

ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

SÜRDÜRÜLEBİLİR AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus*) TARIMINDA DENİZ
YOSUNU VE HÜMİK ASİTİN VERİM ÜZERİNE ETKİSİNİN
BELİRLENMESİ

Ezgi OĞUZ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

ANKARA
2026

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SÜRDÜRÜLEBİLİR AYÇİÇEĞİ (*Helianthus annuus*) TARIMINDA DENİZ YOSUNU VE HÜMİK ASİTİN VERİM ÜZERİNE ETKİSİNİN BELİRLENMESİ

Ezgi OĞUZ

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

Bu çalışma, sürdürülebilir ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) üretiminde deniz yosunu ve hümit asit uygulamalarının bitki gelişimi ve verim unsurları üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışmada, kimyasal gübre kullanımının azaltılarak biyolojik ve organik temelli girdilerin etkinliğini ortaya koymak hedeflenmiştir. Araştırmada, farklı uygulamalar (T0: kontrol, T0+: kimyasal kontrol, T1: deniz yosunu, T2: hümit asit ve T3: deniz yosunu + hümit asit kombinasyonu) karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlarda, dekar başına en yüksek yağ ve tane verimi istikrarlı bir şekilde T0+ uygulamasında ölçülmüştür. T3 uygulaması, iki yıl boyunca yüksek bin tane ağırlığı ve düşük kabuk oranı değerlerini sağlayarak, üstün tane kalitesi sergilemiştir. Yağ verimi de T0+'a oldukça yakın ve rekabet edebilir düzeydedir. Dolayısıyla, daha dolgun, kaliteli ve pazar değeri yüksek ürün eldesi için T3 uygulaması optimal uygulama olarak belirlenmiştir. T1 ve T2 uygulamaları, T0 kontrol grubuna kıyasla tüm parametrelerde önemli iyileşmeler sergilemiştir. Ancak, T0+ ve T3'ün performansının gerisinde kalmışlardır. T0 (kontrol) grubu ise diğer tüm uygulamaların etkinliğini kanıtlayan bir temel oluşturmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında incelenen uygulamalardan T0+ en yüksek verim potansiyeli nedeniyle, T3 ise üstün kalite parametreleri ve T0+'a yakın verimiyle öne çıkmıştır. Bulgular, organik ve biyolojik kökenli uygulamaların sürdürülebilir tarım sistemlerinde kimyasal gübrelerin yerine alternatif olarak kullanılabileceğini ortaya koymaktadır. Sonuç olarak, deniz yosunu ve hümit asit uygulamaları, hem verim artışı hem de çevresel sürdürülebilirlik açısından önemli bir potansiyel sunmakta; düşük maliyetli ve çevre dostu alternatif olarak değerlendirilmektedir.

Nisan 2026, 85 sayfa

Anahtar Kelimeler: *Helianthus annuus*, Deniz yosunu, Hümit asit, Sürdürülebilir tarım, Tane verimi, Yağ verimi

ABSTRACT

PhD Thesis

DETERMINATION OF THE EFFECT OF SEAWEED AND HUMIC ACID ON
YIELD IN SUSTAINABLE SUNFLOWER (*Helianthus annuus*) AGRICULTURE

Ezgi OĞUZ

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Field Crops

Supervisor: Prof. Dr. Mustafa YILDIZ

This study was carried out to determine the effects of seaweed and humic acid applications on plant growth and yield components in sustainable sunflower (*Helianthus annuus* L.) production. The study aimed to demonstrate the effectiveness of biological and organic-based inputs by reducing the use of chemical fertilizers. In the research, different treatments (T0: control, T0+: chemical control, T1: seaweed, T2: humic acid and T3: seaweed + humic acid combination) were compared. The results showed that the highest oil and grain yield per decare were consistently measured in the T0+ treatment. The T3 treatment exhibited superior grain quality, providing the highest thousand-seed weight and lowest hull ratio values over two years. Therefore, T3 treatment was determined to be the optimal treatment for producing a product with higher yield volume, higher quality, and higher market value. T1 and T2 treatments showed significant improvements in all parameters compared to the T0 control group. However, they lagged behind the performance of T0+ and T3. The T0 (control) group provided a basis for proving the effectiveness of all other treatments. Consequently, of the treatments examined in this study, T0+ stood out due to its highest yield potential, while T3 stood out with its superior quality parameters and yields close to those of T0+. The results suggest that these practices can be used as alternatives to chemical fertilizers in sustainable agricultural systems. Consequently, seaweed and humic acid applications offer significant potential for both increased yields and environmental sustainability, and are considered low-cost and environmentally friendly alternatives.

April 2026, 85 pages

Keywords: *Helianthus annuus*, Seaweed, Humic acid, Sustainable agriculture, Grain yield, Oil yield

TEŞEKKÜR

Doktora eğitimi süresince desteklerini eksik etmeyen danışman hocam sayın Prof. Dr. Mustafa YILDIZ'a teşekkür ederim. Doktora tezimin tamamlanması sürecinde Tez izleme komitesi üyesi sayın Prof. Dr. Sibel DAY ve sayın Prof. Dr. Songül GÜREL hocalarıma bilimsel katkı ve yardımlarından dolayı teşekkürlerimi sunarım.

Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümüne ve tüm Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü çalışanlarına teşekkürlerimi sunarım. Yardımlarını esirgemeyen Sayın Zir. Yük. Müh. Burak ÖNOL'a teşekkür ederim.

Tüm bu süreci birlikte yaşadığım sevgili eşim Dr. Muhammet Çağrı OĞUZ'a; mutluluğuyla günlerimizi güzelleştiren kızım Cemre ve desteğini hiçbir zaman eksik etmeyen kardeşlerim Muhammet Ali, Gülbahar ve Demet ile canım annem ve babama en içten duygularıyla teşekkür ederim.

Ezgi OĞUZ
Ankara, Nisan 2026

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
1.1 Tezin Önemi.....	3
2. GENEL BİLGİLER	5
2.1 Dünya Ayçiçeği Üretiminde 2023-2024 Döneminde Türkiye ve Diğer Ülkelerin Durumu	8
2.1. Türkiye Ayçiçeği Üretim Değerleri (2019–2024).....	10
2.2 Türkiye Ayçiçeği Üretim ve Tüketim Dengesi	11
2.3 Literatür Özeti.....	13
3. MATERYAL VE YÖNTEM	17
3.1 M95K11 Ayçiçeği Çeşidinin Özellikleri	17
3.2 M94S35 Ayçiçeği Çeşidinin Özellikleri	17
3.3 Hümik Asit ve Deniz Yosunu Gübrelerinin Özellikleri.....	17
3.4 Tarla Denemesi.....	18
3.4.1 Tarla toprağının içeriğinin belirlenmesi.....	19
3.4.2 Tarla denemesi hazırlanışı	20
3.4.3 Bitki boyu (cm).....	23
3.4.4 Klorofil (SPAD) ölçümleri	23
3.4.5 Yaprak su potansiyeli (%)	23
3.4.6 Fizyolojik olum gün sayısı.....	24
3.4.7 Çiçeklenme gün sayısı.....	24
3.4.8 Tabla çapı	24
3.4.9 Hasat nemi	24
3.4.10 Bin tane ağırlığı.....	24
3.4.11 Dekara tane verimi	25
3.4.12 Kabuk oranı	25
3.4.13 Yağ oranı	25
3.4.14 Yağ verimi	25
3.4.15 Verilerin değerlendirilmesi	25
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1 M95K11 Çeşidi 2023 Yılı Sonuçları	27
4.1.1 Bitki boyu	27
4.1.2 Klorofil (SPAD) içeriği	29
4.1.3 Yaprak su içeriği.....	30
4.1.4 M95K11 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları	31
4.1.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler	33
4.1.6 Verim parametreleri.....	34
4.2 M95K11 Çeşidi 2024 Yılı Sonuçları	36
4.2.1 Bitki boyu	36

