyümesini değil, aynı zamanda bitkilerin biyotik streslere karşı dayanıklılıklarını da etkileyebilir. Pavlović vd. (2024), bitkileri LED ışık uygulamasına maruz bırakmanın antioksidan birikimine neden olduğu ve bu durumda bitkinin tuz stresiyle başa çıkma yeteneğini geliştirdiğini belirtmişlerdir. Ancak farklı bitki türlerinin ışık uygulamalarına verdiği tepkiler büyük oranda değişkenlik gösterebilmektedir.

Petroselinum crispum Miller (maydanoz), Batı Asya ve Avrupa'ya özgü olmasına rağmen, dünyanın her yerinde yetiştirilmekte ve tüketilmektedir. *Apiaceae* familyasından mutfak, tıbbi ve aromatik bir bitkidir. Taze veya kurutulmuş yaprakları, tohumları ve kökleri gıda dışında ilaç ve kozmetik endüstrisinde de kullanılmaktadır. Maydanoz sebzesi hem yaprakları (düz veya geniş) hem de yumrusu (kök) için yetiştirilir. Maydanoz sebzесinin ana çeşitleri İtalyan (veya düz yapraklı), kıvrıkcık yapraklı ve kök maydanozudur (Miller vd., 2020). *P. crispum*, hafif, hoş bir tada sahip yeşil yapraklara sahiptir. Maydanoz; potasyum, kalsiyum, manganez, demir ve magnezyum gibi minerallerin iyi bir kaynağıdır ve folik asit açısından zengindir (Ajmera vd., 2019; Marthe, 2020). Ayrıca antioksidanlar, A ve C vitaminleri bakımından zengindir ve muhtemelen en zengin doğal K vitamini kaynağıdır (Dorman vd., 2011; Mahmood vd., 2014; Ajmera vd., 2019; Marthe, 2020). Ajmera vd. (2019) maydanoz bitkisinin K vitamininin 1640 µg veya önerilen günlük alımın %1366'sını sunduğunu ve kemik sağlığında potansiyel bir işlevi olduğunu bildirmişlerdir. Maydanoz antioksidan özellikleri ile vücudu DNA hasarına karşı korur ve kanser hücrelerinin çoğalmasını ve yayılmasını engeller (Tang vd., 2015). Ayrıca beyinlerindeki nöronal hasarı sınırlayarak Alzheimer hastalığının tedavisinde uzun zamandır önemli bir yeri olduğu belirtilmektedir (Ajmera vd., 2019). Gaz giderici,

idrar söktürücü, hipertansiyon, hipotansiyon, midevi, sinirsel, adet söktürücü, düşük yapıcı ve besleyici olarak kullanılır (Kreydiyyeh ve Usta, 2002).

Türkiye’de 2024 yılı verilerine göre maydanoz bitkisi 82896 dekar alanda 126117 tonluk bir üretime sahiptir (TÜİK, 2025). Son yıllarda maydanoz üretiminde tohumdan üretim yerine fideden üretimin benimsendiği görülmektedir. Maydanoz bitkisinde tohumun geç ve zayıf çimlenmesi ve tohum çıkışındaki düzensizlikler nedeniyle hem sera hem de tarla koşullarında zorluklar yaşanan bir bitkidir. Bu nedenle maydanoz bitkisinde fide üretiminde çıkış sorunlarının giderilmesi ve kaliteli fide üretiminin sağlanması önemli bir konudur. Fide kalitesi, sebze büyümesinin en kritik aşamalarındandır ve yüksek kaliteli sebze üretiminin temelini oluşturur. Son yıllarda, fide kalitesi üzerine ışık uygulamalarının etkileri üzerine çalışmaların yoğunlaştığı görülmektedir. Ancak ışıkla ilgili yapılan çalışmaların sayısı artmış olmakla birlikte, belirli bir bitki için uygun ışığa ilişkin öneriler halen tartışılmakta ve bu konudaki araştırmalar devam etmektedir (Yousef vd., 2021). Bitkilerin ışığa verdiği tepkiler tür ve/veya kültüre bağlıdır ve birçok faktörden etkilenebilir (Ouzounis vd., 2015; Alrifai vd., 2019). Maydanoz bitkisinin fideden üretimi konusu yeni bir konudur. Ülkemizde maydanoz fide üretimi konusunda sınırlı sayıda çalışma bulunmaktadır (Taşdelen vd., 2021; Yılmaz vd., 2024). Özellikle kış döneminde gün ışığına maruz kalma süresinin kısa ve ışık şiddetinin düşük olması, fotosentezi sınırlamaktadır. Bu da yavaş büyüme ve fide kalitesinin düşük olmasına neden olur. Ek aydınlatma, bu koşullarda etkili bir çözümdür. Ayrıca çeşitli ışık dalga boylarının bitki büyümesini farklı şekillerde etkilediği düşünüldüğünde farklı dalga boylarına sahip LED lambalarla yapılan ek aydınlatmanın kullanımını araştırmak önemli bilimsel ve pratik öneme sahiptir. Üstelik tuz içeriği yüksek AMS ve AMS+T gibi ortamlarda yetiştirilen maydanoz fidelerinde farklı dalga boylarında uygulanan gün ışığına ek aydınlatma uygulamalarının etkileri hakkında yayınlanmış bir bilgi bulunmamaktadır.

Bu çalışmada, 3 farklı ortam (taze AMS, taze AMS+T ve T) ve 3 farklı dalga boyu (kırmızı, mavi ve beyaz) ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının (KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ’in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma) maydanoz fidelerinin kalitesi üzerine etkileri araştırılmıştır. Mevcut çalışmada LED aydınlatma uygulamalarının tuz içeriği yüksek farklı

ortamlarda yetiştirilen maydanoz fide kalitesi üzerine bileşik etkileri incelenmiştir. Bu alışma ile maydanoz fidelerinin farklı EC değerleri farklı ortamlarda ışık özelliklerine verdiği tepkinin de ortaya konulması amaçlanmıştır.



2. LİTERATÜR ÖZETLERİ

2.1. Atık Mantar Substratının Bitki Yetiştiriciliğinde Kullanımı ile İlgili Çalışmalar

Yapılan bir çalışmada, açık arazide 2 yıl bekletilmiş atık mantar substratının (AMS) marul yetiştiriciliğinde verim ve kalite üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Araştırma sonbahar ve ilkbahar döneminde açık arazide yürütülmüştür. Çalışmada sonbaharda Gloria, ilkbaharda Lital marul çeşidi kullanılmıştır. Atık mantar substratının kullanılmadığı kontrol uygulaması ile araziye 1, 2 ve 4 ton da⁻¹ uygulanan bekletilmiş AMS'nin baş uzunluğu, baş ağırlığı, ortalama ve toplam pazarlanabilir ürün miktarları tespit edilmiştir. Marul bitkilerinin pH, SÇKM ve C Vitamini gibi kalite özellikleri incelenmiştir. Hem sonbahar hem de ilkbahar döneminde uygulanan AMS kontrole göre verimde önemli artışa neden olduğu belirlenmiştir. Buna karşılık, uygulamalar arasında baş uzunluğu, pH, SÇKM ve C vitamini gibi kalite özellikleri arasında fark bulunmamıştır. Çalışma sonucunda her iki dönem içinde 2 ve 4 ton da⁻¹ AMS uygulamasının pazarlanabilir ürün açısından en iyi sonucu verdiği bildirilmiştir (Polat vd., 2004).

Polat vd. (2009) tarafından yürütülen bir çalışmada, toprak organik madde kaynağı olarak değerlendirilen AMS'nin serada yetiştirilen hıyar bitkisinin verimi ve kalite özelliklerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada, 6 ay boyunca dış ortamda bekletilen AMS, sera toprağına farklı oranlarda (0, 20, 40 ve 80 ton ha⁻¹) karıştırılmıştır. Sera toprağına farklı oranlarda karıştırılan AMS uygulamalarının verim, birinci sınıf meyve oranı, meyve genişliği ve uzunluğu, toplam çözünür katı madde miktarı ve hıyar meyvesinin mineral madde içeriğine etkileri değerlendirilmiştir. AMS uygulamalarının özellikle toplam meyve verimi, meyve genişliği ve meyve azot içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek toplam verim, sera toprağına 40 ton ha⁻¹ AMS uygulamasından elde edilmiştir. En yüksek meyve genişliği değeri ve azot içeriği ise 80 ton ha⁻¹ uygulamasında tespit edilmiştir. Toprak analizi sonuçlarına göre; AMS'nin yüksek organik madde ve azot içerdiği, ayrıca potasyum ve fosfor gibi bitki besin elementleri açısından da zengin olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada kullanılan sera toprağına kıyasla AMS'nin pH'sının daha düşük, tuzluluğunun ise daha yüksek olduğu belirlenmiştir. AMS'nin özellikle 6 ay bekletildikten sonra kullanıldığında hıyar

yetiştiriciliği açısından faydalı olduğu saptanmıştır. Çalışma, AMS'nin organik madde olarak değerlendirilerek sera tarımında toprak iyileştirici ve verim artırıcı bir materyal olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır.

Demir (2017) tarafından yürütülen çalışmada, sebze üretiminde sağlıklı ve kaliteli fide yetiştiriciliği için kullanılan yetiştirme ortamlarına alternatif olarak kullanılmış mantar kompostunun (AMS) uygunluğu araştırılmıştır. Denemede; torf, perlit, taze (mantar üretiminden hemen sonra) ve bekletilmiş mantar (6 aydan fazla doğal koşullarda olgunlaştırılmış) kompostları ile bunların farklı oranlarından hazırlanmış 8 yetiştirme ortamının Turbo F1 çarliston biber çeşidinin fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Çalışmada fide kalitesini belirlemeye yönelik çimlenme oranı, fide boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, fidelerin makro (N, P, K, Ca ve Mg) ve mikro (Fe, Zn, Mn ve Cu) besin element içerikleri belirlenmiştir. Çalışma sonuçlarına göre, %70 bekletilmiş AMS + %30 perlit karışımı ile tek başına bekletilmiş AMS ortamı, geleneksel torf + perlit ortamına kıyasla fide gelişimi bakımından benzer ve bazı durumlarda üstün sonuçlar ortaya koymuştur. Özellikle gövde çapı, fide boyu ve yaprak sayısı açısından daha yüksek değerler elde edilmiştir. Taze kompostun kullanıldığı uygulamalarda ise yüksek tuzluluk ve mikrobiyal faaliyetlerin olumsuz etkileri nedeniyle çimlenme oranları ve fide gelişim değerleri düşük bulunmuştur. Bekletilmiş kompost, organik maddelerin ayrışması sonucu çevreye daha az stres oluşturarak fide gelişimini desteklemiştir. Makro besin elementi içeriklerinde, N ve K bakımından AMS karışımlarının, ticari ortamlara göre eşit veya daha zengin olduğu, ancak bu içeriklerin taze AMS'de ani çözünebilen formda olduğu için bitki gelişimini baskılayabildiği belirtilmiştir.

Sönmez (2017) tarafından yürütülen çalışmada, 8 yetiştirme ortamının (%100perlit, %100torf, %100taze AMS, %100bekletilmiş AMS, %30perlit+%70torf, %30perlit+%70taze AMS, %30perlit+%70bekletilmiş AMS, %30perlit+%35taze AMS+%35bekletilmiş AMS) domates fide gelişimi ve besin element içerikleri üzerine etkileri belirlenmiştir. Çalışmada, fide gelişim kriterleri olarak çimlenme oranı, fide boyu, gövde çapı, gerçek yaprak sayısı ve yaş ağırlık değerleri ölçülmüş, makro ve mikro besin elementi analizi yapılmıştır. Çalışma sonuçları incelendiğinde bekletilmiş AMS içeren yetiştirme ortamlarının (%100bekletilmiş AMS ve %30perlit+%70bekletilmiş AMS) fide gelişimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Taze AMS uygulamaları ise mikro element içerikleri bakımından daha

etkili olmuş, ancak yüksek tuz içeriği nedeniyle fide gelişimi olumsuz etkilenmiştir. Bu sonuçlar, AMS'nın torfa alternatif olarak kullanılabileceğini, ancak taze AMS'nın yüksek tuzluluk nedeniyle mutlaka bekletilmesi ve olgunlaştırılması gerektiğini ortaya koymuştur.

Catal ve Peksen (2018), Türkiye'de yetiştirilen farklı mantar türlerinin (*Agaricus bisporus* , *Ganoderma lucidum* , *Hericium erinaceus* , *Lentinula edodes* ve *Pleurotus ostreatus*) üretimi sonrası açığa çıkan atık mantar substratlarının (AMS) fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini detaylı olarak incelemişlerdir. Çalışmada ele alınan farklı mantar türlerine ait AMS'lerle torf ve standart olarak kullanılan yetiştirme ortamının özelliklerini karşılaştırmışlardır. AMS'lerin su tutma kapasiteleri, C miktarları, C:N oranları, organik madde miktarları, EC değerleri, mikrobiyal biyokütle karbon değerleri, arilsülfataz aktiviteleri torf ve standart ortamdan daha yüksek bulunmuştur. Araştırma bulguları, mantar türüne ve kompostun bekletilme süresine bağlı olarak bu özelliklerin değişkenlik gösterdiğini ortaya koymuştur. *Pleurotus* türüne ait AMS'nın organik madde içeriği yüksek iken, *Agaricus* AMS'nın su tutma kapasitesi daha yüksek bulunmuştur. pH, EC, C:N oranı değerleri ile fitotoksisite deney sonuçları, mantar üretim sürecinden hemen sonra alınan taze AMS'lerinin olgun kompost özelliklerine sahip olmadığı tespit edilmiştir. Çalışmada farklı mantar türlerinden elde edilen atık kompostların uygun ön işlemler ve karışım oranlarıyla değerlendirilmesi halinde tarımda çevre dostu ve sürdürülebilir yetiştirme ortamı olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Durak ve Karagüzel (2018), tohumdan yetiştirilen doğal peyzaj bitkilerinden biri olan *Celtis australis* L. (çitlembik) fidanlarının yaprak besin elementi miktarlarına genotip ve yetiştirme ortamlarının etkisini incelemiştir. Çalışmada 5 genotip ve 4 farklı yetiştirme ortamı (torf+perlit, torf+kum, mantar kompost atığı+kum ve tınlı toprak+çiftlik gübresi+kum) ele alınmıştır. Çalışmada kullanılan yetiştirme ortamlarında eksiklik ya da toksik belirtilere rastlanmamıştır. Özellikle mantar kompostu içeren ortamlar, bazı elementlerin alımını artırarak dengeli besin alımı sağlamıştır. Bu nedenle çalışma, çitlembik gibi doğal türlerin fidan üretiminde alternatif ve sürdürülebilir yetiştirme ortamlarının kullanılabileceğini, ayrıca yaprak besin içeriklerinin yeterlilik aralıkları açısından referans değerler oluşturabileceğini göstermiştir.

Meng vd. (2018) tarafından yürütülen çalışmada, domates ve biber fidelerinin yetiştirilmesinde torf yerine biyogaz üretimi atıkları ve *Auricularia auricula* atık mantar substratı (AMS) kullanım potansiyeli incelemiştir. AMS, domuz gübresi ve biyogaz kalıntılarının kompostlanmasıyla elde edilen materyal kullanılmış ve farklı oranlardaki torf ve perlit karışımlarıyla beş farklı yetiştirme ortamı oluşturulmuştur. Fiziksel ve kimyasal analizler sonucunda, kompost ilavesi ortamın pH'sını, elektriksel iletkenliğini, hava geçirgenliğini ve besin element (NPK) içeriğini artırırken, su tutma kapasitesi ve toplam poroziteyi düşürmüştür. Çalışmanın sonucuna göre, kompostlanmış biyogaz atıkları ve mantar kompostu, torfun kısmen veya tamamen yerini alabilecek uygun bir alternatif olarak değerlendirilmiştir. Özellikle %20-50 oranındaki kompost katkısının, fide kalitesini artırırken *Fusarium* riskini düşürdüğü sonucuna varılmıştır. Bu yöntem, hem atık yönetimi hem de sürdürülebilir fide üretimi açısından çevresel ve ekonomik katkılar sunmaktadır.

Yılmaz vd. (2018), domates fidesi üretiminde torf yerine alternatif olarak atık mantar substratlarının kullanım potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada, mantar üretimi sonrasında açığa çıkan *Agaricus bisporus* ve *Pleurotus ostreatus* AMS'lerinin torfa farklı oranlarda (%25, 50, 75 ve 100) karıştırılması ile hazırlanan 8 farklı yetiştirme ortamı ve kontrol (%100 torf) olmak üzere 9 yetiştirme ortamı kullanılmıştır. Genel olarak, *Agaricus* atık kompostu içeren ortamların fide gelişimi açısından *Pleurotus* içeren ortamlardan daha iyi performans sergilediği belirlenmiştir. Çalışma, hem ekonomik hem de çevresel açıdan değerli bir atık olan atık mantar kompostunun özellikle *Agaricus* türüne ait olanların torf ile karıştırılarak fide üretiminde başarıyla kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Böylece torfa olan bağımlılığın azaltılması ve atık yönetimde sürdürülebilir çözümler sağlanması mümkün hale gelmektedir.