4.2.2 Klorofil İçeriği.....	37
4.2.3 Yaprak su içeriği.....	39
4.2.4 M95K11 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları	40
4.2.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler	41
4.2.6 Verim parametreleri.....	43
4.3 M95K11 Çeşidi 2023 ve 2024 Yılı Sonuçlarının Değerlendirilmesi.....	45
4.3.1 Vejetatif gelişim	45
4.3.2 Fizyolojik ve morfolojik verilerin değerlendirilmesi.....	46
4.3.3 Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi	48
4.4 M94S35 Çeşidi 2023 Yılı Sonuçları	50
4.4.1 Bitki boyu	50
4.4.2 Klorofil içeriği	51
4.4.3 Yaprak su içeriği.....	52
4.4.4 M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları.....	54
4.4.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler	55
4.4.6 Verim parametreleri.....	56
4.5 M94S35 Çeşidi 2024 Yılı Sonuçları	57
4.5.1 Bitki boyu	57
4.5.2 Klorofil içeriği	59
4.5.3 Yaprak su içeriği (%)	60
4.5.4 M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları	61
4.5.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler	62
4.5.6 Verim parametreleri.....	64
4.6 M94S35 Çeşidi 2023 ve 2024 Sonuçlarının Yorumlanması.....	65
4.6.1 Vejetatif gelişim	66
4.6.2 Fizyolojik ve morfolojik verilerin değerlendirilmesi.....	67
4.6.3 Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi	68
4.7 Tartışma ve Sonuç.....	70
4.7.1 Ekonomik açıdan değerlendirilmesi	75
5. SONUÇ	76
KAYNAKLAR	77

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
pH	Hidrojen iyonu konsantrasyonu ölçüsü
g	Gram
mg	Miligram
L	Litre
cm	Santimetre
mm	Milimetre
kg	Kilogram
ha	Hektar
m ²	Metrekare
N	Azot
P	Fosfor
K	Potasyum

Kısaltmalar

YA	Yaş ağırlık
KA	Kuru ağırlık
SPAD	Klorofil ölçüm birimi
ANOVA	Varyans analizi (Analysis of variance)
T0	Negatif kontrol
T0+	Pozitif kontrol (kimyasal gübre uygulaması)
T1	Deniz yosunu sıvı gübre uygulaması
T2	Hümkik & fulvik asit sıvı gübre uygulaması
T3	Deniz yosunu ve hümkik asit uygulaması
DY	Deniz yosunu
HA	Hümkik & fulvik asit
D1	İlk çapa dönemi
D2	Tomurcuklanma dönemi
D3	Çiçeklenme dönemi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 2.1 Dünya ayçiçeği üretim değerleri haritası	9
Şekil 3.1 2023-2024 ve 2024-2025 yılları arasında deneme alanına ait iklim verileri ...	19
Şekil 3.2 Bitki gelişimi dönemlerine göre ayçiçeği bitkisine ait tarla görüntüsü	22
Şekil 3.3 Kuş zararını engellemek amacıyla tablaların kapatılması	22

.

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1 2023–2024 döneminde ayçiçeği üretiminde en büyük 5 ülke ve Türkiye	8
Çizelge 2.2 Türkiye'de yıllar itibarıyla ayçiçeği üretim, ekim alanı ve verimi.....	10
Çizelge 2.3 Türkiye ayçiçeği üretim ve kullanım dengesi 2023-2024	12
Çizelge 3.1 Deneme alanı toprağının fiziko-kimyasal analiz sonuçları.....	20
Çizelge 4.1 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı bitki boyu verileri.....	28
Çizelge 4.2 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı klorofil değerleri	29
Çizelge 4.3 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı yaprak su içeriği değerleri.....	30
Çizelge 4.4 M95K11 çeşidi 2023 yılı tüm ölçüm dönemlerinde uygulamaların bitki boyu, klorofil ve yaprak su içeriği değerleri genel ortalama değerleri	32
Çizelge 4.5 M95K11 çeşidi 2023 yılı fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri	33
Çizelge 4.6 M95K11 çeşidi 2023 yılı verim parametreleri değerleri.....	34
Çizelge 4.7 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı bitki boyu değerleri	37
Çizelge 4.8 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı klorofil içeriği değerleri.....	38
Çizelge 4.9 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı yaprak su içeriği değerleri.....	39
Çizelge 4.10 M95K11 çeşidi 2024 yılı tüm ölçüm dönemlerinde uygulamaların bitki boyu, klorofil ve yaprak su içeriği değerleri genel ortalama değerleri.....	40
Çizelge 4.11 M95K11 çeşidi 2024 yılı fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri	42
Çizelge 4.12 M95K11 çeşidi 2024 yılı verim parametreleri değerleri.....	43
Çizelge 4.13 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu değerleri.....	50
Çizelge 4.14 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı klorofil içeriği değerleri.....	52
Çizelge 4.15 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı yaprak su içeriği değerleri.....	53
Çizelge 4.16 M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları	54
Çizelge 4.17 M94S35 çeşidi 2023 yılı fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri	55
Çizelge 4.18 M94S35 çeşidi 2023 yılı verim parametreleri değerleri	56
Çizelge 4.19 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu değerleri ...	58

Çizelge 4.20 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı klorofil içeriği değerleri.....	59
Çizelge 4.21 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı yaprak su içeriği değerleri.....	60
Çizelge 4.22 M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları	61
Çizelge 4.23 M94S35 çeşidi 2024 fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri	62
Çizelge 4.24 M94S35 çeşidi 2024 yılı verim parametreleri değerleri	64

1. GİRİŞ

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), hem yağlık hem de yemlik kullanım açısından yüksek potansiyele sahip stratejik bir tarım ürünüdür. Bitki tohumlarından elde edilen yağ insan beslenmesinde sağlıklı bir besin kaynağı olarak değerlendirilmektedir. Bunun yanı sıra, ayçiçeği küspesi içerdiği yüksek protein oranıyla hayvan beslenmesinde değerli bir yem kaynağıdır. Gıda endüstrisinde margarin, unlu mamuller ve atıştırılmalık ürünlerde; ayrıca kozmetik sektöründe kullanımı yaygındır. Bu çok yönlü kullanım alanları, ayçiçeğini besin kaynağı ve ekonomik olarak önemli kılmaktadır.

Yağ bitkileri arasında küresel ölçekte stratejik bir öneme sahip olan ayçiçeği dünya genelinde büyük talep görmektedir. Dünya genelinde 2022 yılında ayçiçeği üretimi yaklaşık 56 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Anonymous, 2022). Üretimde en büyük pay Ukrayna, Rusya, Avrupa Birliği ülkeleri ile Arjantin'e aittir. Yıllık ortalama 2 milyon ton ayçiçeği üretimiyle Türkiye dünya genelinde ilk 10 üretici ülke arasındadır. Ancak ülkemizde bitkisel yağ tüketimi üretimi aşmakta; bu durum ithalata bağımlılığı artırmakta ve ayçiçeğinin tarımdaki stratejik önemini yükseltmektedir.

Modern tarımda verim artışı genellikle kimyasal gübrelerle sağlanmaktadır. Bununla birlikte, aşırı ve düzensiz gübre kullanımı toprak verimliliğinde azalma, organik madde kaybı, tuzluluk sorunları, yer altı sularında nitrat kirliliği ve ekosistem üzerinde olumsuz etkiler gibi ciddi problemlere yol açmaktadır. Ayrıca gübre fiyatlarının artması ve fosfor gibi bazı besin elementlerinin sınırlı kaynaklara sahip olması, sürdürülebilir tarım için alternatif besin kaynaklarına yönelimi artırmıştır. Bu bağlamda, biyolojik kökenli, çevre dostu ve yenilenebilir kaynaklara dayalı uygulamalar ekonomik, çevre ve insan sağlığı bakımından önem taşımaktadır.

Son dönemde deniz yosunu özleri ve hümit maddeler gibi biyolojik kaynaklı ürünlerin tarımsal üretimde kullanımı artmıştır. Deniz yosunları arasında özellikle kahverengi (*Phaeophyceae*) türlerden elde edilen ekstraktlar dikkat çekmektedir. *Ascophyllum nodosum*, *Sargassum* spp., *Laminaria* spp. ve *Ecklonia maxima* gibi türlerden hazırlanan deniz yosunu ekstraktları, bitki gelişimini düzenleyici özellikler taşımakta;

kök gelişimini desteklemekte, stres toleransını artırmakta ve ürünün verim ile kalitesini iyileştirmektedir (Jassim vd. 2023; Razzaghi 2024). İçerdikleri bileşikler (oksinler, sitokininler, gibberellinler), amino asitler, vitaminler, polisakkaritler ve mikro besin elementleri sayesinde hem toprak sağlığına hem de bitki metabolizmasına olumlu katkılar sağlamaktadır (Suganthi vd. 2014; Battacharyya vd. 2015; El Boukhari vd. 2020; Hussein vd. 2021; Jassim vd. 2023).

Benzer olarak, hümik ve fülvik asitler de tarımsal üretimde toprak sağlığını destekleyen doğal bileşikler arasında yer almaktadır. Hümik asitler, organik maddenin mikrobiyal ve kimyasal süreçlerle parçalanması sonucu oluşan yüksek molekül ağırlıklı organik bileşiklerdir (Bezuglova ve Klimenko, 2022). Toprağın yapısal değişimi kaynaklı besin elementlerinin bitkiler tarafından etkin kullanılmasına katkı sağlamaktadır. Buna ek olarak toprağın su tutma kapasitesinin artmasına yardımcı olur. Fülvik asitler ise daha düşük molekül ağırlığına sahip ve suda çözünebilen fraksiyonlar olup; bitki hücre zarından kolaylıkla geçebilir, besin elementlerini şelatlayarak taşıyabilir ve özellikle stres koşullarında bitki metabolizmasını düzenlemeye katkıda bulunur. Bu özellikleri sayesinde hümik ve fülvik asitler bitki büyümesi, verim ve kalite üzerinde doğrudan ve dolaylı faydalar sağlamaktadır (AL-Abody vd. 2021; Ampong vd. 2022).

Bu bağlamda, sürdürülebilir tarım hedefleri doğrultusunda deniz yosunu özleri ile hümik & fülvik asitlerin kullanımı, kimyasal gübre kullanımını azaltmaya, bitki beslenmesini optimize etmeye ve stres koşullarında ürün kalitesini korumaya yönelik etkili stratejiler arasında yer almaktadır. Ayçiçeği gibi stratejik bir yağ bitkisinde bu biyo-bazlı uygulamaların incelenmesi; üretim maliyetlerini azaltma ve çevre dostu tarım yöntemlerinin yaygınlaşmasına katkı sağlayacaktır.

Bu çalışmada, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L) tarımında hümik asit ve deniz yosunu özütü içeren ticari biyo-gübrelerin morfolojik, fizyolojik ve verim parametreleri üzerindeki etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Çalışmada organik kökenli uygulamaların bitki gelişimi, tohum verimi, yağ oranı gibi temel özelliklere katkıları incelenerek, kimyasal girdilerin azaltılmasına yönelik alternatif ve sürdürülebilir potansiyeli ortaya konulması amaçlanmıştır. Ayrıca ayçiçeği üretiminde organik ve

biyolojik temelli girdilerin yaygınlaştırılmasına bilimsel bir zemin hazırlanması hedeflenmektedir.

1.1 Tezin Önemi

Tarımsal üretimde kimyasal gübrelerin uzun yıllardır yoğun kullanımı, kısa sürede verim artışı sağlamasına karşın, uzun vadede toprak verimliliğinin düşmesine, biyolojik çeşitliliğin azalmasına ve çevresel kirliliğin artmasına yol açmaktadır. Ayrıca son yıllarda küresel ölçekte gübre fiyatlarında yaşanan dalgalanmalar, enerji maliyetlerindeki artış ve iş gücü giderleri, çiftçiler için üretim maliyetlerini önemli ölçüde yükseltmiştir. Bu durum, özellikle küçük ölçekli tarım işletmelerini daha kırılgan hale getirmekte ve üretim sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

Bu bağlamda, hümik asit ve deniz yosunu özleri gibi biyo-bazlı gübrelerin kullanımı, kimyasal gübrelemeye alternatif çevre dostu uygulamalar olarak öne çıkmaktadır. Hümik asitler, toprak yapısını iyileştirme, besin elementlerinin bitkiler tarafından daha etkin kullanılabilmesini sağlama ve su tutma kapasitesini artırma özellikleriyle verimliliği desteklerken; deniz yosunu özleri biyo-düzenleyici özellikleri sayesinde bitki büyümesini teşvik etmekte, stres koşullarına (tuzluluk, kuraklık vb.) dayanıklılığı artırmakta ve toprak organik maddesini zenginleştirmektedir. Bu iki organik temelli tarımsal girdi, birlikte değerlendirildiğinde hem üretim verimliliğini artıran hem de toprak sağlığını koruyan yenilikçi bir yaklaşım sunmaktadır.

Ekonomik açıdan, organik ve biyobazlı gübrelerin kullanımı kimyasal gübre maliyetlerini azaltma potansiyeline sahiptir. Güncel çalışmalarda, biyogübre uygulamaları ile önerilen azot ve fosfor gübre dozlarının yaklaşık %25 oranında azaltılabildiği ve verimde önemli bir düşüş meydana gelmediği bildirilmektedir (Khadka vd. 2022; Zhang vd. 2025). Biyogübre uygulamalarının net gelir ve fayda/maliyet oranını artırma potansiyeli de yüksektir. Bu sayede, biyogübrelerin kullanımı kimyasal girdilere olan bağımlılığı azaltarak üretim maliyetlerini düşürmekte ve daha ekonomik üretim sistemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamada büyük önem taşır. Ayrıca, farklı ürün gruplarında yapılan analizler, biyogübre uygulamalarının

verimi artırabildiğini ve dolayısıyla üretici gelirine olumlu katkı sağladığını göstermektedir. Bu durum, özellikle artan girdi fiyatları karşısında küçük ölçekli işletmeler için önemli bir avantaj sunmaktadır.

Bu çalışma, yalnızca ekonomik ve çevresel faydalarıyla değil, aynı zamanda ulusal tarım politikaları ve kırsal kalkınma hedefleri ile olan uyumu sayesinde de önem taşımaktadır. Türkiye'nin tarım politikaları, son yıllarda sürdürülebilir üretim, doğal kaynakların korunması ve küçük ölçekli tarım işletmelerinin desteklenmesi üzerine yoğunlaşmıştır. Hümik asit ve deniz yosunu gibi biyolojik girdilerin tarımda kullanımının teşvik edilmesi, hem iklim değişikliğine uyum politikalarıyla hem de kırsal kalkınma stratejileriyle doğrudan örtüşmektedir. Böylelikle bu çalışma, yalnızca bilimsel bilgiye katkı sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda uygulamaya dönük öneriler geliştirilmesine de zemin hazırlayacaktır.