Aydın ve Demirsoy (2020), topraksız tarım koşullarında torf+perlit karışımı (kontrol) ile torf, katı vermikompost ve atık mantar kompostunun tek, kompoze gübre+üre ve kompoze gübre+üre+deniz yosunu ilave hazırlanan toplam 10 yetiştirme ortamının Kaliforniya biber bitkisinin gelişimi, verimi ve meyve kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada hasat sırasında bitki boyu, gövde çapı ve klorofil değerleri belirlenmiştir. Ayrıca meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve eni ve boyu, meyve eti sertliği ve et kalınlığı ile bitki başına verim saptanmıştır. En yüksek bitki boyu (61.00 cm), gövde kalınlığı (13.44 mm) ve verim (1803.75 g bitki⁻¹) katı

vermikompost+kompoze gübre+üre+deniz yosunu kombinasyonunda elde edilmiştir. Atık mantar kompostu (AMS) ile inorganik gübrenin birlikte kullanıldığı ortamda, hasat döneminde en yüksek yaprak klorofil içeriği (68.96 SPAD) tespit edilmiştir. AMS'na kompoze gübre+üre+deniz yosunu eklenerek oluşturulan ortam, en yüksek ortalama meyve ağırlığı (155.79 g) ve meyve boyunun (71.90 mm) elde edildiği ortam olmuştur. Çalışmada; AMS'nın özellikle deniz yosunu ve inorganik gübre ile birlikte kullanıldığında kontrole göre biber bitkisinde verim ve kalite açısından olumlu katkılar sağladığı belirlenmiştir.

Prasad vd. (2021), *Agaricus bisporus*, *Pleurotus ostreatus* ve *Lentinus edodes* mantar türlerine ait taze atık mantar substratlarının çilek (*Fragaria × ananassa* 'Honeoye' çeşidi) yetiştiriciliğinde torf yerine kullanım durumunu incelemişlerdir. Isıtılmayan plastik tünelde yürütülen çalışmada, torfa %15 ve %25 oranlarında taze atık mantar substratı karıştırılarak hazırlanan 6 yetiştirme ortamı ile torf (kontrol) ortamı olmak üzere 7 yetiştirme ortamı çilek verimi, morfolojik özellikler ve fotosentetik tepkileri bakımından karşılaştırılmıştır. Genel olarak, AMS içeren ortamlar çilek bitkisinin verimi, yaprak alanı, yaş ve kuru ağırlığı üzerinde olumlu etkiler sağlamıştır. Çalışma sonuçları taze atık mantar substratlarının %15-25 oranında torfla karıştırılarak çilek yetiştiriciliğinde düşük maliyetli ve etkili bir ortam alternatifi sunabileceğini göstermiştir.

Yörük vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, organik marul yetiştiriciliğinde ışık ve sıcaklığa göre hasat zamanını (marul yetiştirmek için gerekli gün sayısını) tahmin etmek amacıyla bir büyüme modeli geliştirilmiştir. Araştırmada *Agaricus*-AMS, *Pleurotus*-AMS, solucan gübresi (vermikompost) ve kontrol uygulamalarında yetiştirilen marul bitkisinde bitki boyu, yaprak sayısı, taç çapı, klorofil içeriği ve yaprak stoma iletkenliği gibi parametreler incelenmiştir. Bulgulara göre, *Agaricus*-AMS ve vermikompost ortamlarında yetiştirilen bitkilerin, kontrol ve *Pleurotus*-AMS'ye göre bitki boyları, yaprak sayıları, taç çapları ve stoma iletkenliği değerleri daha yüksek bulunmuştur. En yüksek kuru ağırlık değeri ise *Pleurotus*-AMS ortamında yetiştirilen bitkilerde tespit edilmiştir. Sıcaklık ve ışık arasında iyi bir denge sağlandığında marulun toplam kuru ağırlığı, stoma iletkenliğini ve yaprak klorofil içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

Çalışma, atık mantar substratının bebek ıspanağının verimi ve kalitesi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Çalışmada kimyasal gübreleme (pozitif kontrol), 0 t ha⁻¹ (negatif kontrol), 10 t ha⁻¹, 20 t ha⁻¹, 30 t ha⁻¹ AMS uygulaması olmak üzere 5 uygulama ele alınmıştır. Atık mantar substratının artan oranları taze ıspanağın verimini ve kalitesini önemli ölçüde ($p < 0.05$) artırmıştır. Bununla birlikte, 30 t ha⁻¹'den fazla atık mantar substratı uygulaması, bebek ıspanağının acılığını artırmıştır. AMS'nin daha yüksek uygulama seviyelerinin bir sonucu olarak ortaya çıkan acılık, kök bölgesi etrafındaki yüksek tuzluluktan kaynaklanmış olabileceği ifade edilmiştir. Çalışma sonucunda atık mantar substratının kaliteli bebek ıspanağı üretimi için organik gübre olarak potansiyeli olduğu belirlenmiştir (Muchena vd., 2021).

Uslu (2024) tarafından yürütülen yüksek lisans tezinde, tarım ve gıda endüstrisinden elde edilen çay atığı, zeytin atığı (pirina) ve atık mantar substratı (AMS) olmak üzere 3 farklı atığın 5 farklı dozunun (%0, 2, 4, 6 ve 8) biberiye bitkisinin gelişimi ve verimi üzerine etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma 3 litrelik saksılarda yürütülmüştür. %0 dozu kontrol olarak ele alınmış sadece tarla toprağından oluşmaktadır. Diğer atıklar saksı kapasitesinin %2, 4, 6 ve 8 olacak şekilde tarla toprağı ile karıştırılması ile hazırlanmıştır. Biberiye bitkilerinde gövde çapı, bitki boyu, yan dal sayısı, toplam yaprak sayısı, yaprak uzunluğu ve genişliği, taze herba verimi, kuru herba verimi, kuru sap ve kuru yaprak verimleri gibi özellikler incelenmiştir. Atık türleri içinde en yüksek bitki gelişimleri ve verimler AMS'dan elde edilmiştir. Özellikle %6 ve 8 dozlarında AMS içeren ortamlarda biberiye bitkilerinin boyları, yaprak sayıları ve toplam biyokütlelerinde anlamlı artışlar tespit edilmiştir. Bu sonuçlar, AMS'nin bitki besin elementleri açısından zengin bir yetiştirme ortamı sunduğunu ortaya koymuştur. Diğer yandan, zeytin atığı yüksek dozlarda (özellikle %6 ve 8) uygulandığında, asidik özelliklerinden dolayı bitki verimi üzerinde olumsuz etkiler oluşturduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, AMS'nin biberiye yetiştiriciliğinde alternatif bir organik ortam materyali olarak kullanılabileceği, hem sürdürülebilir atık yönetimi açısından hem de torf gibi doğal kaynaklara olan bağımlılığı azaltması yönünden önemli katkılar sağlayabileceği ifade edilmiştir.

Bu çalışma, farklı oranlarda taze veya kompostlanmış AMS içeren ortamlarda yetiştirilen kiraz domates fidelerinin performansını ve domateslerin verimi üzerindeki müteakip etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılmıştır. Kiraz domates fideleri

retmek için turba yerine AMS'nin kullanılma potansiyeli araştırılmıştır. Çalışmanın birinci aşamasında, farklı yetiştirme ortamı karışımlarında yetiştirilen fidelerin performansları belirlenmiştir. %100 kompostlanmış AMS, %40 Carolina toprak+%60 kompostlanmış AMS, %60 Carolina toprak+%40 kompostlanmış AMS, %80 Carolina toprak+%20 kompostlanmış AMS, %100 taze AMS, %40 Carolina toprak+%60 taze AMS, %60 Carolina toprak+%40 taze AMS, %80 Carolina toprak+%20 taze AMS ve %100 Carolina toprak (kontrol) olmak üzere 9 yetiştirme ortamı ele alınmıştır. Çalışmanın ikinci aşamasında %75'ten fazla çimlenme oranına sahip olan ortamlar içinden Carolina toprak (Kontrol), %80 Carolina toprak+%20 taze AMS, %100 kompostlanmış AMS, %60 Carolina toprak+%40 kompostlanmış AMS seçilerek verim değerleri tespit edilmiştir. Sonuç olarak, %100 kompostlanmış AMS'nin kiraz domates fidelerinin üretimi için etkili bir alternatif olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, sonuçlar yüksek tuzluluk oranı nedeniyle taze AMS'nin torf (kontrol) ortamının yerine kullanılmasının %20 (% w/v) ile sınırlı olduğunu göstermiştir (da Silva Alves vd., 2024).

2.2. Fide Yetiştiriciliğinde Işık Konusunda Yapılan alışmalar

Hernández ve Kubato (2012), serada ek aydınlatma uygulamalarının (%100 kırmızı, %96 kırmızı:%4 mavi, %84 kırmızı:%16 mavi) ile ek aydınlatma olmayan kontrol uygulamasının) domates fidelerinin ('Komeett') gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Ek LED aydınlatmalar, 18 saatlik fotoperiyot boyunca $55.5 \pm 1.4 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ fotosentetik foton akısı ile ikinci gerçek yaprak aşamasına kadar yapılmıştır. Seraya yerleştirilen farklı gölge perdeleri tarafından oluşturulan düşük ve yüksek günlük güneş işığı integralleri (DLI) (sırasıyla 8.9 ± 0.9 ve $19.4 \pm 1.9 \text{ mol m}^{-2} \text{d}^{-1}$) altında gerçekleştirilmiştir. Kuru sürgün kütlesi, yaprak sayısı, gövde çapı, hipokotil uzunluğu, yaprak alanı ve klorofil konsantrasyonu gibi büyüme ve morfolojik parametreler, özellikle düşük DLI altında ek işığın faydalı olduğunu, ancak DLI'den bağımsız olarak farklı kırmızı:mavi oranları arasında önemli bir fark olmadığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak serada yetiştirilen 'Komeett' domates fideleri için %100 kırmızı LED ek aydınlatmanın kullanımının yeterli olduğu ve DLI'den bağımsız olarak ek mavi işığa gerek olmadığı ifade edilmiştir.

Köksal vd. (2013) tarafından yapılan çalışma, özel olarak tasarlanan alçak plastik tünellerde gerçekleştirilmiştir. Kontrol olarak gün işığı koşulları ve gündüz gün

ışığı+güneş batımından doğuşuna kadar kırmızı-turuncu LED ışık kaynağı ile aydınlatma olmak üzere 2 uygulama ele alınmıştır. Çalışmada kırmızı-turuncu LED ışık kaynağı ile yapılan ek aydınlatmanın kontrole göre bitki boyunu %1 düzeyinde, yaprak sayısını, çiçek sayısını ve biyomas ağırlığını %5 düzeyinde artırdığı tespit edilmiştir.

Hernández vd. (2016) yaptıkları çalışmada, kontrol olarak soğuk beyaz floresan ile %100mavi, %100kırmızı, 75mavi:25kırmızı, 50mavi:50kırmızı, 30mavi:70kırmızı, 20mavi:28yeşil:52kırmızı ve 10mavi:90kırmızı olmak üzere farklı ışık spektrumlarının aşılı Komeett domates çeşidinin (Beaufort anacı üzerine) büyüme hızlarına etkilerini incelemişlerdir. İç mekân üretim sistemleri spektrumunun optimizasyonu için domates fidelerinin farklı kırmızı ve mavi foton akısı oranlarına verdiği tepkiler tespit edilmiştir. Mavi ve kırmızı ışığın tek kullanıldığı uygulamalarda domates fidelerinin büyüme hızları daha düşük ve istenmeyen bitki boylarına sahip oldukları belirlenmiştir. Çalışmada, yeşil ışığın eklenmesinin bitki tepkilerine herhangi bir etkisi olmamıştır. Domates fidesinin dikey tarımda üretilmesinde 30mavi:70kırmızı ve 50mavi:50kırmızı en iyi spektrumlar olarak bulunmuştur.

Yüksek tünelde gerçekleştirilen çalışmada kırmızı, mavi, sarı, kırmızı+mavi, mavi+sarı, kırmızı+mavi+sarı, sarı+kırmızı ve kontrol olmak üzere farklı LED ışık kaynağında yetiştirilen marul bitkilerinin gelişim ve verimleri belirlenmiştir. En yüksek verim kırmızı+mavi+sarı (41.24 t) aydınlatma uygulamasından elde edilmiştir. Işık kaynağı kullanılması hasada gelme süresini kısaltmıştır. Güneşlenmenin az olduğu ya da metro gibi kapalı alanlarda LED kullanımı örtü altında yetiştirilen yeşil yapraklı bitkilerde verim artışı sağlaması nedeniyle önerilmektedir (Bayhan ve Avcı, 2019).

Li vd. (2021) tarafından yürütülen çalışmada, floresan lamba ile mavi, kırmızı ve mavi+kırmızı (%50 mavi+%50 kırmızı) ışık veren LED lambalarla yapılan aydınlatma uygulamalarının domates (cv. SV0313TG) fidelerinin gelişimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Mavi+kırmızı ışık altında yetiştirilen fidelerin diğer uygulamalara göre gövde çapı ve uzunluğu, stomatal iletkenlik değeri, fotosentez oranı, yaprak kalınlığı, kök uzunluğu, taze ve kuru ağırlık değerleri önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak domates fidelerinin büyümesi için floresan lamba ile aydınlatmaya göre mavi+kırmızı ışık uygulamasının açıkça üstün olduğu

belirlenmiştir. Ayrıca, mavi+kırmızı ışık altında yetiştirilen bitkilerin sürgün ve köklerinde giberellik asit (GA_3) ve indol asetik asit (IAA) seviyeleri daha yüksek bulunmuştur.

Dyśko ve Kaniszewski (2021) tarafından yapılan çalışmada, 230 V voltaja ve 600 W güce sahip HPS sodyum lambaları ile özel olarak tasarlanan LED dizileriyle donatılmış ışık ünitelerinin domates ve hıyar fidelerinin gelişimine etkisi karşılaştırılmıştır. Çalışmada seranın dışında güneş ışınlarının 200 Wm^{-2} 'nin altına düştüğü durumlarda 8 ila 24 saat boyunca ek aydınlatma yapılmıştır. Çalışmada hem domates hem de hıyar fidelerinin büyümesi, fidelerin yaş ve kuru ağırlıkları üzerine HPS ve LED lambalarla yapılan ek aydınlatmanın etkisi önemli bulunmamıştır. Ancak ek aydınlatma uygulamaları altında yetişen fidelerin kontrole göre daha uzun, daha fazla yapraklı ve daha yüksek yaş ve kuru ağırlığa sahip oldukları belirlenmiştir LED lambalar ile yapılan ek aydınlatma, kontrole ve HPS'ye göre domateste erken verimi artırırken hıyarda uygulamalar arasında herhangi bir fark bulunmamıştır.

Şahin vd. (2022) tarafından gerçekleştirilen bu çalışmada, kırmızı kıvrıkcık yaprak salata bitkisinin gün ışığı almayan karanlık koşullarda soğuk beyaz ışık veren floresan (kontrol) ve farklı dalga boyuna sahip LED ışık kaynakları [sıcak beyaz, soğuk beyaz, kırmızı, kırmızı+mavi (%50 kırmızı+%50 mavi) ve kırmızı+karışık renkli (%33.3 kırmızı+%16.7 uzak kırmızı+%16.7 yeşil+%16.7 mavi+%16.7 UVA)] altındaki gelişim özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada ele alınan farklı ışık kaynaklarının yaprak eni ve uzunluğu, yaprak sayısı ve boğum arası mesafe üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Marul yaprak renkleri bakımından sadece L değerleri arasında istatistiksel olarak fark belirlenmiştir. Çalışmada, pazarlanabilir yaprak sayısı bakımından soğuk beyaz ve %50 kırmızı+%50 mavi LED kombinasyonunun öne çıktığı belirlenmiştir. Kırmızı ışık altında yetiştirilen bitkilerde yaprak boyu en uzun iken, en geniş yapraklı bitkiler soğuk beyaz floresan altındaki bitkiler olmuştur. Elde edilen veriler, farklı dalga boylarının marul bitkisinin morfolojik gelişimi üzerinde belirgin etkiler yarattığını ve özellikle kırmızı-mavi kombinasyonunun fide üretiminde tercih edilebileceğini ortaya koymuştur.