Sonuç olarak, bu araştırma; çevresel sürdürülebilirliği güçlendiren, ekonomik açıdan uygulanabilirliği yüksek ve küçük tarım işletmelerinin ihtiyaçlarına uygun bir üretim modeli ortaya koymaktadır. Bu yönüyle hem sürdürülebilir üretim sistemlerinin hedeflerine katkı sunacak hem de ulusal gıda güvenliği hedeflerinin desteklenmesine aracılık edecektir.

2. GENEL BİLGİLER

Ürün verimini artırmak için gerçekleştirilen müdahaleler gün geçtikçe yoğunlaşmıştır. Kimyasal girdilerin yoğun ve bilinçsiz kullanımıyla birlikte su, toprak ve insan sağlığı direk veya dolaylı olarak tehlike altındadır. Son yıllarda kimyasal müdahalelerin en aza indirildiği ve çevre, sağlık, gıda güvenliği, tarımsal üretim gibi konularda sürdürülebilir yöntemlere olan ilgi giderek artmaktadır. Bu kapsamda organik kökenli bitki besin elementleri ve biyo-düzenleyiciler tarımsal üretimde sürdürülebilirliğin artırılmasında önemli alternatiflerdir (Yildiz vd. 2025).

Yeşil devrim olarak adlandırılan tarımsal üretim sisteminde artan kimyasal müdahaleler sonucu verimde sağlanan artış modern tarımın en büyük kazancı olmasına karşın olumsuz etkileri bu yüzyılda daha iyi anlaşılmaktadır. Uzun yıllar boyunca kimyasal gübrelerin aşırı ve sürekli kullanımı toprak ve su kaynaklarına zarar vermekle birlikte toprak canlılığını bozmaktadır. Diğer taraftan kimyasal gübrelerin toprakta çözünmesi ve bitkiler tarafından kullanılabilmesi için gerekli olan toprak organik madde içeriği gün geçtikçe azalmaktadır (Naeem vd. 2022). Tarımsal üretim gerçekleştirilen toprakların çoğunda besin eksikliğinden ziyade organik madde eksikliği daha büyük sorundur. Organik madde eksikliği, toprağın su tutma kapasitesi, canlılığı, üretkenliği gibi önemli konularla yakından ilişkilidir.

Çevresel stres koşullarının neden olduğu tane ve yağ verimindeki azalmalar, ayçiçeği üretiminde önemli kayıplara yol açmaktadır. Bu üretim açığını giderebilmek için, yağlı tohumlu bitkilerin mevcut ekim alanlarında uygun ve dengeli gübreleme uygulamalarıyla verimlerinin artırılması büyük önem arz etmektedir (Yağmur vd. 2021). Biyolojik temelli gübreler toprağın yapısal gelişimini ve mikrobiyal canlılığını artırarak hem bitkisel üretim hem de sürdürülebilir tarım için önemli katkı sağlar (Carvalho vd. 2018). Ayçiçeği yetiştiriciliğinde, bitkilerin fizyolojik gelişimini desteklemek, generatif dönemde güçlü tabla ve çiçek oluşumuyla birlikte tane doldurma gücünü artıran uygulamalar oldukça önemlidir. Bu kapsamda çevreyle dost ve sürdürülebilir yaklaşımlara uygun olarak bitkisel, hayvansal ve mikroorganizma kaynaklı ürünlerin bitki büyüme düzenleyici ve gübre olarak kullanılması verim

kayıplarını iyileştirmede önemli rol oynamaktadır (Mirparsa vd. 2016; Khodaei-Joghan vd. 2018; Liu vd. 2024). Organik materyallerin yanı sıra, organik madde kaynaklı hümik asitin bitki biyo-kütlesi ve gelişimi üzerinde önemli olumlu etki gösterdiği bildirilmiştir (AL-Taey vd. 2019; Wang vd. 2024). Organik kaynaklı hümik asitin ayçiçeğinde kök gelişimi üzerinde önemli etki gösterdiği belirtilmiştir (AL-Abody vd. 2021; Sahan ve Al-Mugher 2025).

Ayçiçeği tarımı yapılan bazı tarlalar bitkinin gelişimi ve verimi için yeterli besin maddesi içermez. Bu dezavantajı hafifletmek için inorganik gübrelerin sürekli kullanımı toprak pH'ında dengesizliğe neden olabilmektedir (Sefaoğlu, 2021). Organik temelli gübrelerin toprak pH sını düzenlediği ve gelişimi olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Ampong vd. 2022).

Ayçiçeğinin aşırı azotlu gübrenmesi yalnızca çevresel riske yol açmakla kalmaz, aynı zamanda tane kalitesini de etkileyerek yağ içeriğini azaltabilir veya bitkinin daha uzun vejetatif evrede kalmasına neden olarak generatif evreye geçişi uzatabilir. Bu durum ürün veriminde düşüşe neden olabilmektedir (Scheiner, et al. 2002). Organik temelli gübreler ve düzenleyiciler bitkinin büyüme ve gelişim aşamalarının düzenli ve doğal seyretmesine önemli katkıda bulunmaktadır (Du Jardin 2015).

Üreticilerin organik kaynaklı gübreleri tercih etmelerinin bir diğer önemli nedeni de toprakların fiziksel ve kimyasal yapısını iyileştirmektir. Özellikle tarıma elverişi düşük topraklarda organik kaynaklı gübreler toprağın sürdürülebilirliğini garanti altına almak için önemlidir. Tarımsal üretimde karşılaşılan organik madde yetersizliğinin giderilmesinde, toprağa ya da doğrudan bitkiye organik bileşiklerin uygulanması en ekonomik ve pratik yaklaşımlardan birisi olarak ifade edilmiştir. Çeşitli organik kaynaklardan elde edilen hümik & fülvik asitlerin kullanılmasıyla toprağın organik madde içeriğinin önemli derecede artırıldığı bildirilmiştir (Yağmur vd. 2021).

Toprak özellikleri, yeraltı suyu, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerine ek olarak ticari gübrelerin yüksek fiyatları; organik kaynaklı gübre kullanımına yönelmede etkili olmuştur. Bitki ve üretim artıklarından üretilen organik kaynaklı gübreler

küçük çiftlik işletmeleri için ucuz ve sürdürülebilir gübre kaynağı olarak önem taşır. Çevresel önemlerine ek olarak organik kaynaklı gübreler bitkilerin olumsuz çevre koşullarına karşı direncini artırmada etkilidir (AL-Taey vd. 2019).

Dünyada ve Türkiye’de sürdürülebilir kaynakların gübre ve büyüme düzenleyici olarak kullanımı gün geçtikçe artmaktadır. Bu kapsamda deniz yosunu türlerinden elde edilen ve üretilen ticari organik kaynaklı gübrelere olan ilgi artmaktadır (Engin vd. 2019). Deniz yosunlarından elde edilen gübreler bitkilerin toprakki besin eleminti ve mevcut sudan en üst seviyede faydalanabilmesine katkı sağlar (Hussain vd. 2021). Bu özelliklerine ek olarak biyodüzenleyici etki göstererek hormonal etkileşimlerde rol alırlar. Fizyolojik büyüme parametrelerinde, fotosentez verimliliğini ve fotosentetik pigmentlerin artırımında, verimde toplam protein, betain, amino asit, fenolik bileşikler ve karbonhidrat miktarını artırma, stoma açıklığını etkileyerek transpirasyon azaltma, kök gelişimini düzenleme ile biyotik ve abiyotik streslere karşı dayanıklılık sağladığı bildirilmiştir (Cataldo vd., 2022; Sîrbu vd. 2022; Luna vd. 2024).