Hooks vd. (2022), serada hidroponik sistemde ışığın yetersiz olduğu kış-ilkbahar döneminde hasat öncesi kısa süreli LED tamamlayıcı aydınlatmanın kırmızı yapraklı marulun büyüme ve kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Çalışmada, hasattan 3

gün önce gündüz ve gece olmak üzere iki farklı uygulama zamanında kırmızı-mavi (RB), mavi-ultraviyole A (B/UVA) ve beyaz (W) LED ışıklarla aydınlatma yapılmıştır. Tüm LED ışıklar $167 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ foton akısı ile 12 saat boyunca uygulanmış ve aydınlatmanın yapılmadığı kontrol grubuyla karşılaştırılmıştır. Tüm LED aydınlatma uygulamaları; marul yaprak kalınlığı, yeşillik derecesi, antioksidan kapasitesi ve antosiyanin, karotenoid ve toplam fenolik bileşik içeriklerini artırmıştır. Ancak aydınlatma uygulamalarının sürgün taze biyokütle ve toplam yaprak alanı üzerine etkili olmadığı belirlenmiştir. Uygulama zamanlaması açısından ise gece yapılan aydınlatmanın gündüze göre daha olumlu sonuçlar verdiği, özellikle karotenoid içeriğinde anlamlı artış sağladığı bulunmuştur. Araştırma, sera üretiminde kısa süreli ve hasat öncesi LED aydınlatmanın, ekonomik ve etkili bir kalite iyileştirme stratejisi olabileceğini, özellikle gece uygulamalarının daha avantajlı olduğunu vurgulamaktadır.

Yapılan bir araştırmada, Samsun koşullarında mart ayında plastik serada gerçekleştirilen beyaz LED lambalarla yapılan ek aydınlatma uygulamalarının biber fidelerinin kalitesine etkileri araştırılmıştır. Denemede, gün ışığına ilave olarak ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, gün boyu (gün doğumundan batımına kadar) ek aydınlatma ve gün doğumu öncesi ve batımı sonrası 3'er saat olmak üzere 6 saat fotoperiyodun uzatıldığı ek aydınlatma uygulamaları ile kontrol (gün ışığı koşulları) uygulaması ele alınmıştır. Ek aydınlatma uygulamalarının kontrole göre gövde çapını, fide yaş ve kuru ağırlıklarını, yaprak alanını, klorofil içeriğini önemli düzeyde artırdığı bulunmuştur. Sonuç olarak gün ışığına ilave olarak ışık şiddeti $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma uygulamasının biberlerde fide kalitesini artırdığı tespit edilmiştir (Bal vd., 2024).

Knyazeva vd. (2024) yaptıkları çalışmada, gece uygulanan ek LED ışıklandırmanın domatesin büyüme özellikleri, verimi ve meyve kalitesi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma, iki domates çeşidinde ('Vspyshka' ve 'Lyana') geleneksel sodyum lamba aydınlatması (LSL, kontrol) ile LSL+gece LED kombinasyonu (4 saat ek LED uygulaması) olmak üzere iki farklı ışıklandırma stratejisini karşılaştırmıştır. LSL+night LED uygulamasının toplam verimi artırmakla birlikte, meyvelerdeki çözünür katı madde miktarını, askorbik asit içeriğini, fenolik bileşikleri ve antioksidan aktiviteyi anlamlı şekilde artırdığını göstermiştir.

Ayrıca, lezzetle ilişkili esansiyel amino asitlerde (histidin, valin, treonin vb.) artış sağlanmıştır ve meyvelerdeki nitrat birikimini azaltmıştır. Bu durum insan sağlığı açısından olumlu değerlendirilmektedir. Gece LED ışığının, özellikle kırmızı ve uzak kırmızı spektrumların, fotosentetik etkinliği artırarak bitkide kaliteyi ve fonksiyonel bileşenlerin sentezini destekleyebileceği belirtilmektedir.

Martínez-Moreno vd. (2024), LED aydınlatmanın farklı yoğunluk ve spektrumlarının, iç mekân koşullarında hidroponik olarak yetiştirilen ıspanak bitkilerinin büyüme performansı, verimi ve fitokimyasal bileşimi üzerindeki etkilerini araştırmıştır. Çalışma iki farklı deneme olarak yürütülmüştür. Birincisinde aynı spektrum (AP673L) ile üç farklı ışık yoğunluğu (150, 290 ve 430 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), ikincisinde ise dört farklı spektrum (NS12, AP67, AP673L ve G2) denenmiştir. Ispanak büyümesi ve kalitesi ışık kalitesinden daha çok ışık yoğunluğundan etkilendiği bulunmuştur. Artan ışık yoğunluğunun bitki taze ağırlığı, yaprak alanı, Fv/Fm gibi fotosentetik verimlilik parametreleri ve potasyum içeriğinde anlamlı artış sağladığını belirlenmiştir. Taze ağırlık, kuru madde ve yaprak alanının en yüksek değerleri, AP673L spektrumu ile en yüksek ışık yoğunluğunda (430 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) elde edilmiştir. Aynı zamanda, artan ışık şiddetinin bitkide biriken nitrat düzeyini ters yönde etkilediği, yani yoğun ışık altında daha düşük nitrat birikimi olduğu saptanmıştır. Bu durum, gıda güvenliği ve besin kalitesi açısından olumlu bir bulgu olarak değerlendirilmiştir. Bu çalışmada ayrıca ışık şiddetinin bitkinin metabolik faaliyetleri, klorofil floresansı ve temel besin maddeleri (mineraller, şekerler, aminoasitler) üzerindeki etkilerine dair detaylı analizler sunulmuş; iç mekân dikey tarım sistemleri için optimum ışık stratejilerinin belirlenmesi gerektiği vurgulanmıştır.

Pavlović vd. (2024) yaptıkları bir çalışmada, farklı LED ışık spektrumlarının in vitro koşullarda yetiştirilen karnabahar (*Brassica oleracea* var. *botrytis*) mikrofilizlerinin büyümesi, fotosentetik pigment düzeyleri, antioksidan bileşik birikimi ve tuz stresine karşı toleransları üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada kırmızı, mavi, kırmızı-mavi kombinasyonları (1:1, 2:1, 1:2 oranlarında) ve soğuk beyaz LED ışık altında, Murashige-Skoog (MS) besi ortamına 0, 50 ve 100 mM NaCl tuz konsantrasyonları uygulanmıştır. Kırmızı ve mavi LED ışığın kombinasyonunun (1:1 oranı), mikrofilizlerin biyokütle üretimini ve klorofil, fenolik bileşikler, flavonoidler ve prolin gibi sekonder metabolitlerin birikimini anlamlı

şekilde artırdığını ortaya koymuştur. Aynı kombinasyon, 50 mM NaCl içeren ortamda tuz stresine karşı toleransı da iyileştirerek bitki gelişiminin sürdürülebilirliğini desteklemiştir. Özellikle mavi ışık, flavonoid ve fenol içeriklerinin artışıyla birlikte antioksidatif savunma sistemlerini güçlendirmiştir. LED ışıkla yapılan uygulamalar, tuz stresinin neden olduğu oksidatif zararı azaltarak bitkinin savunma sistemlerini aktive etmiş, katalaz ve süperoksit dismutaz gibi enzim aktivitelerinin artmasına neden olmuştur. Bu durum, LED ışığın hem metabolik düzenleyici hem de stres azaltıcı potansiyeline işaret etmektedir. Araştırma, LED spektrumlarının mikrofiz üretiminde sadece büyümeyi teşvik etmekle kalmayıp, aynı zamanda çevresel streslere karşı direnç kapasitesini de artırdığını göstermektedir.

Yıldız (2025) tarafından yürütülen çalışmada, domates fidelerinin farklı LED ek aydınlatma sistemlerine verdiği tepkiler değerlendirilmiştir. Çalışmada, farklı dalga boyuna sahip lambalarla doğal gün ışığına ilave olarak ışık seviyesi belirli bir eşiğin altına indiğinde devreye giren kesikli ek aydınlatma (KEA), gün doğumu ile batımı arasında sürekli çalışan gün boyu ek aydınlatma (GBEA) ve gün doğumu öncesi ve batımı sonrası 3'er saat ek aydınlatma ile fotoperiyotun uzatıldığı uygulamaların domates fide gelişimi üzerine etkisi incelemiştir. Çalışmada gün ışığı koşulları ve günışığı+Paclobutrazol uygulaması olmak üzere 2 kontrol ele alınmıştır. Gün ışığı+Paclobutrazol uygulaması koşullarındaki fideler en kısa boya, en ince gövde çapına ve düşük kuru ağırlığa sahip olmuşlardır. Çalışma sonuçlarına göre kırmızı, mavi ve beyaz dalga boylarına sahip LED lambalarla yapılan fotoperiyot uzatmalı ek aydınlatma (FUEA) koşullarında yetiştirilen fidelerin kaliteleri yüksek bulunmuştur. Bu uygulamalarda boy ve gövde kalınlığı açısından fidelerde dengeli bir gelişim sağlanmış ve en yüksek Dikson kalite indeksi elde edilmiştir. Çalışma sonuçları LED ile yapılan ek ışıklandırmaların fide kalitesini artırmada ve kimyasal uygulamalara alternatif sunmada etkili olabileceğini göstermiştir. Özellikle FUEA gibi fotoperiyot odaklı sistemler, kontrollü çevre tarımı uygulamalarında sürdürülebilir ve verimli üretim açısından dikkate değer bulunmuştur.

3. MATERYAL VE METOT

Araştırma Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesinde bulunan cam seradaki (169 m²) fide üretimi için düzenlenen odada (3.3 m genişliğinde × 7m uzunluğunda), 21 Kasım 2024 - 7 Ocak 2025 tarihleri arasında yürütülmüştür.

3.1. Denemede Kullanılan Materyaller

Çalışmada *Agaricus bisporus* mantar üretiminden sonra açığa çıkan atık mantar substratı (kompostu), Samsun ilinde bulunan ticari bir mantar firmasından temin edilmiştir. Atık mantar substratı, herhangi bir ön işlem veya kompostlama yapılmadan taze olarak kullanılmıştır. Firmadan temin edildiğinde çok ıslak olduğu ve torfla eşit karışımın sağlanabilmesi için taze atık mantar substratı serilerek kurutulmuştur. Taze atık mantar substratı tüm deneme boyunca AMS olarak adlandırılmıştır.

Çalışmada bitki materyali olarak Golden Seed Italian Giant maydanoz tohumu kullanılmıştır. Italian Giant maydanoz çeşidi; dikine gelişen, geniş koyu yeşil yapraklı ve güzel aromalı bir maydanoz çeşididir (Anonim, 2025).

3.2. Denemede İncelenen Uygulamalar

Çalışmada, 3 yetiştirme ortamı (Taze Atık Mantar Kompostu (AMS), Taze Atık Mantar Kompostu:Torf (AMS+T) (1:1) ve Torf (T)], 3 farklı dalga boyu [Kırmızı (K), Mavi (M), Beyaz(B)] ile yapılan 2 farklı ek aydınlatma uygulaması [gün boyu (gün doğumundan-batımına kadar gün boyu doğal gün ışığına ek aydınlatma ve belirli ışık şiddeti altında (gün içerisinde ışık şiddeti 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde gün ışığına ek aydınlatma)] ele alınmıştır. Çalışmada, ek aydınlatmanın olmadığı gün ışığı koşulları kontrol (Ko) uygulaması olarak ele alınmıştır (Tablo 3.1).

3.3. Çalışmanın Yürütüldüğü Sera Alanının Düzenlenmesi

Fide üretim odasında herbiri 1x2.5x0.85 m olan 4 adet tezgah bulunmaktadır. Denemede farklı dalga boylarındaki LED lamba uygulamaları ve ek aydınlatma kullanılmayan kontrol uygulaması ayrı tezgahlarda konumlandırılmıştır ve denemede 3 tezgah kullanılmıştır (Şekil 3.1). Fide üretim odasında yer alan herbir üretim tezgahı farklı dalga boyları ile gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma (KEA, kesikli ek aydınlatma) ve gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma (GBEA, gün

boyu ek aydınlatma) ve ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları (Ko, kontrol) olacak şekilde düzenlenmiştir (Şekil 3.1).



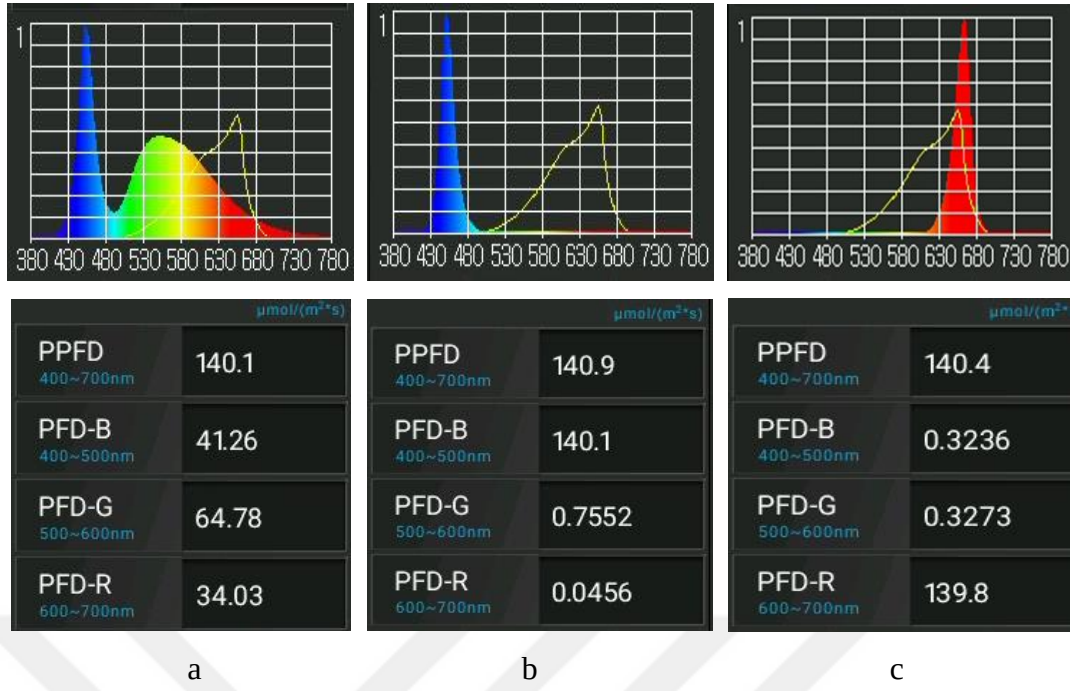
Şekil 3.1. Çalışmanın yürütüldüğü sera alanının görüntüsü

Beyaz, kırmızı ve mavi LED lambalar (Grow Light G1, Plantekno, İstanbul, Türkiye) ışık etkilerinin birbirine karışmayacağı ve viyollerin üzerine gelecek şekilde yerleştirilmiştir. LED lamba ayarlamaları, gece sera iklim kontrol cihazı LOGO-24CE (Siemens, Berlin, Almanya) ile otomatik olarak yapılmıştır. Tüm dalga boyları için fide yüzeyine gelen ışık şiddeti, spektrometre (LI-180, LI-COR, Hamburg, Almanya) kullanılarak ayarlanmıştır (Şekil 3.2).

Tablo 3.1. Denemede incelenen faktörler

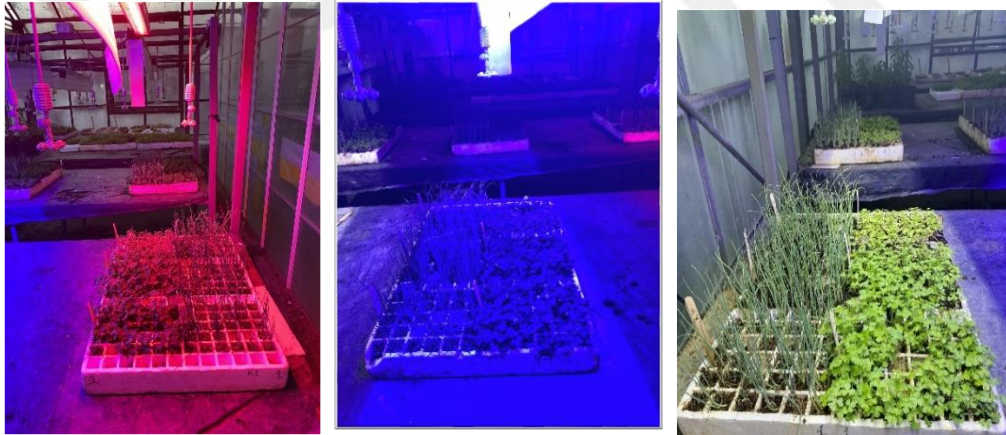
Ortamlar					
AMS (Taze atık mantar substratı)					
AMS+T (%50Taze atık mantar substratı+%50Torf)					
T (Torf)					
Ek Aydınlatma Uygulamaları		Dalga boyları		DLI [mol/(m ² * day)]	Lambaların yanma süresi
KEA (Kesikli ek aydınlatma)	Gün ışığına ilaveten gün	K	600-700	7.9	70 saat
	içerisinde ışık şiddetinin 100	M	400-500	7.9	
	μmolm ⁻² s ⁻¹ 'in altına	B	400-700	7.9	
GBEA (Gün boyu ek aydınlatma)	düştüğünde yapılan ek				291 saat
	aydınlatma				
	Gün ışığına ilaveten gün	K	600-700	10.8	
Ko (Kontrol)	doğumundan batımına kadar	M	400-500	10.8	
	yapılan ek aydınlatma	B	400-700	10.8	
Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları				7.0	

DLI: Günlük ışık integrali, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık



Şekil 3.2. Beyaz (a), mavi (b) ve kırmızı (c) lamba spektrumları

Farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatmalara ait görüntüler, Şekil 3.3’de verilmiştir.



Şekil 3.3. Serada LED lamba uygulamaları kırmızı, mavi ve beyaz dalga boylarının görünümü

Sera üretim odasının ısıtılması için otomatik sıcaklık kontrollü fanlı ısıtıcı (Evo5, EvoTech, Türkiye) kullanılmıştır. Üretim odasının nem ve sıcaklık (Hobo, MX2301A, Onset, Bourne, Amerika Birleşik Devletleri) ve ışık verileri (Hobo, H21, Onset, Bourne, Amerika Birleşik Devletleri) yerleştirilen kayıt cihazları ile belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü dönemdeki sıcaklık, nem ve ışık şiddeti değerleri Tablo 3.2’de verilmiştir.

Tablo 3.2. Deneme süresince serada ölçülen sıcaklık, nem ve ışık şiddeti değerleri

	Sıcaklık (°C)	Nem (%)	Işık şiddeti [μmol/(m ² *s)]
Ortalama	21.55	42.68	262.4
En düşük	16.29	20.69	26.0
En yüksek	39.73	71.06	888.9

Çalışmada kontrol olarak torf (T), taze atık mantar substratı (AMS) ve %50AMS+%50T (1:1) olmak üzere 3 farklı ortam hazırlanmış ve viyoller bu ortamlarla doldurulmuştur. Yetiştirme ortamlarının başlangıçta pH ve EC değerleri ölçülmüş ve Tablo 3.3’de verilmiştir.

Tablo 3.3. Yetiştirme ortamlarının pH ve EC değerleri

Yetiştirme Ortamı	pH	EC (dS m ⁻¹)
AMS	7.20	4.75
AMS+T	6.62	3.27
T	4.60	0.48

AMS: Taze atık mantar substratı, AMS+T: %50 taze atık mantar substratı ve %50 torf karışımı, T: Torf

Maydanoz tohumları, 216 gözlü (31 x 31 x 65 mm), 50 ml göz/kök hacmine sahip ve 695 x 470 x 75 mm boyutlarındaki EPS viyollere her bir göze 10 tohum olacak şekilde ekilmiştir. Tohum ekimi 1.5 cm derinlikte olacak şekilde elle yapılmıştır (Şekil 3.4). Viyoller fide üretim odasındaki üretim tezgahları üzerine farklı dalga boyları (beyaz, mavi ve kırmızı) ile yapılan ek aydınlatma uygulamaları altında konumlandırılarak yerleştirilmiştir. Işık dalga boylarının etkilerinin birbirine karışmaması için viyoller arası mesafe ayarlanmıştır. Sulama amacıyla her bir tezgahın üzerine 1 m yükseklikte yerleştirilen otomatik sulama sistemine bağlı mini sprinkler kullanılmıştır (Şekil 3.4). Tohum ekiminden sonra viyoller sprinkler ile 5 dakika sulanmıştır. Sulama süresi günde 3 kez 1’er dakika olacak şekilde ayarlanmıştır. Denemenin son gününe kadar günlük sera kontrolleri yapılarak fidelerin ihtiyacına göre ek manuel sulamalar yapılmıştır.



Şekil 3.4. Tohum, tohum ekimi, viyollerin yerleştirilmesi ve sulama

Tohum ekim tarihi, çıkış ve fidelerin satış büyüklüğüne geldiği döneme ait tarihler, Tablo 3.4’de verilmiştir.

Tablo 3.4. Tohum ekimi, fide çıkış dönemi, hasat dönemi tarihleri

Tohum ekimi	Çıkış	Fide
21.11.2024	30.11.2024	07.01.2025

3.4. Çalışmada Yapılan Ölçüm ve Analizler

3.4.1. Tohum çıkış oranı

Çıkış testi için her bir viyol gözüne 10 maydanoz tohumu ekilmiş ve günlük olarak çıkışlar sayılmıştır. Çıkışlar tamamlandığında tohum çıkış oranı (%), çıkan

tohum sayısı/toplam tohum sayısının 100 ile çarpılması ile belirlenmiştir.

3.4.2. Yetiştirme ortamlarında yapılan analizler

pH: Her ortam materyali 5 g olacak şekilde tartılmış, üzerine 50 ml (1:10) saf su eklenerek 1 saat süre ile çalkalanmıştır. Çalkalanan ortam materyallerinin ölçümleri pH metre ile yapılmıştır (Rowell, 2014).

EC: Her ortam materyali 5 g olacak şekilde tartılmış, üzerine 50 ml (1:10) saf su eklenmiş ve 1 saat süre ile çalkalayıcıya konulmuştur. Çalkalanan ortam materyallerinin EC değerleri, EC metre ile dS m^{-1} olarak ölçülmüştür (Rowell, 2014).

3.4.3. Fide özelliklerini belirlemeye yönelik ölçümler

Fide boyu (cm): Seçilen fidelerde kök boğazından fidenin büyüme noktasına kadar olan kısmın cetvelle ölçülmesi ile belirlenmiştir (Şekil 3.5).

Kök uzunluğu (cm): Fidelerin kök boğazından kökün en uç noktasına kadar olan kısmın cetvelle ölçülmesi ile belirlenmiştir (Şekil 3.5).



Şekil 3.5. Fide köklerinin yıkanması, fide boy ve kök uzunluklarının ölçülmesi

Gövde çapı (mm): Fidelerin kök boğazının yaklaşık 1 cm yukarisından olacak şekilde gövdeden kumpas yardımıyla ölçülerek belirlenmiştir.

Yaprak sayısı (adet/bitki): Maydanoz fidesindeki yaprak sayısı sayılarak belirlenmiştir.

Klorofil içeriği (CCI): Fidelerin yapraklarında sabah 10:00-12:00 saatleri arasında klorofil metre (CCM-200, Opti-Sciences, Amerika Birleşik Devletleri) ile yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Şekil 3.6).



Şekil 3.6. Klorofil içeriğinin belirlenmesi

Fotosentez (P/R): Fotosentez cihazı ile [EARS (Energy and Agricultural Research Systems), model miniPPM] öğleden önce 10:00-10:30 saatleri arasında yapılan ölçümlerle belirlenmiştir (Şekil 3.7).



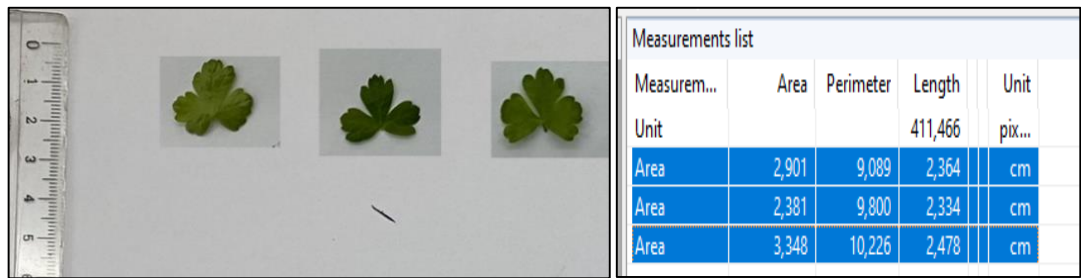
Şekil 3.7. Fotosentez oranının belirlenmesi

Yaprak rengi: Yapraktaki L (parlaklık), Kroma (renk doygunluğu) ve Hue (renk yoğunluğu) değerleri, Minolta renk ölçüm cihazı (model CR 400, Tokyo, Japonya) ile ölçülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Yaprak renk değerlerinin (L, Kroma, Hue) ölçümü

Yaprak alanı (cm²): Yaprak alanı (cm²) ölçümleri için bitkilerin yaprakları A4 kağıdı üzerine yerleştirilerek fotoğraflanmıştır. Daha sonra görüntü ölçümleri yapmak için kullanılan bir yazılım (Digimizer) ile fotoğraflar üzerinden yaprak alanı hesaplanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Yaprak alan ölçümleri

Kök, yaprak ve gövde yaş ağırlığı (g): Fideler kök ve yaprak-gövde olacak şekilde ayrılmıştır ve yaş ağırlıkları hassas terazide (0.01 g) tartılarak belirlenmiştir.

Kök, yaprak ve gövde kuru ağırlığı (g): Yaş ağırlıkları tartılan fideler kök ve yaprak-gövde olarak ayrı ayrı kese kağıtlarına koyulmuş ve 65°C sıcaklıkta, 48 saat

süre ile etüvde kurutulmuştur. Kurutulan fide örnekleri etüvden alınarak kök ve yaprak-gövde kısımları ayrı ayrı hassas terazi ile tartılarak belirlenmiştir.

3.4.4. İstatistiksel analiz

Deneme Tesadüf parselleri Deneme Desenine göre 3 tekrarlamalı kurulmuştur. Fidelerin kalitesini belirlemek amacıyla fideler dikim aşamasına geldiklerinde 3 tekerrürde ve her bir tekerrürde 6 fide olacak şekilde ölçüm yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerin istatistiksel varyans analizinde ve ortalamalar arasındaki farklılıkların (Tukey testi) belirlenmesinde IBM SPSS versiyon 20.0 istatistik analiz programı kullanılmıştır. Tohum çıkış değerlerine (%) varyans analiz öncesi arcsin transformasyonu uygulanmıştır .



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1 Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının tohum çıkış oranı üzerine etkisi

Maydanoz tohumlarının çıkış oranları üzerine ortamların etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur. En yüksek tohum çıkış oranı %94.32 ile torf ortamından elde edilmiştir. Bunu %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımından hazırlanan ortam (AMS+T) izlemiştir. En düşük tohum çıkış oranı (%90.59) ise atık mantar substratında (AMS) belirlenmiştir (Tablo 4.1). Tohum çıkış oranları bakımından ortamlar arasındaki farkın ortamların tuz içeriği ile ilişkili olduğu düşünülmektedir. Torf ortamının tuz içeriği 0.48 dS m^{-1} gibi düşük bir değere sahip iken, AMS ortamının tuz içeriği 4.75 dS m^{-1} ve AMS+T ortamının tuz içeriği 3.27 dS m^{-1} gibi yüksek değerlerde olduğu tespit edilmiştir (Tablo 3.3). Ortamlardaki AMS miktarı arttıkça çıkış oranında azalma olması daha yüksek EC değeri ile açıklanabilir. Bu durum torfun yerine fide üretiminde AMS kullanılma olasılığını araştıran Medina vd. (2009) tarafından yürütülen çalışmada da gözlenmiştir. Yapılan çalışmalar tuz içeriği yüksek ortamlarda bitki türüne, genotipine, tuz miktarına bağlı olarak tohum çimlenmesinin olumsuz etkilendiği ifade edilmiştir (Okçu vd., 2005; Yılmaz vd., 2011; Kıran vd., 2015; Yılmaz vd., 2023).

Gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma (KEA), gün doğumundan gün batımına kadar gün ışığına ek aydınlatma (GBEA) ve ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları (Ko, kontrol) olmak üzere ele alınan ışık rejimleri ve ek aydınlatmada kullanılan dalga boyları arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmamıştır (Tablo 4.1).

Ortam x ışık rejimleri x dalga boyları kombinasyonu (interaksiyonu) olarak çalışmada ele alınan tüm uygulamalar arasında ise tohum çıkış oranları bakımından çok önemli ($p < 0.01$) fark tespit edilmiştir. En düşük tohum çıkış oranı (%78.89) AMS-KEA-K uygulamasında, en yüksek (%96.67) ise T-GBEA-K uygulamasından elde edilmiştir. Ancak T-GBEA-K ile AMS-KEA-K uygulaması dışındaki diğer uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz tohum çıkış oranı üzerine etkisi

Tohum çıkış oranı (%)	
Ortamlar	
AMS	90.59b
AMS+T	92.18b
T	94.32a
Işık rejimi	
KEA	91.07
GBEA	92.35
Ko (Kontrol)	93.67
Dalga boyu	
K	91.16
M	93.33
B	92.59
Uygulamalar	
AMS-KEA-K	78.89b
AMS+T-KEA-K	90.74ab
T-KEA-K	94.44a
AMS-GBEA-K	87.04ab
AMS+T-GBEA-K	91.11ab
T-GBEA-K	96.67a
AMS-KEA-M	94.07a
AMS+T-KEA-M	89.63ab
T-KEA-M	94.44a
AMS-GBEA-M	96.30a
AMS+T-GBEA-M	90.00ab
T-GBEA-M	94.82a
AMS-KEA-B	92.59ab
AMS+T-KEA-B	91.48ab
T-KEA-B	93.33ab
AMS-GBEA-B	87.78ab
AMS+T-GBEA-B	91.85ab
T-GBEA-B	95.56a
AMS-Kontrol	92.96ab
AMS+T-Kontrol	94.82a
T-Kontrol	92.96ab
Önemlilik	
Ortam	**
Işık rejimi	öd
Dalga boyu	öd
Uygulamalar	**

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (**: %1 düzeyinde) vardır. öd: istatistiksel olarak fark önemli değil. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık

4.2. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının fide boyu, gövde çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi

Fide boyu bakımından ortamlar, ek aydınlatmada kullanılan dalga boyu ve tüm uygulamalar arasında istatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli fark bulunmuştur. Gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'nin altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma (KEA), gün doğumundan gün batımına kadar gün ışığına ek aydınlatma (GBEA) ve ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları (Ko, kontrol) olmak üzere ele alınan ışık rejimleri arasında ise istatistiksel olarak %5 düzeyinde fark olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

En uzun fide boyu (8.53 cm), %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımından hazırlanan ortamda (AMS+T) yetişen maydanoz bitkilerinden elde edilmiştir. Bunu atık mantar substratında (AMS) yetişen maydanoz fidelerinin boyu (7.29 cm) izlemiştir. En kısa fide boyu ise kontrol olarak ele alınan torf ortamında tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Domates ve marul topraksız yetiştiriciliğinden sonra açığa çıkan domates atıkları, ön işlem görmüş domates atıkları, %65torf +%35 perlit ve Hindistan cevizi lifi atıkları ile torf (kontrol) ortamında yetiştirilen maydanoz fidelerinin boyları sırasıyla 7.36, 7.13, 4.13, 3.23 ve 6.63 cm olarak tespit edilmiştir (Taşdelen vd., 2021).

En uzun fide boyu hiçbir aydınlatmanın yapılmadığı kontrol uygulamasında, en kısa ise GBEA uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Işık şiddetinin az olması fide boyunun uzamasına neden olmaktadır ((Taiz ve Zeiger, 2008; Watjanatepin vd., 2018; Zheng vd., 2023). Taiz ve Zeiger (2008) tarafından yapılan çalışma sonuçları da ışık şiddetinin azalmasının bitki boyunun uzamasına neden olduğunu desteklemektedir. Yıldız (2025) kırmızı, mavi ve beyaz LED ışıkla yapılan farklı ek aydınlatma uygulamalarının domates fide kalitesi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada beyaz LED ile fotoperiyodun uzatıldığı ek aydınlatma uygulaması dışında, en uzun fide boyunu hiçbir ek aydınlatmanın yapılmadığı gün ışığı koşullarında yetiştirilen fidelede tespit etmiştir. Bal vd. (2024) biberde yaptıkları çalışmada fide boyu bakımından hiçbir ek aydınlatmanın yapılmadığı kontrol uygulaması ile beyaz LED lambalarla ışık şiddeti $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'nin altında iken yapılan ek aydınlatma ve gün boyu yapılan ek aydınlatma uygulamaları arasında istatistiksel fark olmadığını bulmuşlardır.