Deniz yosunu özleri, son yıllarda tarımda ürün verimliliğini artırmak için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitki büyümesi ve gelişiminde yer alan farklı fizyolojik süreçlerin uyarılması ve son ürün kalitesinin iyileştirilmesi yoluyla önemli etki göstermektedir (El Boukhari et al. 2020). Deniz yosunu özlerinin polisakkaritler, mineraller, vitaminler, yağlar, yağlar, asitler, antioksidanlar, pigmentler, hormonlar gibi karmaşık biyokimyasal bileşime sahiptir (Michalak et al. 2014). Bu nedenle etki mekanizmalarını anlamak oldukça karmaşıktır ve aynı özüt içindeki önemli sayıda biyo-aktif bileşik arasındaki çoklu etkileşim nedeniyle genellikle çok disiplinli bir yaklaşım gerektirir. Deniz yosunu toprağa veya bitkilere yaprak spreyi olarak uygulanabilir. Toprak tutma ve iyileştirme üzerinde olumlu etki gösterirler ve toprak mikroflorası, besin kaynağı olabilirler ve hormonal etkiler gösterebilirler (Du Jardin 2015).

Toprak yapısının iyileştirilmesi için kullanılan bir diğer önemli organik temelli gübre hümik ve fülvik asit içeren ürünlerdir. Hümik ve fülvik asit temelli ürünlerin toprak organik madde içeriğini artırdığı, toprağın su tutma kapasitesi iyileştirdiği, topraktaki yararlı mikroorganizmaların artışına neden olduğu bilinmektedir (Orlov 2020; Hayes ve

Swift 2020). Topraktaki mevcut besin elementlerinin bitkiler tarafından kullanılabilir hale gelmesine katkı sağlamaktadır. Bitkinin kök gelişimini iyileştirerek su ve besin maddelerinden en iyi düzeyde faydalanmaları sağlamaktadır. Nihai olarak bitkilerde verim artışına ve ürün kalitesinin iyileşmesine katkı sağladığı bildirilmiştir (Sefaoğlu 2021; Wu vd. 2023) .

Deniz yosunu özleri ve hümk maddeler antioksidanlar, büyüme hormonlarına ve önemli sekonder metabolitler içermektedir. Sürdürülebilir üretim sistemlerinin ihtiyaç duyduğu organik maddenin toprağa kazandırılırken çevreyle etkileşimin yüksek tutulmasında, toprak ve su kaynakların korunmasında büyük önem taşırlar. Bu kapsamda ayçiçeğinin verim ve büyüme parametreleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi, tarımsal üretimin ihtiyaç duyduğu biyolojik temelli gübrelerin etkinliğinin belirlenmesi çalışmalarına katkı sağlamakla birlikte, çiftçiler için önemli verim kayıplarının engellenmesinde alternatif kullanım potansiyeline katkı sağlamaktadır.

2.1 Dünya Ayçiçeği Üretiminde 2023-2024 Döneminde Türkiye ve Diğer Ülkelerin Durumu

Dünya genelinde 2023–2024 döneminde en büyük ayçiçeği üreten ülkelerin başında Rusya, Ukrayna, Arjantin ve Çin yer almaktadır (Şekil 2.1). Avrupa Birliği ülkeleri ise ayçiçeği üretiminde en büyük beşinci olarak önem çıkmaktadır. Türkiye bu grup içerisinde istikrarlı üretim düzeyine sahiptir (Çizelge 2.1). 2023 yılında ayçiçeği üretiminde Rusya 18.6 milyon ton üretimler ilk sırada yer almıştır. Ancak 2024 yılında bu miktar 16.9 milyon tona gerilemiştir. Bu azalmanın, bölgedeki iklimsel değişiklikler, tarımsal koşullar ve üretim stratejilerindeki farklılıklardan kaynaklanabileceği düşünülmektedir (Çizelge 2.1) (Anonim 2025).

Çizelge 2.1 2023–2024 döneminde ayçiçeği üretiminde en büyük 5 ülke ve Türkiye

Ülke	2023 Üretimi (ton)	2024 Üretimi (ton)
Rusya	18.600.000	16.900.000
Ukrayna	14.900.000	12.900.000
Arjantin	3.760.000	4.100.000
Çin	3.000.000	3.100.000
AB Ülkeleri	9.892.000	8.666.000
Türkiye	2.198.000	2.195.000

Ukrayna, ayçiçeği üretiminde dünya çapında ikinci sırada yer almaktadır. 2023'te 14.9 milyon ton üretime karşın 2024 yılı itibarıyla üretim miktarı 12.9 milyon tona düşmüştür. Yaklaşık %13'lük bir azalma görülmüştür ve bu durum bölgedeki jeopolitik sorunlar ve tarımsal üretim koşullarındaki olumsuzluklarla ilişkilendirilmektedir.

Arjantin, 2023'te 3.76 milyon ton üretim ile üçüncü sırada yer almış, 2024 yılında üretimini 4.1 milyon tona yükselmiştir. Bu artış, üretim alanlarındaki genişleme ve verimlilik artışıyla ilişkilendirilmiştir.

Çin, 2023 yılında 3.0 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir. 2024 yılında bu miktar 3.1 milyon ton seviyesine yükselmiştir. Bu durum, Çin'in yağlık tohum üretimindeki istikrarlı büyüme stratejisini işaret etmektedir.

Avrupa Birliği ülkeleri toplamında 2023 yılında 9.892 milyon ton ayçiçeği üretimi gerçekleştirilmiştir. 2024'te bu miktar 8.666 milyon tona düşerek yaklaşık %12'lik bir azalma belirlenmiştir. Bu gerileme, özellikle bazı AB ülkelerindeki iklimsel olumsuzluklar ve tarımsal üretim planlamasıyla ilişkilendirilebilir (Çizelge 2.1) (Anonymous 2025).



Şekil 2.1 Dünya ayçiçeği üretim değerleri haritası

Türkiye, her iki yılda da üretimini büyük ölçüde korumuş olup, 2023'te 2.198 milyon ton, 2024'te 2.195 milyon ton üretim gerçekleştirmiştir. Üretimdeki bu istikrar, Türkiye'nin ayçiçeği üretiminde sürekliliğini koruduğunu göstermektedir. Ancak üretim miktarındaki azalma, verimlilik artışı konusunda yapılacak iyileştirmeler ve sürdürülebilir üretim tekniklerinin önemini ortaya koymaktadır.

Genel olarak değerlendirildiğinde, 2023 - 2024 döneminde dünya ayçiçeği üretiminde hem artış hem de azalma eğilimleri gözlemlenmiştir. Özellikle Rusya ve Ukrayna gibi büyük üretici ülkelerdeki savaşın etkisiyle gerçekleşen düşüşler, dünya çapında ayçiçeği piyasasında arz ve fiyat dengelerini etkilemektedir. Arjantin ve Çin'deki üretim artışları ise alternatif üretim bölgelerinin önemini artırmaktadır. Türkiye'nin istikrarlı üretim düzeyi ise ülke tarım politikaları açısından stratejik öneme sahip olup, üretim sürdürülebilirliği açısından yapılacak yatırımların gerekliliğini ortaya koymaktadır.

Bu bağlamda, ayçiçeği üretiminde verimlilik artışını sağlamak ve dışa bağımlılığı azaltmak için tarımsal üretimde modern tekniklerin uygulanması, biyolojik ve organik temelli gübreleme yöntemlerinin geliştirilmesi önemlidir.