Tablo 4.2. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fide boyu, gövde çapı ve kök uzunluğu üzerine etkisi

	Fide boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Kök uzunluğu (cm)
Ortamlar			
AMS	7.29b	1.14ab	6.87
AMS+T	8.53a	1.26a	6.83
T	5.77c	1.11b	6.36
Işık rejimi			
KEA	7.25ab	1.34a	7.36a
GBEA	6.85b	1.17ab	7.00a
Ko (Kontrol)	7.49a	1.01b	5.71b
Dalga boyu			
K	7.76a	1.18	6.89
M	6.81b	1.14	6.27
B	7.02b	1.19	6.90
Uygulamalar			
AMS-KEA-K	7.77bcd	1.32ab	9.58a
AMS+T-KEA-K	9.43ab	1.56a	8.70ab
T-KEA-K	5.90c-f	1.31ab	7.64a-d
AMS-GBEA-K	8.00bcd	1.10ab	5.27d
AMS+T-GBEA-K	10.67a	1.32ab	6.05bcd
T-GBEA-K	5.63def	1.00ab	7.67a-d
AMS-KEA-M	7.80bcd	1.38ab	6.38bcd
AMS+T-KEA-M	7.10b-e	1.30ab	7.28a-d
T-KEA-M	6.00c-f	1.32ab	5.55cd
AMS-GBEA-M	8.10bcd	1.19ab	6.22bcd
AMS+T-GBEA-M	5.77def	1.17ab	7.36a-d
T-GBEA-M	4.03f	0.85b	6.54bcd
AMS-KEA-B	7.60bcd	1.26ab	6.37bcd
AMS+T-KEA-B	7.47bcd	1.39ab	8.19a-d
T-KEA-B	6.20c-f	1.18ab	6.55bcd
AMS-GBEA-B	6.47c-f	1.15ab	8.32abc
AMS+T-GBEA-B	8.33abc	1.50ab	8.11a-d
T-GBEA-B	4.67ef	1.22ab	7.43a-d
AMS-Kontrol	6.63cde	0.96ab	6.57bcd
AMS+T-Kontrol	9.33ab	1.03ab	5.27d
T-Kontrol	6.50c-f	1.03ab	5.28d
Önemlilik			
Ortam	**	*	öd
Işık rejimi	*	**	**
Dalga boyu	**	öd	öd
Uygulamalar	**	**	*

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (*: %5, **: %1 düzeyinde) vardır. öd: istatistiksel olarak fark önemli değil. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık

Ek aydınlatmada kullanılan dalga boyları arasında en uzun fide boyu kırmızı LED lambalarla yapılan aydınlatmadan elde edilmiştir (Tablo 4.2). Yapılan çalışmalarda kırmızı LED aydınlatma altında yetiştirilen fidelerin daha uzun boylu oldukları bildirilmiştir (Xiaoying vd., 2012; Matsuda vd., 2016; Al-Rukabi vd., 2021; Soltani vd., 2023). Diğer dalga boylarına göre kırmızı LED lamba altında yetiştirilen fideelerde GA₃ seviyeleri daha yüksek bulunmuştur (Matsuda vd., 2016). Li vd. (2021) mavi+kırmızı ışık altında yetiştirilen bitkilerin sürgün ve köklerinde de GA₃ IAA seviyelerinin kırmızı, mavi ve yeşil LED aydınlatmadan daha yüksek bulunduğunu bildirmişlerdir.

Mavi (6.81 cm) ve beyaz (7.02 cm) LED lambalarla yapılan ek aydınlatmada, kırmızı (7.76 cm) LED lambalarla yapılan ek aydınlatmaya göre maydanoz fidelerinin boyu %1 düzeyinde daha kısa bulunmuştur (Tablo 4.2). Kaya (2022), domateste yaptığı çalışmada en düşük fide boyunu mavi ışık uygulamasından elde ettiğini bildirmiştir. Aynı şekilde Soltani vd. (2023) tarafından yapılan çalışmada da domateste en kısa boylu fideler mavi ışık uygulamasında tespit edilmiştir. Maydanoz fidesinde yürüttüğümüz bu çalışma bulguları Kaya (2022) ve Soltani vd. (2023) tarafından yürütülen çalışma bulguları ile uyumludur. Yapılan çalışmalar kırmızı ışığa duyarlı olan fitokromların hücre bölünmesini ve gelişimini teşvik ettiğini, mavi ışık fotoreseptörlerinin (kriptokromların) ise gövdenin uzamasını önlediğini göstermektedir (Taiz ve Zeiger, 2008; Li vd., 2017; Zhang vd., 2022; Soltani vd., 2023). Bu çalışma bulgularına benzer olarak Havan vd. (2024) tarafından yapılan çalışmada da kırmızı LED ışığın boy uzamasını teşvik ettiği, mavi ışığın ise kompakt fide oluşumuna katkı sağladığı rapor edilmiştir.

Mavi ve beyaz LED lambalarla yapılan ek aydınlatma arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır (Tablo 4.2). Bunun farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatmanın gün ışığına ilaveten yapılması ve beyaz ışık spektrumundaki mavi ışıktan (Şekil 3.2) kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada ele alınan tüm uygulamalar (faktörlerin interaksyonu) karşılaştırıldığında en uzun fide boyu 10.67 cm ile AMS+T-GBEA-K uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 9.43 cm ile AMS+T-KEA-K uygulaması izlemiştir. En kısa fide boyu ise T-GBEA-M uygulamasında (4.03 cm) tespit edilmiştir (Tablo 4.2).

Tez çalışmasında ele alınan ana faktörlerin fide gövde çapı üzerine etkisi incelendiğinde; ortamların etkisi istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$), ek aydınlatma uygulamalarının (ışık rejimlerinin) ve ele alınan faktörlere göre tüm uygulamaların etkisi ise çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Gövde çapı bakımından dalga boyları arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Denemede ele alınan ortamlar karşılaştırıldığında; fide boyunda olduğu gibi, AMS ve AMS+T ortamlarında yetiştirilen fidelerin çapları kontrol olarak ele alınan torf ortamında yetiştirilen maydanoz fidelerinin çaplarına göre %5 düzeyinde daha kalın olduğu tespit edilmiştir. En kalın gövde çapı aralarında istatistiksel fark bulunmayan AMS+T ve AMS ortamlarından (sırasıyla 1.26 ve 1.14 mm) elde edilmiştir (Tablo 4.2). Fide boyu ve gövde çapı kalınlığı (sırasıyla 8.53 cm ve 1.26 mm) dikkate alındığında ortamlar arasında en iyi fideler, AMS+T ortamından elde edilmiştir. Bunu AMS ortamı izlemiştir (Tablo 4.2).

Ek aydınlatma uygulamaları karşılaştırıldığında; en kalın fide çapı (1.34 mm) KEA uygulamasında tespit edilmiştir. Bunu GBEA uygulaması izlemiştir. Hiçbir aydınlatmanın yapılmadığı kontrol uygulaması altında yetişen fidelerin gövde çapı (1.01 mm) %1 düzeyinde diğer ek aydınlatmalara göre ince bulunmuştur (Tablo 4.2). Bu sonuçlar, Bal vd. (2024) tarafından yapılan çalışma sonuçlarına benzerdir. Aynı şekilde elde ettiğimiz bu bulgular, farklı dalga boylarına sahip LED lambalarla yapılan ek aydınlatma uygulamalarının hiçbir ek aydınlatma yapılmayan kontrole göre domatestte gövde çapını artırdığını bildiren Yıldız (2025)'in bulguları ile uyumludur.

Farklı dalga boylarının maydanoz fidelerinin gövde çapları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamış olup, gövde çapları 1.14-1.19 mm aralığında değişmiştir (Tablo 4.2). En yüksek gövde çapı 1.56 mm ile AMS+T-KEA-K uygulamasında tespit edilmiştir. İstatistiksel olarak T-GBEA-M uygulamasında yetiştirilen fidelerin gövde çapları (0.85 mm) diğer uygulamalardan %1 düzeyinde düşük bulunmuştur. T-GBEA-M uygulaması hariç, diğer uygulamalar istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır (Tablo 4.2).

Kök uzunluğu bakımından ortamlar ve dalga boyları arasında istatistiksel fark bulunmazken, ışık rejimi ve uygulamalar arasında %1 düzeyinde çok önemli fark bulunmuştur (Tablo 4.2). Ortamlar arasında istatistiksel fark olmamakla birlikte, torf ortamında yetiştirilen fidelerin kök uzunlukları (6.36 cm) AMS ve AMS+T

ortamlarındaki yetiştirilen fidelerin kök uzunluklarından (sırasıyla 6.87 ve 6.83 cm) daha kısa olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2).

Ek aydınlatma uygulamaları incelendiğinde; kontrol uygulamasında yetiştirilen fidelerin kök uzunlukları, KEA ve GBEA uygulamalarına göre %1 düzeyinde kısa bulunmuştur (Tablo 4.2). Öztekin ve Türe (2019), tam spektrumlu floresan lamba kullanılarak yapılan gün ışığına ek aydınlatmanın kontrole göre kök uzunluğunu artırdığını bildirmişlerdir. Elde ettiğimiz bulgular, beyaz LED lambalarla yapılan ek aydınlatma uygulamalarının kök uzunluğunu artırdığını bildiren Bal vd. (2024)'nın bulgularına benzer bulunmuştur.

Çalışmada dalga boylarının kök uzunluğu üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 4.2). Ancak farklı sebze türlerinde yapılan çalışmalarda dalga boyunun etkili olduğu bildirilmiştir. Hernández vd. (2016) ve Kaya (2022) tarafından yapılan çalışmalarda domateste mavi ışığın fide kök uzunluğunu kısalttığı belirlenmiştir. Li et al. (2023)'nin domateste yaptığı çalışmada en uzun kökler mavi ve kırmızı LED (%50 mavi+%50 kırmızı) aydınlatmada elde edilmiştir. Bu çalışmada diğer araştırmacıların bulgularından farklı bulgular ortaya konulmuştur. Bunun nedeni üzerinde çalışılan bitki türünün farklı olması ve farklı dalga boylarıyla yapılan ek aydınlatmanın gün ışığına ilave yapılması olabilir.

En uzun kök uzunluğu AMS-KEA-K uygulamasından (9.58 cm) elde edilmiştir. Bunu 8.70 cm ile AMS+T-KEA-K uygulaması izlemiştir. En kısa kökler AMS+T-Kontrol ve AMS-GBEA-K, T-Kontrol uygulamalarında (sırasıyla 5.27, 5.27 ve 5.28 cm) tespit edilmiştir (Tablo 4.2). Uygulamalarda elde edilen kök uzunlukları, Taşdelen vd. (2021) tarafından yürütülen farklı yetiştirme ortamlarının maydanoz fide kalitesi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmadaki maydanoz fidesi kök uzunluklarıyla (6.60-9.16 cm) uyumlu bulunmuştur.

4.3. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak sayısı ve alanı üzerine etkisi

Yaprak sayısı üzerine ortamlar, ışık rejimi ve uygulamaların etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli, dalga boylarının etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Torf ortamında yetiştirilen fidelerin yaprak sayısı, AMS ve AMS+T ortamlarından çok önemli düzeyde düşük bulunmuştur. Hiçbir ek aydınlatmanın yapılmadığı kontrol ile

GBEA uygulamaları arasında fide yaprak sayısı bakımından istatistiksel fark olmadığı belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fide yaprak sayısı ve alanı üzerine etkisi

	Yaprak sayısı (adet)	Yaprak alanı (cm ²)
Ortamlar		
AMS	2.14a	7.18b
AMS+T	2.16a	8.19a
T	1.84b	4.99c
Işık rejimi		
KEA	1.91b	5.84b
GBEA	2.14a	7.18a
Ko (Kontrol)	2.08a	7.34a
Dalga boyu		
K	1.99b	7.24a
M	2.12a	6.20b
B	2.02ab	6.91ab
Uygulamalar		
AMS-KEA-K	1.96bcd	5.25efg
AMS+T-KEA-K	2.00bcd	8.97a-d
T-KEA-K	1.88bcd	5.82b-g
AMS-GBEA-K	2.01bcd	9.07abc
AMS+T-GBEA-K	2.24abc	10.77a
T-GBEA-K	1.61d	3.31g
AMS-KEA-M	2.13bcd	4.65fg
AMS+T-KEA-M	2.04bcd	6.65b-g
T-KEA-M	1.77bcd	3.20g
AMS-GBEA-M	2.82a	6.23b-g
AMS+T-GBEA-M	2.35ab	9.47ab
T-GBEA-M	1.73cd	3.61g
AMS-KEA-B	1.71cd	8.50a-e
AMS+T-KEA-B	2.00bcd	5.41c-g
T-KEA-B	1.73cd	4.16fg
AMS-GBEA-B	2.13bcd	7.83a-f
AMS+T-GBEA-B	2.36ab	8.98a-d
T-GBEA-B	2.04bcd	5.34d-g
AMS-Kontrol	2.18bcd	7.70a-f
AMS+T-Kontrol	2.14bcd	7.83a-f
T-Kontrol	1.93bcd	6.49b-g
Önemlilik		
Ortam	**	**
Işık rejimi	**	**
Dalga boyu	*	**
Uygulamalar	**	**

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (*: %5, **: %1 düzeyinde) vardır. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık

Kontrol ve GBEA’da yetiştirilen fidelerin yaprak sayısı, KEA’ya göre çok önemli düzeyde daha fazla bulunmuştur. Dalga boyları arasında ise en yüksek yaprak sayısı mavi dalga boyunda, en düşük ise kırmızı dalga boyunda elde edilmiştir. Ele alınan tüm uygulamalar karşılaştırıldığında en fazla yaprak sayısı 2.82 adet ile AMS-GBEA-M, en düşük ise 1.61 adet ile T-GBEA-K uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Ana etkilere ortamlar, ışık rejimi ve dalga boyu ile tüm uygulamaların maydanoz fidelerinin yaprak alanı üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Ortamlar arasında en yüksek yaprak alanı AMS+T ortamında, en düşük ise torf ortamında belirlenmiştir (Tablo 4.3).

Kırmızı LED lambalarla yapılan ek aydınlatmada en yüksek yaprak alanı değerine ulaşılmıştır. Bunu beyaz LED lambalarla yapılan aydınlatma izlemiştir. En düşük yaprak alanı, mavi dalga boyunda elde edilmiştir (Tablo 4.3). Yapılan çalışmalar kırmızı LED aydınlatmanın yaprak genişlemesini desteklediğini (Johkan vd., 2010; Heo vd., 2012) göstermektedir. Kaya (2022) tarafından yapılan çalışmada da domateste en yüksek yaprak alanı kırmızı dalga boyunda saptanmıştır. Bununla birlikte Soltani vd. (2023) yaptıkları çalışmada en düşük yaprak alanı değerini kırmızı ışık uygulamasından elde etmişlerdir.

En düşük ve yüksek yaprak alanı sırasıyla T-KEA-M (3.20 cm^2) ve AMS+T-GBEA-K (10.77 cm^2) olarak belirlenmiştir. Yaprak sayısının en yüksek bulunduğu AMS-GBEA-M uygulamasında yaprak alanı değerinin 6.23 cm^2 gibi düşük bir değere sahip olduğu saptanmıştır (Tablo 4.3).

4.4. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak klorofil içeriği ve fotosentez oranı üzerine etkisi

Ortamlar, ışık rejimleri ve uygulamalar arasında yaprak klorofil içeriği ve fotosentez oranı bakımından farklar istatistiksel olarak %1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.4).

Tablo 4.4. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz yapraklarında ölçülen klorofil ve fotosentez değerleri üzerine etkisi

	Klorofil (CCI)	Fotosentez oranı ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$)
Ortamlar		
AMS	35.77a	48.33a
AMS+T	32.49ab	54.37a
T	26.94b	35.70b
Işık rejimi		
KEA	33.09a	46.93ab
GBEA	37.35a	51.70a
Ko (Kontrol)	24.77b	39.78b
Dalga boyu		
K	32.68	44.85
M	31.25	48.85
B	31.28	44.70
Uygulamalar		
AMS-KEA-K	37.13a-f	52.33bcd
AMS+T-KEA-K	36.37a-f	43.33cd
T-KEA-K	36.13a-f	38.33cd
AMS-GBEA-K	39.47a-e	80.00ab
AMS+T-GBEA-K	40.37a-d	39.00cd
T-GBEA-K	30.37b-f	31.33d
AMS-KEA-M	27.23b-f	46.67cd
AMS+T-KEA-M	47.40ab	48.00cd
T-KEA-M	17.20f	39.67cd
AMS-GBEA-M	54.27a	47.67cd
AMS+T-GBEA-M	27.23b-f	91.67a
T-GBEA-M	33.63a-f	46.67cd
AMS-KEA-B	54.10a	52.00bcd
AMS+T-KEA-B	24.03c-f	60.33bc
T-KEA-B	18.23ef	41.67cd
AMS-GBEA-B	44.47abc	43.33cd
AMS+T-GBEA-B	30.83b-f	50.00cd
T-GBEA-B	35.53a-f	35.67cd
AMS-Kontrol	21.77def	37.67cd
AMS+T-Kontrol	28.73b-f	52.33bcd
T-Kontrol	23.80c-f	29.33d
Önemlilik		
Ortam	**	**
Işık rejimi	**	**
Dalga boyu	öd	öd
Uygulamalar	**	**

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (**: %1 düzeyinde) vardır. öd: istatistiksel olarak fark önemli değil. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık

Maydanoz yapraklarında ölçülen klorofil içeriği ve fotosentez oranı değerleri, AMS ve AMS+T ortamlarında torfa göre çok önemli düzeyde yüksek bulunmuştur. Bu ortamların tuz içeriği yüksek olduğu için klorofil içeriğinin azalması beklenebilir. Genel olarak tuz stresi altındaki bitkilerde klorofil sentezi azalmaktadır. Ancak, ortamlardaki tuz içerikleri maydanoz fidelerinde tuz stresi oluşturmamıştır.