2.1. Türkiye Ayçiçeği Üretim Değerleri (2019–2024)

Türkiye'de ayçiçeği üretimi, ekilen alan ve verim değerleri arasında yıllara göre belirgin değişimler olduğu gözlenmektedir (Çizelge 2.2). 2019–2024 dönemi verilerine göre, ekilen alan ve üretim miktarındaki dalgalanmalar, verim üzerinde doğrudan etkili olmuştur (Anonim 2025).

Çizelge 2.2 Türkiye'de ayçiçeği üretim, ekim alanı ve veriminin yıllara göre dağılımı

Yıl	2019	2020	2021	2022	2023	2024
Üretim (milyon ton)	2.10	2.06	2.41	2.55	2.19	2.19
Ekilen alan (ha)	752.631	728.852	901.153	980.974	952.605	980.000
Verim (ton/ha)	2.79	2.84	2.68	2.60	2.31	2.60

2019 yılında Türkiye’de ayçiçeği üretimi yaklaşık 2.1 milyon ton seviyesinde gerçekleşmiş ve ekilen alan 752.631 ha olarak kaydedilmiştir. Bu yıl için hektar başına verim 2.79 ton/ha olarak ölçülmüştür. 2020 yılında ekilen alanın 728.852 ha’a gerilemesine rağmen üretim miktarında küçük bir azalma yaşanmış (2.067 milyon ton), verim ise hafif artarak 2.84 ton/ha’a ulaşmıştır. Bu durum, ekilen alan azalmasına rağmen tarımsal verimlilikte artış olduğunu göstermektedir (Çizelge 2.2).

2021 yılında ekim alanı önemli ölçüde artarak 901.153 ha’a, üretim ise 2.415 milyon tona ulaşmış; ancak verim 2.68 ton/ha seviyesine gerilemiştir. Bu durum, üretim artışının büyük ölçüde ekim alanındaki genişlemeden kaynaklandığını göstermektedir (Çizelge 2.2). 2022 yılında benzer eğilim devam etmiş, ekim alanı 980.974 ha’a, üretim 2.55 milyon tona yükselirken verim 2.60 ton/ha’a düşmüştür. 2023 yılında ise hem ekim alanı (952.605 ha) hem de üretim (2.198 milyon ton) azalmış, verim 2.31 ton/ha ile en düşük seviyeye gerilemiştir. 2024 yılında ekim alanı yeniden artarak 980.000 ha’a ulaşmış, üretim 2.195 milyon ton seviyesinde kalırken verim 2.60 ton/ha’a yükselmiştir. Genel olarak değerlendirildiğinde, üretimdeki değişimlerin büyük ölçüde ekim alanına bağlı olduğu, verimde ise yıllara bağlı dalgalanmaların görüldüğü anlaşılmaktadır. Özellikle son altı yılda Türkiye’de ayçiçeği üretiminde dalgalanmalar görülmektedir. Ayçiçeği ekili alan değeriyle üretim değeri arasındaki ilişki önemlidir. Hektar başına verim düşüş eğilimi göstermektedir. Bu durum, tarımsal üretimde alan genişlemesinin tek başına verim artışı sağlamadığını, verim artışı için yenilikçi tarım tekniklerinin önemini vurgulamaktadır. 2023 yılı verilerinde gözlenen verim düşüşü, tarımsal üretimde karşılaşılan iklimsel, ekonomik ve teknik zorlukların somut bir göstergesidir (Çizelge 2.2).

2.2 Türkiye Ayçiçeği Üretim ve Tüketim Dengesi

Türkiye’nin ayçiçeği üretim ve kullanım dengesi incelendiğinde, ithalatın arzda kritik bir rol oynadığı görülmektedir (Çizelge 2.3) (Anonim 2025). Üretim miktarının artırılması ve kayıpların minimize edilmesi, yeterlilik derecesinin yükseltilmesi açısından önem arz etmektedir. Ayrıca, ihracatın yüksek olması nedeniyle arzın önemli bir kısmı yurt dışına yönlendirilmekte, bu durum iç tüketimi doğrudan

etkileyebilmektedir. Bu bağlamda, üretim stratejilerinin ve tarımsal politikaların geliştirilmesi, tarımsal üretimdeki sürdürülebilirliğin sağlanması için büyük öncelik taşımaktadır.

Türkiye’de ayçiçeği üretiminden tüketimine kadar olan temel denge parametreleri Çizelge 2.3’de verilmiştir. Üretim, arz, kullanım, ihracat, ithalat ve stok değişimlerini kapsayan kapsamlı analiz sonuçlarını içermektedir (Anonim 2025).

Çizelge 2.3 Türkiye ayçiçeği üretim ve kullanım dengesi 2023-2024

Ayçiçeği Denge Tablosu	
Üretim (Ton)	2.198.000
Ekilen alan (Hektar)	952.606
Üretim kayıpları (Ton)	17.584
Arz = Kullanım (Ton)	6.773.066
Arz	
Kullanılabilir üretim (Ton)	2.180.416
İthalat (Ton)	4.592.650
AB 27 (Ton)	164.873
Kullanım	
Yurt içi kullanım (Ton)	3.033.395
İnsan tüketimi (Ton)	2.958.438
Tohumluk kullanım (Ton)	14.289
Kayıplar (Ton)	60.668
Kişi başına tüketim (Kg)	34.7
Yeterlilik derecesi (%)	71.9
İhracat	
İhracat (Ton)	3.671.152
AB 27 (Ton)	44.574
Stok değişimi (Ton)	68.519

Kaynak: TÜİK, Bitkisel Ürün Denge Tabloları, 2023-2024. Piyasa yılı: 01 Eylül 2023 - 31 Ağustos 2024. Tablodaki rakamlar yuvarlamadan dolayı toplamı vermeyebilir.

2023-2024 verilerine göre ayçiçeği üretimi 2.198.000 ton olarak gerçekleşmiştir. Üretimin sağlandığı ekili alan 952.606 hektar olup, üretim kayıpları 17.584 ton olarak belirtilmiştir (Çizelge 2.3). Üretim kayıpları, tarımsal süreçte doğal koşullar, hastalıklar, zararlılar ve hasat sonrası lojistik faktörlerden kaynaklandığı belirtilmiştir. Bu kayıp oranı, toplam üretimin yaklaşık %0,8’ine denk gelmektedir.

Çizelge 2.3’de belirtildiği üzere toplam arz miktarı, 6.773.066 ton olarak belirlenmiştir. Arz kalemleri, kullanılabilir üretim (2.180.416 ton), ithalat (4.592.650 ton) ve Avrupa Birliği’nden gelen ayçiçeği miktarını (164.873 ton) içermektedir. Özellikle ayçiçeği üretiminin iç talebi karşılamada tek başına yetersiz kaldığı görülmektedir.

Toplam yurt içi kullanım 3.033.395 ton olup, bunun büyük kısmı (2.958.438 ton) insan tüketimine yönlendirilmiştir. Tohumluk kullanım 14.289 ton, üretim sürecindeki kayıplar ise 60.668 ton olarak hesaplanmıştır. Kullanım kalemleri içerisinde insan tüketiminin yüksek payı (%97.6) dikkat çekmektedir (Çizelge 2.3).

Türkiye’nin ayçiçeği ihracatı 3.671.152 ton seviyesinde gerçekleşmiş olup, bunun 44.574 tonu Avrupa Birliği’ne yönlendirilmiştir. İhracat miktarının yüksek olması, ülke ekonomisine önemli döviz girdisi sağlarken, yerli arzın tüketim üzerindeki baskısını da artırmaktadır. Stok değişimi ise 68.519 ton olarak kaydedilmiştir (Çizelge 2.3).