Ek aydınlatma uygulamaları (KEA ve GBEA), hiçbir ek aydınlatmanın yapılmadığı gün ışığı koşullarına göre maydanoz fidelerinin yapraklarındaki klorofil içeriği ile fotosentez oranını artırmıştır (Tablo 4.4).

Bal vd. (2024) yaptıkları çalışmada beyaz LED lamba ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının kontrol uygulamasına göre biberde yapraktaki klorofil içeriğini artırdığını saptamışlardır. Aynı şekilde, Yıldız (2025) farklı dalga boyları ile yapılan değişik ışık rejimleri altında yetiştirilen domates fidelerinde kontrole (ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları) göre yaprak klorofil içeriğinin daha fazla olduğunu belirlemiştir.

Yaprak klorofil içeriğinde olduğu gibi önceki çalışmalarda da bizim çalışmamıza benzer olarak ek aydınlatma uygulamalarının fidelerde net fotosentez miktarını artırdığı belirtilmiştir (Zheng vd., 2021; Zhang vd., 2022). Çin brokolisi fidelerinde yapılan bir çalışmada, LED ışık takviyesinin fidelerin stoma iletkenliği, CO₂ asimilasyonu ve fotosentetik parametreleri artırdığı belirlenmiştir (He vd., 2019).

Dalga boylarının hem yaprak klorofil içeriği hem de fotosentez oranı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Tablo 4.4). Yapılan çalışmalarda, bu çalışmadaki bulgunun tersine, dalga boylarının bu özellikler üzerine etkili olduğu ifade edilmiştir. Birçok çalışmada, kırmızı ışığın bitkide fotosentez hızını teşvik ettiği ve bitki büyümesini hızlandığı belirlenmiştir (Yousef vd., 2021; Jin vd., 2023; Havan vd., 2024). Önceki çalışmalarda farklı dalga boyları altında yetiştirilen domates fidelerinde yapraktaki klorofil içerikleri bakımından aralarında fark olduğu (Zhang vd., 2022), kırmızı ışığın yapraktaki klorofil içeriğini azalttığı (Al-Rukabi vd., 2021; Soltani vd., 2023) ifade edilmiştir. Farklı dalga boylarının fotosentez üzerine etkisi henüz tam olarak ortaya konulamamıştır (Çağlayan ve Ertekin, 2018). Bu çalışmada farklı dalga boyları ile yapılan aydınlatma uygulamaları gün ışığına ilave yapılmıştır. Ayrıca araştırmalardaki bitki türleri farklıdır. Bu da bu çalışma bulguları ile diğer araştırmacıların bulguları arasındaki farkları açıklayabilir.

Uygulamalar arasında en yüksek yapraktaki klorofil içeriği, aralarında istatistiksel fark bulunmayan AMS-GBEA-M ve AMS-KEA-B uygulamalarında tespit edilmiştir. Bunu AMS+T-KEA-M uygulamasının değeri izlemiştir. En düşük yapraktaki klorofil içeriği ise T-KEA-M ortamında belirlenmiştir. Yapraktaki klorofil içeriği değerleri 17.20-54.27 CCI aralığında bulunmuştur (Tablo 4.4). Bal vd. (2024), beyaz LED ile yapılan farklı ek aydınlatma uygulamaları altında yetiştirilen biber fidelerinin yapraktaki klorofil içeriklerinin 13.8-17.5 CCI arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Yıldız (2025) farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının domates fidelerinin yapraktaki klorofil içeriklerinin ise 14.39-27.77 CCI aralığında değiştiğini belirtmiştir.

Uygulamalar arasında en yüksek fotosentez oranı AMS+T-GBEA-M ($91.67 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), en düşük ise istatistiksel olarak aynı gruba giren T-Kontrol ve T-GBEA-K (sırasıyla 29.33 ve $31.33 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) uygulamalarında tespit edilmiştir (Tablo 4.4).

4.5. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının kök ve yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi

Yetiştirme ortamlarının ve dalga boylarının kök uzunluğunda (Tablo 4.1) olduğu gibi kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine de istatistiksel olarak etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 4.5). Kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine ışık rejimlerinin ve tüm uygulamaların etkisi ise %1 düzeyinde çok önemli olmuştur. Işık rejimlerinde yetiştirilen maydanoz fidelerinin kök yaş ve kuru ağırlıkları kontrole göre %1 düzeyinde yüksek bulunmuştur. Ek aydınlatma uygulamaları (KEA ve GBEA) kök uzunluğunda olduğu gibi kök yaş ve kuru ağırlıklarının artmasına neden olmuştur (Tablo 4.5). Önceki çalışmalarda, ek aydınlatmanın fotosentez hızını artırarak fidelerin kök aktivitesi ve nişasta içeriğinin artmasını sağladığı bildirilmiştir (Zheng vd., 2021; Zhang vd., 2022). Bu çalışmada da KEA ve GBEA uygulamalarında yetiştirilen fidelerin yapraklarında ölçülen fotosentez oranının kontrolden daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 4.5). Wang vd. (2022) LED lambalarla fotoperiyodun sabah ve akşam 3'er saat olmak üzere uzatılmasının kök ağırlığını önemli oranda arttırdığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde, bu çalışma bulguları beyaz LED kullanarak yapılan farklı ek aydınlatmaların biberde kök kuru ağırlığını artırdığını bildiren Bal vd. (2024) çalışma bulguları ile uyumludur.

Tablo 4.5. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz fidesinin kök ve yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkisi

	KYA (g fide ⁻¹)	YGYA (g fide ⁻¹)	KKA (g fide ⁻¹)	YGKA (g fide ⁻¹)
Ortamlar				
AMS	0.088	0.118b	0.0052	0.0137ab
AMS+T	0.092	0.138a	0.0045	0.0151a
T	0.090	0.088c	0.0048	0.0128b
Işık rejimi				
KEA	0.090ab	0.112	0.0052a	0.0150a
GBEA	0.116a	0.120	0.0057a	0.0151a
Ko (Kontrol)	0.064b	0.112	0.0037b	0.0116b
Dalga boyu				
K	0.087	0.117	0.0052ab	0.0146
M	0.081	0.115	0.0041b	0.0131
B	0.102	0.112	0.0053a	0.0140
Uygulamalar				
AMS-KEA-K	0.077bc	0.128b-e	0.0067ab	0.0173a-d
AMS+T-KEA-K	0.124abc	0.165abc	0.0070ab	0.0203abc
T-KEA-K	0.116abc	0.096efg	0.0067ab	0.0170a-d
AMS-GBEA-K	0.123abc	0.104c-g	0.0063ab	0.0153a-d
AMS+T-GBEA-K	0.077bc	0.162a-d	0.0043b	0.0170a-d
T-GBEA-K	0.074bc	0.063fg	0.0043b	0.0100d
AMS-KEA-M	0.074bc	0.126b-f	0.0037b	0.0127a-d
AMS+T-KEA-M	0.082bc	0.106c-g	0.0040b	0.0120bcd
T-KEA-M	0.065bc	0.095efg	0.0037b	0.0150a-d
AMS-GBEA-M	0.145ab	0.205a	0.0063ab	0.0220a
AMS+T-GBEA-M	0.115abc	0.115b-g	0.0050ab	0.0130a-d
T-GBEA-M	0.059bc	0.051g	0.0030b	0.0083d
AMS-KEA-B	0.079bc	0.101c-g	0.0037b	0.0107d
AMS+T-KEA-B	0.107bc	0.098efg	0.0050ab	0.0127a-d
T-KEA-B	0.087bc	0.097eg	0.0060ab	0.0173a-d
AMS-GBEA-B	0.102bc	0.113c-g	0.0050ab	0.0147a-d
AMS+T-GBEA-B	0.220a	0.177ab	0.0103a	0.0210ab
T-GBEA-B	0.130abc	0.090efg	0.0067ab	0.0147a-d
AMS-Kontrol	0.064bc	0.096efg	0.0050ab	0.0103d
AMS+T-Kontrol	0.034c	0.140b-e	0.0017b	0.0133a-d
T-Kontrol	0.094bc	0.099d-g	0.0043b	0.0110cd
Önemlilik				
Ortam	öd	**	öd	*
Işık rejimi	**	öd	**	**
Dalga boyu	öd	öd	*	öd
Uygulamalar	**	**	**	**

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (*: %5, **: %1 düzeyinde) vardır. öd: istatistiksel olarak fark önemli değil. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık, KYA: Kök yaş ağırlığı, YGYA: Yaprak-gövde yaş ağırlığı, KKA: Kök kuru ağırlığı, YGKA: Yaprak-gövde kuru ağırlığı

Faktörlerin kombine edildiği tüm uygulamalar karşılaştırıldığında en yüksek kök yaş ve kuru ağırlığı AMS+T-GBEA-B (sırasıyla 0.220 ve 0.0103 g), en düşük ise AMS+T-Kontrol (sırasıyla 0.034 ve 0.0017 g) uygulamasından elde edilmiştir (Tablo 4.5).

Ek aydınlatma ile kontrol grubu (ışık rejimleri) arasında ve farklı dalga boyları ile yapılan aydınlatmalar (K, M ve B) arasında yaprak-gövde yaş ağırlığı bakımından istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Yaprak-gövde kuru ağırlığı üzerine ise dalga boylarının etkisi önemli değil iken, ek aydınlatma uygulamalarının etkisi %1 düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 4.5).

Yıldız (2025) domates fidelerinde yürütülen çalışmada farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatmaların yaprak kuru ağırlığı üzerine etkili olmadığını, buna karşılık gövde kuru ağırlığı üzerine etkilerinin %1 düzeyinde önemli olduğunu tespit etmiştir.

Yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlığı üzerine yetiştirme ortamlarının etkisi istatistiksel olarak sırasıyla çok önemli ($p<0.01$) ve önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. En yüksek yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlığı AMS+T ortamında, en düşük ise T ortamında tespit edilmiştir (Tablo 4.5). Ortamlardaki bu fark fide boyu, gövde çapı, yaprak sayısı ve yaprak alanı özellikleri ile ilişkili olup, bu değerler AMS+T ve AMS ortamlarında kontrole göre daha yüksek bulunmuştur (Tablo 4.2 ve 4.3). AMS+T ve AMS ortamlarında ölçülen klorofil ve fotosentez oranının torftan daha yüksek olması fidelerin daha iyi gelişmesine neden olmuştur (Tablo 4.4). Prasad vd. (2021) tarafından yapılan çalışmada taze *Agaricus* atık mantar substratı ve *Lentinula* atık mantar substratının torfla %25AMS+%75T oranında karışımlarından hazırlanan ortamlarda yetiştirilen çilek bitkilerinin torf ortamına göre daha yüksek sürgün kuru ağırlığına, kök kuru ağırlığına, toplam bitki kuru ağırlığına ve yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir.

Yaprak-gövde yaş ağırlığı bakımından ortamlar ve tüm uygulamalar arasındaki fark ise %1 düzeyinde çok önemli bulunmuştur. En yüksek yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlığı sırasıyla 0.205 ve 0.0220 g ile AMS-GBEA-M uygulamasında belirlenmiş, bunu aynı istatistiksel gruba giren AMS+T-GBEA-B (sırasıyla 0.177 ve 0.0210 g) ve AMS+T-KEA-K (sırasıyla 0.165 ve 0.0203 g) uygulamaları takip etmiştir (Tablo 4.5).

4.6. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının yaprak L, Kroma ve Hue renk değerleri üzerine etkisi

Çalışmada ele alınan yetiştirme ortamlarının maydanoz fide yapraklarının L, Kroma ve Hue değerleri üzerine etkisi istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur (Tablo 4.6). En yüksek L ve Kroma değerleri (sırasıyla 73.78 ve 51.38), torf ortamında yetiştirilen fidelerde tespit edilmiştir. Buna karşılık en düşük Hue değerleri (154.79) torf ortamında yetiştirilen fidelerin yapraklarında belirlenmiştir (Tablo 4.6). AMS ve AMS+T ortamındaki Hue açısı değerlerine göre fidelerin daha yeşil oldukları görülmektedir. Farklı yetiştirme ortamlarının marul ve maydanoz fide kalitesine etkilerinin araştırıldığı çalışmada maydanoz fidelerinin Kroma değerleri 16.98-19.72, Hue değerleri 135.7-137.8 aralığında tespit edilmiştir (Taşdelen vd., 2021). Çalışmada elde edilen renk değerleri, Taşdelen vd. (2021)'nin değerlerinde daha yüksek bulunmuştur.

KEA, GBEA ve hiçbir ek aydınlatma yapılmayan kontrol uygulaması arasında L ve Kroma değerleri arasında istatistiksel olarak fark bulunurken, Hue değerleri arasında fark bulunmamıştır. Dalga boylarının ise sadece fidelerin Kroma değerleri üzerine etkisi olduğu belirlenmiştir. Mavi LED ile yapılan ek aydınlatmaların fidelerin Kroma değerini azalttığı tespit edilmiştir (Tablo 4.6). Owen ve Lopez (2015) tarafından marulda yapılan çalışmada ışık yoğunluğu ve kalitesinin yaprak rengi üzerine etkili olduğu bulunmuştur.

Genel olarak tüm uygulamalar karşılaştırıldığında L değerleri arasında istatistiksel fark olmadığı ve L değerlerinin 62.22-80.13 aralığında değiştiği saptanmıştır. Fidelerin Kroma ve Hue değerleri bakımından uygulamalar arasında %1 düzeyinde fark olduğu belirlenmiştir. En yüksek Kroma değeri T-GBEA-K (60.87), en düşük ise T-GBEA-M (34.84) uygulamasından elde edilmiştir. En düşük ve yüksek Hue değerleri 172.53 ile AMS+T-GBEA-B ve 148.38 ile T-GBEA-K ortamında bulunmuştur (Tablo 4.6).

Tablo 4.6. Atık mantar substratından hazırlanan yetiştirme ortamları ve farklı dalga boyları ile yapılan ek aydınlatma uygulamalarının maydanoz yapraklarının L, Kroma ve Hue renk değerleri üzerine etkisi

	L	Kroma	Hue
Ortamlar			
AMS	68.41ab	43.85b	164.58a
AMS+T	67.45b	44.44b	161.04a
T	73.78a	51.38a	154.79b
Işık rejimi			
KEA	73.15a	49.80a	158.54
GBEA	70.37ab	46.91ab	160.06
Ko (Kontrol)	66.13b	42.95b	161.80
Dalga boyu			
K	70.66	48.14a	158.86
M	68.96	43.84b	161.09
B	70.03	47.69ab	160.45
Uygulamalar			
AMS-KEA-K	70.07	42.23a-d	166.50ab
AMS+T-KEA-K	71.58	48.18a-d	159.97a-d
T-KEA-K	77.23	54.90abc	153.93bcd
AMS-GBEA-K	70.59	52.98a-d	154.20bcd
AMS+T-GBEA-K	69.03	45.23a-d	161.40a-d
T-GBEA-K	79.02	60.87a	148.38d
AMS-KEA-M	66.09	40.53bcd	166.57ab
AMS+T-KEA-M	70.00	51.95a-d	155.27bcd
T-KEA-M	80.13	54.61a-d	154.57bcd
AMS-GBEA-M	67.13	38.54cd	168.47ab
AMS+T-GBEA-M	69.94	45.23a-d	162.40a-d
T-GBEA-M	68.97	34.84d	157.13a-d
AMS-KEA-B	71.79	45.45a-d	162.63a-d
AMS+T-KEA-B	71.63	50.48a-d	157.50a-d
T-KEA-B	79.81	59.87ab	149.97cd
AMS-GBEA-B	70.22	48.50a-d	172.53a
AMS+T-GBEA-B	68.24	47.70a-d	159.13a-d
T-GBEA-B	70.23	48.32a-d	156.90a-d
AMS-Kontrol	66.61	42.13a-d	163.43a-d
AMS+T-Kontrol	62.22	37.05cd	164.57abc
T-Kontrol	69.54	49.66a-d	157.40a-d
Önemlilik			
Ortam	**	**	**
Işık rejimi	**	**	öd
Dalga boyu	öd	*	öd
Uygulamalar	öd	**	**

Sütunlarda farklı harfle gösterilen uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark (*: %5, **: %1 düzeyinde) vardır. öd: istatistiksel olarak fark önemli değil. AMS: Atık mantar substratı, AMS+T: %50 atık mantar substratı+%50 torf karışımı, T: Torf, KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin 100 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: Gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma, Ko (Kontrol): Ek aydınlatma yapılmayan gün ışığı koşulları, K: Kırmızı ışık, M: Mavi ışık, B: Beyaz ışık

Başarılı bir sebze yetiştiriciliği için yüksek gövde çapı ve kuru madde içeriğine sahip fidelerle üretime başlamak verim ve kalite için önemli kriterlerdir. Çalışmada atık mantar kompostu, atık mantar kompostu ile torf karışımı (%50+%50) ve torf ortamları ele alınmıştır. Maydanoz fidelerinde en uzun boy, en kalın gövde çapı, en fazla yaprak sayısı ve alanı, en yüksek yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları AMS+T ortamından elde edilmiştir. Bunu AMS ortamı izlemiştir. Torf ortamında yetiştirilen fidelerin gelişimleri diğer ortamlara göre zayıf gerçekleşmiştir (Tablo 4.2, 4.3 ve 4.5). Tablo 4.4. incelendiğinde görüleceği üzere AMS+T ve AMS ortamlarında yetiştirilen fidelerin yaprak klorofil içerikleri ve fotosentez oranları torf ortamında yetiştirilen fidelerdekenden daha yüksek bulunmuştur. Torf ortamı su tutma kapasitesinin yüksek olması nedeniyle yaygın olarak kullanılan bir ortamdır. Ancak torfun besin içeriğinin düşük olması fide kalitesinin düşük olmasına neden olmaktadır. Bu nedenle torf ortamında yetiştirilen fidelerde kalitenin artırılması için besin solüsyonu takviyesinin yapılması gerektiği bildirilmiştir (Doğan, 2003). Maydanoz bitkisi organik maddece zengin ortamlarda daha iyi gelişmektedir (Vural vd., 2000). Yapılan çalışmalar beyaz şapkalı mantara ait AMS'nın organik madde, makro ve mikro besin elementleri bakımından zengin olduğunu göstermektedir (Demirtaş vd., 2005; Jordan vd., 2008; Medina vd., 2009; Holozlu, 2013; Catal ve Peksen, 2018; Prasad vd., 2021; Kravchenko vd., 2023). Bu da AMS+T ve AMS ortamlarında yetiştirilen fidelerin torfta yetiştirilenlere göre daha iyi gelişmesini sağlamış olabilir. Bu çalışma bulgularına benzer olarak, Sönmez (2017) farklı yetiştirme ortamlarının domates fide kalitesi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında fide boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı gibi kalite özellikleri bakımından en iyi değerleri bekletilmiş atık mantar substratı ortamından elde etmiştir.

Çalışmada torfun pH değeri (4.60), ideal fide yetiştirme ortamı için düşük bulunmuştur. Buna karşılık AMS+T ortamının pH değeri (6.62) çoğu fide için ideal değerde bulunmuştur (Tablo 3.3). Taze atık mantar substratının yetiştiricilikte kullanılmasındaki en önemli dezavantajı, yüksek EC seviyesidir. Taze AMS ortamının EC değeri 4.75 dS m^{-1} ve AMS+T ortamının EC değeri de 3.27 dS m^{-1} olarak belirlenmiştir. Bu ortamların EC değerleri, torfa (0.48 dS m^{-1}) göre çok yüksektir (Tablo 3.3). Tuza tolerans bakımından familya, cins, tür ve genotipler arasında farklılıklar bulunmaktadır (Kıran vd., 2015; Yılmaz vd., 2023). Mevcut çalışmada da maydanoz fideleri bu EC değerlerinden çok zarar görmemişlerdir. Petropoulos vd.

(2009), üç maydanoz alt türünde yaptıkları çalışmada maydanoz bitkisinin tuzluluğa orta derecede duyarlı olduğunu ve $<4.5 \text{ dS m}^{-1}$ EC'de yetiştirilebileceğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte AMS+T ortamının EC değerinin AMS ortamına göre daha düşük olmasının fidelerin daha iyi gelişmesini sağladığı düşünülmektedir. Tuz içeriğinden dolayı AMS'nın fide veya yetiştiricilikte kullanılmadan önce yaklaşık 2 yıl bekletilmesi, yıkanması veya torf, toprak ile karıştırılarak kullanılması gerektiği bildirilmiştir (Pekşen ve Yamaç, 2016). Yılmaz vd. (2018) yetiştirme ortamlarındaki AMS miktarı azaldıkça, EC değerinin düştüğünü ve *Agaricus bisporus* atık mantar kompostundan hazırlanan 100AMS, 75AMS+25T, 50AMS+50T ve 25AMS+75T ortamlarının EC değerlerinin sırasıyla 4.03, 3.06, 1.93 ve 0.96 dS m^{-1} olduğunu bulmuşlardır.

Ek aydınlatma uygulamaları klorofil içeriği, fotosentez oranı, kök ve yaprak-gövde kuru ağırlığını hiçbir ek aydınlatma yapılmayan kontrol uygulamasına göre artırdığı tespit edilmiştir (Tablo 4.4 ve 4.5). Bu sonuçlar, ek aydınlatma uygulamalarının biber ve marul fidelerinde yaprak alanı, biyokütle ve klorofil içeriğinde artış sağladığını bildiren çalışma sonuçları ile uyumlu bulunmuştur (Bal vd., 2024; Ertekin, 2022). Qiao vd. (2025), LED ek aydınlatmanın marulda bitki boyunu, yaprak alanını, biyokütleyi ve kök endekslerini önemli ölçüde artırdığını belirlemişlerdir.

Bitkiler tek başına monokromatik kırmızı ışıkla en iyi şekilde gelişmezler ve fotosentez ve biyokütle üretiminin yanı sıra diğer tepki tiplerini düzenlemek için mavi ve uzak kırmızıya da ihtiyaç duyarlar. Fide morfolojisini geliştirmede maksimum etki mavi ve kırmızı ışığın kombinasyonu ile elde edilir (Yousef vd., 2021; Li vd., 2023). Doğal ışığın bulunmadığı büyüme odası koşullarında yürütülen deneylerdeki dalga boylarının tek başına etkisi ile sera koşullarındaki deney sonuçları çelişebilir. Bu gün ışığına yapılan ek aydınlatmalarda gün ışığı miktarı (içinde mavi ışığı da barındıran) ile ilişkilidir.

Kök gelişimi fide kalitesinde önemli kriterlerden biridir. Fide kalitesi bakımından kök uzunluğu (8.70 cm) ve kök kuru ağırlığı (0.0070 g) baz alındığında AMS+T-KEA-K uygulamasının da tercih edilebilir bulunmuştur (Tablo 4.2 ve 4.5).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu tez çalışmasında, 3 farklı yetiştirme ortamı [(taze atık mantar substratı (AMS), %50taze atık mantar substratı+%50torf (AMS+T) ve torf (T)] ile kırmızı (K), mavi (M) ve beyaz (B) dalga boyu kullanılarak yapılan 2 farklı ek aydınlatma uygulamasının (KEA: gün ışığına ilaveten gün içerisinde ışık şiddetinin $100 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ 'in altına düştüğünde yapılan ek aydınlatma, GBEA: gün ışığına ilaveten gün doğumundan batımına kadar yapılan ek aydınlatma) birleşik etkilerinin maydanoz tohum çıkış oranı ve fide kalitesine etkileri araştırılmıştır.

Çalışmada en yüksek tohum çıkış oranları torf ortamında belirlenmiştir. Ek aydınlatma uygulamaları ve dalga boylarının istatistiksel olarak tohum çıkış oranı üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. AMS-KEA-K uygulaması dışında, tohum çıkış oranı bakımından diğer tüm uygulamalar aynı istatistiksel grup içinde yer almıştır. Torf ortamında tohum çıkış oranları diğer yetiştirme ortamlarına göre yüksek olmakla birlikte, torf ortamında yetiştirilen fidelerin gelişimlerinin taze atık mantar substratından hazırlanan ortamlara göre zayıf olduğu tespit edilmiştir. Maydanoz fidelerinde en uzun boy, en kalın gövde çapı, en fazla yaprak sayısı ve alanı, en yüksek fotosentez oranı, en yüksek yaprak-gövde yaş ve kuru ağırlıkları AMS+T ortamından elde edilmiştir. Ek aydınlatma uygulamaları maydanoz fidelerinin gövde çapını, kök uzunluğunu, klorofil içeriğini, fotosentez oranını, kök ve yaprak-gövde kuru ağırlığını hiçbir ek aydınlatma yapılmayan kontrol uygulamasına göre artırmıştır. Çalışmada sadece fide boyu, yaprak sayısı ve alanı, kök kuru ağırlığı, yaprak Kroma değerleri bakımından dalga boyları arasında istatistiksel olarak fark bulunmuştur.

Torfla karşılaştırıldığında herhangi bir ön işlem yapılmadan kullanılan taze AMS'nın maydanoz fide kalitesini artırdığı, ancak torf ile %50 karışımıyla hazırlanan AMS+T ortamının daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Taze AMS'nın bekletilmeden veya yıkama gibi herhangi bir işlem yapılmadan maydanoz fide yetiştiriciliğinde yeniden kullanılması, atığın daha hızlı değerlendirilmesi, zaman ve işçilik maliyetinin ortadan kalkma imkânı sağlaması bakımından önemlidir. Ayrıca, bekletilme veya yıkama gibi işlemler sırasında açığa çıkacak sıvı atıkların yaratacağı çevre sorunu ve bu işlemler için harcanacak maliyetler bakımından da avantaj sağlayacaktır.

AMS'nin fide yetiştirme ortamı olarak kullanımını sadece düşük fiyatlı bir organik bileşen olarak değil, aynı zamanda torf gibi doğal kaynakların korunması ve atık yönetimi ile çevrenin korunması bakımından önemlidir. Enerji maliyetleri dikkate alındığında KEA uygulaması daha tercih edilebilir bulunmuştur. Fide kalitesinde önemli kriterler olan gövde çapı, yaprak alanı, kök uzunluğu, yaprak-gövde ve kök kuru ağırlıkları (sırasıyla 1.56 mm, 8.70 cm, 8.97 cm², 0.0070 g ve 0.0203 g) dikkate alındığında en iyi kombinasyonun AMS+T-KEA-K uygulaması olduğu saptanmıştır. Çalışmada tuz içeriği yüksek AMS ortamında yetiştirilen maydanoz fidesi kalitesinin LED aydınlatma uygulamaları ile iyileştirilebileceği ortaya konulmuştur.

Maydanoz fide yetiştiriciliğinde mantar hasadı sonrası açığa çıkan taze AMS'ının hemen kullanımını ve farklı LED ek aydınlatmaların fide kalitesi üzerine etkilerini bildiren ilk çalışmadır. Bu çalışmada yetiştirme ortamı ve ek ışık kaynaklarının fide gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir. Ancak bu faktörlerin maydanozun verimi ve kalitesi üzerine etkileri de detaylı olarak araştırılmalıdır. Bitki gelişimi, verimi ve kalitesi üzerine ışıklanma süresi, şiddeti ve dalga boyu gibi aydınlatma faktörleri ile çevresel birçok faktör etki etmektedir. Bu bileşik etkileşimler tam anlaşılmış değildir, bunlara yönelik daha fazla araştırma yapılmasına ihtiyaç vardır.

KAYNAKLAR

- Anonim (2025). <https://www.altintohumculuk.com.tr/urundetay/maydanoz> (Erişim tarihi: 29.05.2025).
- Ajmera, P., Kalani, S., and Sharma, L. (2019). Parsley-benefits & side effects on health. *International Journal of Physiology, Nutrition and Physical Education*, 4(1), 1236-1242.
- Alrifai, O., Hao, X., Marcone, M. F., and Tsao, R. (2019). Current review of the modulatory effects of LED lights on photosynthesis of secondary metabolites and future perspectives of microgreen vegetables. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 67(22), 6075-6090.
- Al-Rukabi, M. N., Leunov, V. I., Tarakanov, I. G., and Tereshonkova, T. A. (2021). The Effect of LED Lighting on The Growth of Seedlings of Hybrid Tomato. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 910, No. 1, p. 012127). IOP Publishing. Doi:10.1088/1755-1315/910/1/012127
- Aydın, M., ve Demirsoy, M. (2020). Topraksız biber (*Capsicum annuum* L.) yetiştiriciliğinde farklı yetiştirme ortamlarının verim ve kalite üzerine etkileri. *Manas Journal of Agriculture Veterinary and Life Sciences*, 10(1), 66-72.
- Bal, Y. A., Tütüncü, A. Ç., Özer, H., ve Pekşen, A. (2024). Ek beyaz led aydınlatma uygulamalarının biber fidelerinin kalite özellikleri üzerine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 10(3), 322-332. doi: 10.24180/ijaws.1554806
- Baroli, I., Price, G. D., Badger, M. R., and Von Caemmerer, S. (2008). The contribution of photosynthesis to the red light response of stomatal conductance. *Plant Physiology*, 146(2), 737.
- Bayhan, Y., ve Avcı, Z. (2019). Örtü altı sebze yetiştiriciliğinde LED aydınlatma sistemlerinin bitki gelişimine ve verimine etkisinin belirlenmesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (17), 86-95.
- Catal, S., and Peksen, A. (2018). Physical, Chemical and Biological Properties of Spent Mushroom Substrates of Different Mushroom Species. In *XXX International Horticultural Congress IHC2018: International Symposium on Medicinal and Aromatic Plants, Culinary Herbs and 1287* (pp. 353-360).
- Çağlayan, N., ve Ertekin, C. (2018). Farklı dalga boylu LED ışıklarının yeşil yapraklı bitkilerin gelişimi üzerindeki etkileri. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 14(2), 105-114.
- da Silva Alves, L., Tolardo, G., Caitano, C. E. C., Vieira Júnior, W. G., Gomes Freitas, P. N., and Cunha Zied, D. (2024). Use of spent mushroom substrate for cherry tomato seedlings; a potential alternative to peat in horticulture. *Biological Agriculture & Horticulture*, 40(2), 127-140.
- Demir, H. (2017). Kullanılmış mantar kompostunun biber fidelerinin büyüme ve bitki besin elementi içeriklerine etkileri. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(2), 91-96.
- Demirtaş, E. I., Arı, N., Arpacıoğlu, A. E., Özkan, C. F., ve Kaya, H. (2005). Mantar Kompostu Kullanımının Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde Bitkinin Potasyum ile Beslenmesi ve Verim Üzerine Etkisi. *Tarımda Potasyumun Yeri ve Önemi Çalıştayı (3-4 Ekim 2005)*, 131-138, Eskişehir.
- Dieleman, J. A., Kruidhof, H. M., Weerheim, K., and Leiss, K. (2021). LED lighting strategies affect physiology and resilience to pathogens and pests in eggplant (*Solanum melongena* L.). *Frontiers in Plant Science*, 11, 610046. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.610046>
- Di Gioia, F., De Bellis, P., Mininni, C., Santamaria, P., and Serio, F. (2017). Physicochemical, agronomical and microbiological evaluation of alternative growing media for the

- production of rapini (*Brassica rapa* L.) microgreens. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 97(4), 1212-1219.
- Doğan, D. (2003) Domates ve hıyar fidesi üretiminde yetiştirme ortamlarına katılan tavuk gübresinin fide gelişimi ve kalitesine etkileri. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 91s.
- Dorman, H. D., Lantto, T. A., Raasmaja, A., and Hiltunen, R. (2011). Antioxidant, pro-oxidant and cytotoxic properties of parsley. *Food & Function*, 2(6), 328-337.
- Durak, A., ve Karagüzel, O. (2018). Yetiştirme ortamlarının *Celtis australis* genotiplerinin yaprak besin elementi içeriklerine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 31(3), 235-241. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.436194>
- Dyško, J., and Kaniszewski, S. (2021). Effects of LED and HPS lighting on the growth, seedling morphology and yield of greenhouse tomatoes and cucumbers. *Horticultural Science*, 48(1), 22-29. doi: 10.17221/4/2020-HORTSCI
- Fidanza, M. A., Sanford, D. L., Beyer, D. M., and Aurentz, D. J. (2010). Analysis of fresh mushroom compost. *HortTechnology*, 20(2), 449-453.
- Giménez, A., Martínez-Ballesta, M. D. C., Egea-Gilabert, C., Gómez, P. A., Artés-Hernández, F., Pennisi, G., ... and Fernández, J. A. (2021). Combined effect of salinity and LED lights on the yield and quality of purslane (*Portulaca oleracea* L.) microgreens. *Horticulturae*, 7(7), 180.
- Gruda, N. S., Hirschler, O., and Stuart, J. (2023). Peat reduction in horticulture an overview of Europe. In *IX South-Eastern Europe Symposium on Vegetables and Potatoes 1391* (pp. 545-560).
- Havan, A., Ardiç, Ş. K., Havan, R., and Korkmaz, A. (2024). Farklı dalga boylu led aydınlatma uygulamalarının domateste fide kalitesi üzerine etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(Ek Sayı 2 (Suppl 2)), 372-384. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.1491999>
- He, J., Qin, L., Teo, L. J. L., and Wei, C. T. (2019). Nitrate accumulation, productivity and photosynthesis of *Brassica alboglabra* grown under low light with supplemental LED lighting in the tropical greenhouse. *Journal of Plant Nutrition*, 42(15), 1740-1749.
- Hernández, R., Eguchi, T., Deveci, M., and Kubota, C. (2016). Tomato seedling physiological responses under different percentages of blue and red photon flux ratios using LEDs and cool white fluorescent lamps. *Scientia Horticulturae*, 213, 270-280. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2016.11.005>
- Hernández, R., and Kubota, C. (2012). Tomato seedling growth and morphological responses to supplemental LED lighting red: blue ratios under varied daily solar light integrals. In *VII International Symposium on Light in Horticultural Systems 956*, 187-194.
- Heo, J. W., Kang, D. H., Bang, H. S., Hong, S. G., Chun, C., and Kang, K. K. (2012). Early growth, pigmentation, protein content, and phenylalanine ammonia-lyase activity of red curled lettuces grown under different lighting conditions. *Korean Journal of Horticultural Science & Technology*, 30(1), 6-12.
- Hirschler, O., and Osterburg, B. (2025). Achieving peat-free hobby gardening for climate mitigation in Germany: Insights into prices of growing media constituents, potting soils and policy options. *Resources, Conservation and Recycling*, 220, 108330.
- Holozlu, A. (2013). Yıkanmış ve yıkanmamış atık mantar kompostunun bazı toprak kalite parametrelerine etkisi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı. Yüksek Lisans, Tezi. Konya*.