2023-2024 yılı itibarıyla kişi başına düşen ayçiçeği tüketimi 34.7 kg olarak hesaplanmıştır. Yeterlilik derecesi ise %71.9’dur. Bu oran, iç üretimin yurt içi talebin yalnızca %71.9’unu karşılayabildiğini ve geri kalan kısmın ithalatla sağlandığını göstermektedir (Çizelge 2.3).

2.3 Literatür Özeti

Deniz yosunu türleri arasında *Ascophyllum nodosum* alg türü tarımsal üretimde biyo-düzenleyici ve biyo-gübre olarak kullanımı ve potansiyel etkisi en çok incelenen türdür (Fátima vd. 2023). Deniz yosunu özütleri içeriğindeki aljinik asit ve poli-üronitler, toprak su tutma kapasitesini artırır. Bitkinin kök sistemlerini uyarır, toprak mikrobiyal aktivitesini artırır ve mineral erişilebilirliğini ve asimilasyonunu iyileştirdiği belirtilmiştir (Kumari vd. 2023).

Renaut vd. (2019) yaptıkları çalışmada, deniz yosunu türlerinden *A. nodosum*’un uygulandığı bitkinin toprak ve kök mikrobiyota çeşitliliği üzerindeki etkisini

belirledikleri çalışmada, topraktaki bakteri çeşitliliğini olumlu yönde değiştiğini bildirmiştir. *A. nodosum*'da bildirilen biyo-aktif maddelerin ve organik alt fraksiyonların rizobiya-baklagil sinyalizasyon sürecini etkilediği ve sağlıklı nodüller ile sonuçlandığı belirtilmiştir (Khan vd. 2012).

Diğer taraftan *A. nodosum*, bitki hastalıklarını kontrol etmek için koruyucu bir madde olarak etki etme potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir. Farklı dozlarda uygulanan deniz yosunu özütünün hem yaprak (sprey) hem de toprak uygulamalarının, çeşitli ürünlere karşı yaprak ve toprak kaynaklı patojenleri azaltmada etkili olduğu bulunmuştur (Jayaraj vd. 2008; Jayaraman vd. 2011). *Phytophthora melonis*'e (Abkhoo vd. 2016) ve *Phytophthora capsica*'ya (Panjehkeh vd. 2016) karşı bitki hastalık direncini iyileştirmede *A. nodosum*'un etkili olduğu bildirilmiştir.

Ascophyllum nodosum özütü'nün bitkilerde büyüme ve gelişmeyi destekleyen sonuçları, *A. nodosum*'da bulunan farklı tipteki fitohormon benzeri maddelere atfedilmiştir (Kumari vd. 2023). *A. nodosum* özütü köklere uygulandığında giberellik asit (GA) sentezinde yer alan genin düzenlenmesini uyardığı bildirilmiştir (Wally et al. 2013). *A. thaliana*'da *A. nodosum* özütünün kök büyümesinde %58'lik bir artışa sebep olduğu belirtilmiştir (Nair vd. 2012)

Stres, proteinlerin, lipitlerin, karbonhidratların ve DNA'nın yapılarına zarar veren ve bitki büyümesini ve gelişimini bozan reaktif oksijen türlerinin (ROS) üretimine neden olur. *Ascophyllum nodosum* özütü 'nün ROS'u azaltarak, lipit peroksidasyonunu (MDA içeriği) indükleyerek, CAT aktivitesini iyileştirerek ve prolin biyosentezini artırarak kuraklık toleransını iyileştirdiği bildirilmiştir (Carvalho vd. 2018). Shukla vd. (2018), *A. nodosum* ile tedavi edilen bitkilerin kuraklık stresi altında daha yüksek bağıl su içeriğine (RWC), yüksek stoma iletkenliği ve antioksidan aktiviteye sahip olduğunu bildirmiştir. Benzer şekilde *A. nodosum* 'un bitkide klorofil içeriğini ve antosiyanin, prolin ve antioksidan enzimlerin aktivitelerini artırdığı belirtilmiştir (Ali et al., 2022)

Ayçiçeği yetiştiriciliğinde deniz yosunu ekstraktlarının tarımsal üretimde kullanımına ilişkin az sayıda çalışmada araştırmacılar; deniz yosunu özütü ve ürünlerinin ayçiçeği

ürün veriminde artışa neden olduğunu bildirmiştir. Luna vd. (2024) deniz yosunu özlerinin bitkiler tarafından besin maddelerinin daha iyi emilmesini sağladığını ve böylece ürün üretimi ve veriminin artmasına katkıda bulunduğunu belirtmiştir.

Suganthi ve Sujatha (2014) farklı alg türleriyle muamele edilen ayçiçeğinin tohum bin tane ağırlığında kontrole göre %14'lük bir artış gerçekleştiğini bildirilmiştir. Karthikeyan ve Shanmugam (2015) deniz yosunu gübresinin ayçiçeğinde ürün verimini %51 oranında artırdığını bildirmiştir. Deniz yosunu özütünün yaprak ve toprak uygulamaları farklı bitki türlerinde ürün verimini ve hasat sonrası kalite kriterlerini artırdığı belirtilmiştir (Arioli vd. 2020; Hussain vd. 2021).

Sírbu vd. (2022) deniz yosunu bazlı bio-gübre ile muamele edildiğinde ayçiçeği veriminde %8'lik bir artış bildirmiştir. Luna vd. (2024) deniz yosunu özütünün ayçiçeğinde bin tane ağırlığını %3 ile %6 arasında artırdığını bildirmiştir. Ayrıca tane verimi %4 - %7 oranında artırdığını belirtmiştir. Tüm bunlara ek olarak tuz stresi koşulları altında stresin olumsuz etkilerini azalttığı bildirilmiştir.

Hüyük maddeler (HS), selüloz, lignin, kütinler, tanenler ve kitinler gibi bileşenler de dahil olmak üzere bitki ve hayvan materyallerinin doğal parçalanması ve ardından gelen mikrobiyal ve abiyotik dönüşümüyle üretilen karmaşık organik moleküllerdir (Orlov 2020; Ampong vd. 2022).

Hüyük maddeler, besin tutulmasını, toprak yapısını ve mikrobiyal aktiviteyi iyileştirdikleri için toprak sağlığı için hayati önem taşır. Hüyük maddeler tipik olarak, mahsul artıkları, orman çöpi ve toprağa kasıtlı olarak geri döndürülen veya ayrışma süreçleriyle doğal olarak katılan diğer bitki veya mikrobiyal maddeler gibi organik materyallerin ayrışması ve dönüşümü yoluyla elde edilebilir (Hayes ve Swift 2020; Wu vd. 2023)

Yağmur vd. (2021), ayçiçeği üretiminde farklı potasyum ve hümik asit dozlarının verim ve kalite üzerine etkilerini inceledikleri çalışmada, en yüksek tane verimi potasyum ve hümik asit kombinasyonundan elde edildiğini bildirmiştir.

AL-Abody (2021), hümik asit uygulama dozlarına göre değişmekle birlikte ayçiçeğinde gövde çapı, bitki boyu, başak çapı, yapraklı alan, bin tane ağırlığı, başaktaki tohum sayısı, tohum ve yağ verimi yüzdesinde önemli artış sağlandığı bildirilmiştir.

Hümik asit uygulaması ayçiçeği büyümesini teşvik ettiğini ve klorofil içeriğini artırdığı bildirilmiştir (Wang vd. 2024). Hümik asitin SOD, POD, APX ve CAT gibi antioksidan enzim aktivitelerini önemli ölçüde artırdığı ve reaktif oksijen türlerinin içeriğini azalttığı belirtilmiştir.