- Hooks, T., Sun, L., Kong, Y., Masabni, J., and Niu, G. (2022). Short-term pre-harvest supplemental lighting with different light emitting diodes improves greenhouse lettuce quality. *Horticulturae*, 8(5), 435. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8050435>
- Jin, D., Su, X., Li, Y., Shi, M., Yang, B., Wan, W., and Zou, J. (2023). Effect of red and blue light on cucumber seedlings grown in a plant factory. *Horticulturae*, 9(2), 124. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020124>
- Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Hashida, S. N., and Yoshihara, T. (2010). Blue light-emitting diode light irradiation of seedlings improves seedling quality and growth after transplanting in red leaf lettuce. *HortScience*, 45(12), 1809-1814. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.12.1809>
- Kaya, T. (2022). Farklı dalga boylu LED aydınlatma uygulamalarının domates (*Lycopersicon esculentum* L.) fidelerinin gelişimi, kalite özellikleri ve mineral element içeriklerine etkileri. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi. 761650, 107s, Ankara.
- Kıran, S., Kuşvuran, Ş., Özkay, F., Özgün, Ö., Sönmez, K., Özbek, H., ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2015). Bazı patlıcan anaçlarının tuzluluk stresi koşullarındaki gelişmelerinin karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 8(1), 20-30.
- Kreydiyyeh, S. I., and Usta, J. (2002). Diuretic effect and mechanism of action of parsley. *Journal of Ethnopharmacology*, 79(3), 353-357.
- Knyazeva, I. V., Panfilova, O., Vershinina, O., Smirnov, A. A., Dorokhov, A. S., and Kahramanoğlu, I. (2024). The effect of nighttime LED lighting on tomato growth, yield, and nutrient content of fruits. *Horticulturae*, 10(12), 1259. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10121259>
- Kravchenko, O., Pinheiro, M. N. C., Kucheruk, P., and Symochko, L. (2023). Valorization of spent mushroom substrate: Establishing the circular bioeconomy in Ukraine. *Recycling*, 9(3), 44. <https://doi.org/10.3390/recycling9030044>
- Köksal, N., İncesu, M., ve Teke, A. (2013). Aydınlatma sisteminin domates bitkisinin gelişimi üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, (2), 71-75.
- Li, H., Lu, X., Chen, J., and Jiang, R. (2023). Variation in growth, physiological characteristics of tomato seedlings exposed to different LEDs light quality. *Pakistan Journal of Botany*, 55(4), 1347-1352. [http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4\(41\)](http://dx.doi.org/10.30848/PJB2023-4(41))
- Li, Y., Xin, G., Wei, M., Shi, Q., Yang, F., and Wang, X. (2017). Carbohydrate accumulation and sucrose metabolism responses in tomato seedling leaves when subjected to different light qualities. *Scientia Horticulturae*, 225, 490-497. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.07.053>
- Jordan, S. N., Mullen, G. J., and Murphy, M. C. (2008). Composition variability of spent mushroom compost in Ireland. *Bioresource Technology*, 99(2), 411-418.
- Mahmood, S., Hussain, S., and Malik, F. (2014). Critique of medicinal conspicuousness of Parsley (*Petroselinum crispum*): a culinary herb of Mediterranean region. *Pakistan Journal of Pharmaceutical Sciences*, 27(1), 193-202.
- Malekzadeh, M. R., Roosta, H. R., Esmaeilzadeh, M., Dabrowski, P., and Kalaji, H. M. (2024). Improving strawberry plant resilience to salinity and alkalinity through the use of diverse spectra of supplemental lighting. *BMC Plant Biology*, 24(1), 252. <https://link.springer.com/article/10.1186/s12870-024-04984-y>
- Marthe, F. (2020). *Petroselinum crispum* (Mill.) Nyman (Parsley). *Medicinal, Aromatic and Stimulant Plants*, 435-466.
- Martínez-Moreno, A., Frutos-Tortosa, A., Diaz-Mula, H., Mestre, T. C., and Martínez, V. (2024). Effect of the intensity and spectral quality of LED light on growth and quality

of spinach indoors. *Horticulturae*, 10(4), 411.
<https://doi.org/10.3390/horticulturae10040411>

- Matsuda, R., Yamano, T., Murakami, K., and Fujiwara, K. (2016). Effects of spectral distribution and photosynthetic photon flux density for overnight LED light irradiation on tomato seedling growth and leaf injury. *Scientia Horticulturae*, 198, 363-369. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.045>
- Medina, E., Paredes, C., Pérez-Murcia, M. D., Bustamante, M. A., and Moral, R. (2009). Spent mushroom substrates as component of growing media for germination and growth of horticultural plants. *Bioresource Technology*, 100(18), 4227-4232.
- Meng, X., Dai, J., Zhang, Y., Wang, X., Zhu, W., Yuan, X., and Yuan, H. (2018). Composted biogas residue and spent mushroom substrate as a growth medium for tomato and pepper seedlings. *Journal of Environmental Management*, 216, 62-69. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.056>
- Miller, C. F., Wang, Q., Kanissery, R., McAvoy, E. J., Raid, R. N., Snodgrass, C. A., ... and Dittmar, P. J. (2020). 2020-2021 Vegetable Production Handbook: Chapter 10. Minor Vegetable Crop Production: CV294, rev. 8/2020. EDIS.
- Muchena, F. B., Pisa, C., Mutetwa, M., Govera, C., and Ngezimana, W. (2021). Effect of spent button mushroom substrate on yield and quality of baby spinach (*Spinacia oleracea*). *International Journal of Agronomy*, 2021(1), 6671647.
- Okçu, G., Kaya, M. D., and Atak, M. (2005). Effects of salt and drought stresses on germination and seedling growth of pea (*Pisum sativum* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 29(4), 237-242.
- Ouzounis, T., Rosenqvist, E., and Ottosen, C. O. (2015). Spectral effects of artificial light on plant physiology and secondary metabolism: A review. *HortScience*, 50(8), 1128-1135. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.50.8.1128>
- Owen, W. G., and Lopez, R. G. (2015). End-of-production supplemental lighting with red and blue light-emitting diodes (LEDs) influences red pigmentation of four lettuce varieties. *HortScience*, 50(5), 676-684.
- Öztekin, G. B., ve Türe, K. (2019). Tam spektrumlu gün ışığı floresan lamba ile yapay ışıklandırmanın marulda fide kalitesine etkisi. *Journal of Agriculture Faculty of Ege University*, 56(4), 437-445.
- Pavlović, S., Girek, Z., Damnjanović, J., Roljević Nikolić, S., Mickovski Stefanović, V., Đorđević Melnik, O., and Milojević, J. (2024). The influence of different LED light treatments on the growth and salt stress tolerance of cauliflower microgreens in vitro. *Horticulturae*, 10(7), 672. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10070672>
- Pekşen, A., ve Eren, E. (2024). Dünyada ve Türkiye’de Mantar Sektörü ve Sürdürülebilirlik. *Mantar Dergisi*, 15(Özel Sayı), 49-65.
- Pekşen, A., ve Yamaç, M. (2016). Atık mantar kompostu/substratının kullanım alanları-1: Özellikleri ve önemi. *Mantar Dergisi*, 7(1), 49-60.
- Petropoulos, S. A., Daferera, D., Polissiou, M. G., and Passam, H. C. (2009). The effect of salinity on the growth, yield and essential oils of turnip-rooted and leaf parsley cultivated within the Mediterranean region. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 89(9), 1534-1542.
- Phan, C. W., and Sabaratnam, V. (2012). Potential uses of spent mushroom substrate and its associated lignocellulosic enzymes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 96, 863-873.

- Polat, E., Onus, A. N., ve Demir, H. (2004). Atık mantar kompostunun marul yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkisi. *Akdeniz University Journal of the Faculty of Agriculture*, 17(2), 149-154.
- Polat, E., Uzun, H. İ., Topçuoğlu, B., Önal, K., Onus, A. N., and Karaca, M. (2009). Effects of spent mushroom compost on quality and productivity of cucumber (*Cucumis sativus* L.) grown in greenhouses. *African Journal of Biotechnology*, 8(2), 176-180. <https://www.academicjournals.org/AJB>
- Poudel, P., Duenas, A. E., and Di Gioia, F. (2023). Organic waste compost and spent mushroom compost as potential growing media components for the sustainable production of microgreens. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1229157.
- Prasad, R., Lisiecka, J., Antala, M., and Rastogi, A. (2021). Influence of different spent mushroom substrates on yield, morphological and photosynthetic parameters of strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.). *Agronomy*, 11(2086), 1-20. <https://doi.org/10.3390/agronomy11102086>
- Rowell, D. L. (2014). *Soil Science: Methods & applications*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315844855>
- Soltani, S., Arouiee, H., Salehi, R., Nemat, S. H., Moosavi-Nezhad, M., Gruda, N. S., and Aliniaefard, S. (2023). Morphological, phytochemical, and photosynthetic performance of grafted tomato seedlings in response to different LED light qualities under protected cultivation. *Horticulturae*, 9(4), 471. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9040471>
- Sönmez, İ. (2017). Atık mantar kompostunun domates fidelerinin gelişimi ve besin içerikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 30(1), 59-63. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.319219>
- Şahin, A., Boyar, İ., Torun, M., Çağlayan, N., ve Ertekin, C. (2022). Kırmızı kıvrıkcık yaprak salatanın farklı LED ışık kaynaklarındaki gelişim parametrelerinin incelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(1), 9-24.
- Qiao, J., Hu, W., Chen, S., Cui, H., Qi, J., Yu, Y., Liu, S., and Wang, J. (2025). Effect of LED lights on morphological construction and leaf photosynthesis of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*, 11(1), 43.
- Taiz, L., and Zeiger, E. (2008). *Plant Physiology*. 4th ed. Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tang, E. L. H., Rajarajeswaran, J., Fung, S., and Kanthimathi, M. S. (2015). *Petroselinum crispum* has antioxidant properties, protects against DNA damage and inhibits proliferation and migration of cancer cells. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 95(13), 2763-2771 DOI 10.1002/jsfa.7078.
- Taşdelen, S., Tütüncü, A. Ç., ve Özer, H. (2021). Topraksız tarımda kullanılan atıkların marul ve maydanoz fidesi yetiştiriciliğine etkileri. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 36(2), 231-238.
- Taulavuori, K., Hyöky, V., Oksanen, J., Taulavuori, E., and Julkunen-Tiitto, R. (2016). Species-specific differences in synthesis of flavonoids and phenolic acids under increasing periods of enhanced blue light. *Environmental and Experimental Botany*, 121, 145-150.
- Tolunay, D. (2007). Peyzaj uygulamalarında torf kullanımı ve torfların genel özellikleri. bitki üretiminde kullanılan ortam (toprak) materyalleri. *İstanbul Ağaç ve Peyzaj AŞ Yayını*, sf, 103-120.
- TÜİK (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. <http://www.tuik.gov.tr> (Erişim Tarihi: 31.05.2025)

- Uslu, T. (2024). Biberiye (*Rosmarinus officinalis* L.) bitkisi için bazı atıkların yetiştirme ortamı olarak kullanılması ve bitkinin gelişimi üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi). Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Vural, H., Eşiyok, D., ve Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme) E.Ü. Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, E.Ü Basımevi, s: 440, Bornova.
- Wang, S., Meng, X., Tang, Z., Wu, Y., Xiao, X., Zhang, G., Hu, L., Liu, Z., Lyu, J., and Yu, J. (2022). Red and blue LED light supplementation in the morning pre-activates the photosynthetic system of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) leaves and promotes plant growth. *Agronomy*, 12(4), 897. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040897>
- Watjanatepin, N., Chung, H., and Ruangpattanawiwat, C. (2018). Morphological response of tomato seedling under two periods of different red and blue photon flux ratio. *International Journal of Advanced and Applied Sciences*, 5(10), 22-27. <https://doi.org/10.21833/ijaas.2018.10.004>
- Xiaoying, L., Shirong, G., Taotao, C., Zhigang, X., and Tezuka, T. (2012). Regulation of the growth and photosynthesis of cherry tomato seedlings by different light irradiations of light emitting diodes (LED). *African Journal of Biotechnology*, 11(22), 6169-6177. doi: 10.5897/AJB11.1191
- Yıldız, B. (2025). Farklı Dalga Boyları ile Yapılan Ek Aydınlatma Uygulamalarının Domates Fide Kalitesine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı.
- Yılmaz, B., Çilingir Tütüncü, A., Saka, A. K., Demirkaya, S., Yılmaz, H., and Özer, H. (2024). Effects of different nutrient inputs in organic parsley cultivation. *Biological Agriculture & Horticulture*, 40(3), 161-172.
- Yılmaz, C., Sırça, E., Özer, H., ve Pekşen, A. (2018). *Agaricus* ve *Pleurotus* atık mantar kompostlarının domates fide üretiminde yetiştirme ortamı olarak kullanımı. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 5(3), 229-235. <https://doi.org/10.19159/tutad.423773>
- Yılmaz, E., Tuna, A. L., ve Bürün, B. (2011). Bitkilerin tuz stresi etkilerine karşı geliştirdikleri tolerans stratejileri. *Celal Bayar University Journal of Science*, 7(1), 47-66.
- Yılmaz, E. G., Dinç, K., ve Tiryaki, İ. (2023). Bazı yerel fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin çimlenme evresindeki tuz stresine toleranslık seviyelerinin belirlenmesi. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 6(2), 166-183.
- Yörük, E., Duran, H., Özer, H., and Eren, E. (2021). Determination of growth models in organic lettuce cultivation. *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 36, 276-281. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.870778>
- Yousef, A. F., Ali, M. M., Rizwan, H. M., Ahmed, M. A., Ali, W. M., Kalaji, H. M., Elsheery, N., Wróbel, J., Xu, Y., and Chen, F. (2021). Effects of light spectrum on morpho-physiological traits of grafted tomato seedlings. *Plos one*, 16(5), e0250210.
- Zhang, G., Li, Z., Cheng, J., Cai, X., Cheng, F., Yang, Y., and Yan, Z. (2022). Morphological and physiological traits of greenhouse-grown tomato seedlings as influenced by supplemental white plus red versus red plus blue LEDs. *Agronomy*, 12(10), 2450. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102450>
- Zheng, J., Gan, P., Ji, F., He, D., and Yang, P. (2021). Growth and energy use efficiency of grafted tomato transplants as affected by LED light quality and photon flux density. *Agriculture*, 11(9), 816. <https://doi.org/10.3390/agriculture11090816>

Zheng, Y., Zou, J., Lin, S., Jin, C., Shi, M., Yang, B., Yang, Y., Jin, D., Li, R., Li, Y., Wen, X., Yang, S., and Ding, X. (2023). Effects of different light intensity on the growth of tomato seedlings in a plant factory. *PloS one*, 18(11), e0294876. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0294876>



ÖZ GEÇMİŞ

Kübra METE, Samsun Bafra Kızılırmak Anadolu Lisesi'ni bitirdikten sonra Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Biyoteknoloji bölümünden 22.06.2020 tarihinde mezun oldu. 2021 yılında OMÜ Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı Yüksek Lisans programına girdi.

İletişim Bilgileri

ORCID ID: 0009-0004-6071-8951

Yayınlar:

1. Mete, K., Çilingir Tütüncü, A., Ay, A., Özer, H. (2023). The effects of organic fertilization on the quality of eggplant seedlings. *Black Sea Journal of Agriculture*, 6(6), 706-709. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1339405>