Sahan ve Al-Mugher (2025) ayçiçeğinde hümik asit entegre besin yönetiminde bin tane ağırlığı, tohum sayısı ve tane verimi gibi verim özelliklerinde önemli olumlu değişimler gerçekleştiği bildirilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

Denemelerde bitkisel materyal olarak kullanılan M95K11 ve M94S35 ayçiçeği çeşitlerine ait bilgiler aşağıda verilmiştir.

3.1 M95K11 Ayçiçeği Çeşidinin Özellikleri

Denemelerde kullanılan M95K11 ayçiçeği çeşidi May-Agro Tohumculuk A.Ş. (Bursa / TÜRKİYE) tarafından 2016 yılında Türkiye’ de ıslah edilmiştir. İklim bölgelerine göre değişmekle birlikte bitki boyu 114 - 183 cm arasındadır. Fizyolojik olgunluk gün sayısı 100-123 gün olarak belirtilmiştir. Tohum rengi siyahtır. Yaygın külleme ve *Orobanche* ırklarına karşı oldukça dayanıklıdır. Farklı toprak tiplerine yüksek uyum kabiliyetine sahiptir. Bölgelere göre değişmekle birlikte ortalama tane verimi 238.7 kg/da’dır. Ortalama yağ oranı %44.8, yağ verimi 107.2 kg/da olarak belirtilmiştir (Anonim 2026).

3.2 M94S35 Ayçiçeği Çeşidinin Özellikleri

Denemede materyal olarak kullanılan diğer ayçiçeği çeşiti M94S35’un ıslah çalışması 2016 yılında Türkiye’de gerçekleştirilmiştir. 2024 yılında resmi olarak tescil edilmiştir. Çeşit sahibi ve ıslahçı kuruluş May Agro Tohumculuk A.Ş. (Bursa / TÜRKİYE)’dir. Çeşidin genel özellikleri arasında bitki boyu 129-170 cm’dir. Fizyolojik olgunluk gün sayısı 97-116 gün olarak belirtilmiştir. Tane rengi siyahtır. Yağ oranı %42.1, yağ verimi 109.7 kg/da, bin tane ağırlığı 45 - 54.3 g olarak belirtilmiştir. Tescil denemelerinde ortalama verim 260.1 kg/da’dır.

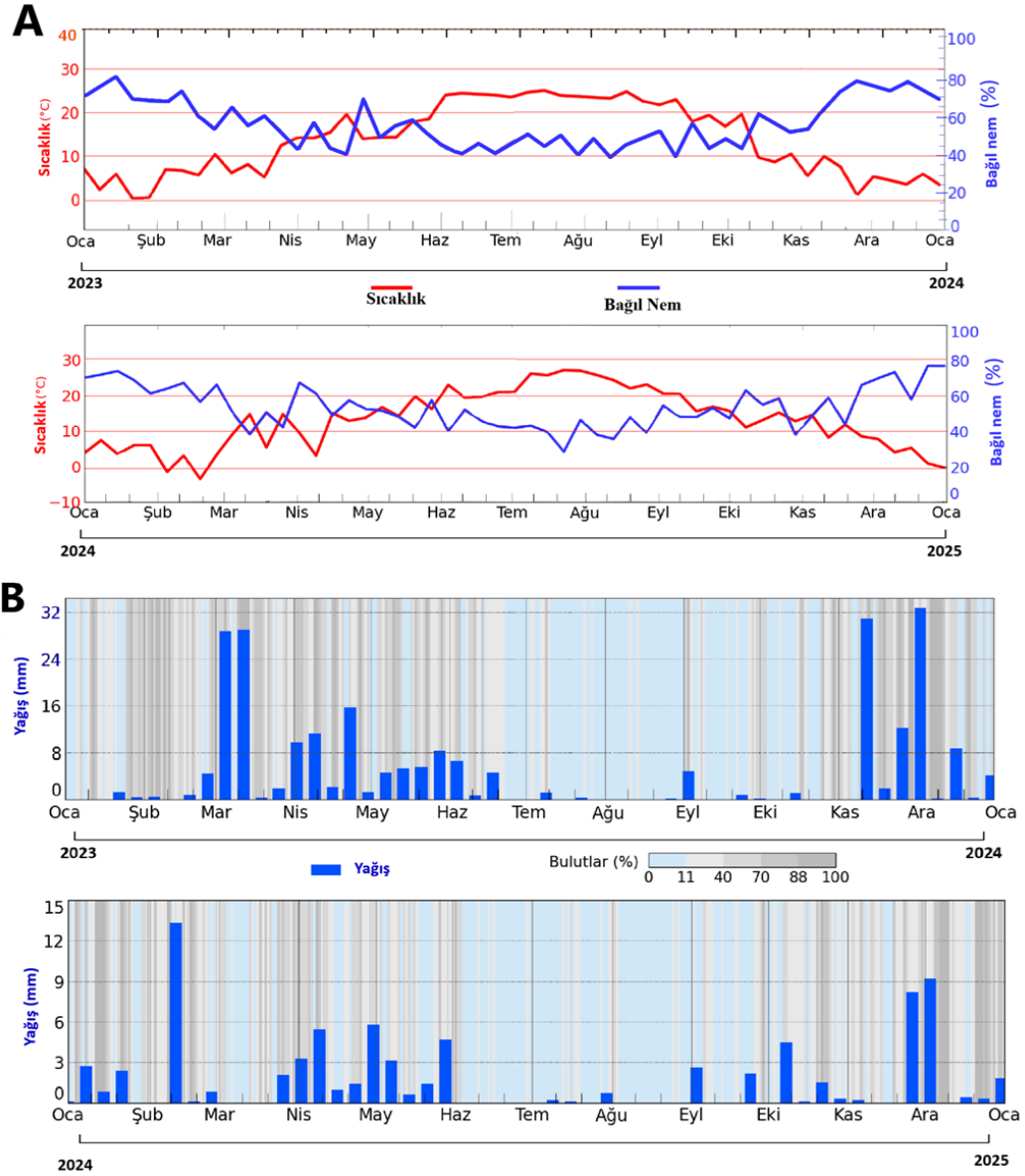
3.3 Hümik Asit ve Deniz Yosunu Gübrelerinin Özellikleri

Denemede kullanılan gübreler ticari olarak satılmakta olan Fulltech27 sıvı hümik asit ve HeroFert marka sıvı deniz yosunudur. Sıvı haldeki hümik asitin organik madde içeriği %15, toplam hümik + fülvik asit içeriği %15, suda çözünür potasyum oksit içeriği (K₂O) %4, ph aralığı ise 9-11 arasındadır. Sıvı deniz yosunu gübresi organik madde içeriği

%5, suda çözünür potasyum oksit içeriği %1, alginik asit %0.7, maksimum EC değeri 5 ds/m, pH 11-13 olarak belirtilmiştir. Pozitif kontrol olarak kullanılan kimyasal gübre 20-20-20 azot, fosfor ve potasyum (IGSAŞ, Türkiye) ve 46% üre gübresidir (IGSAŞ, Türkiye).

3.4 Tarla Denemesi

Tarla denemeleri, 2023-2025 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü arazisinde gerçekleştirilmiştir. Birinci deneme, 2023 yılı mayıs ayının 11. gününde gerçekleştirilmiştir. İkinci deneme 2024 yılı mayıs ayının 15. gününde yapılmıştır. Deneme alanındaki toprağın kimyasal analiz sonuçları Tablo 1'de verilmiştir. Ayrıca, 2023-2025 yıllarına ait sıcaklık, yağış ve nem değerleri Şekil 3.1' de verilmiştir.



Şekil 3.1 2023-2024 ve 2024-2025 yılları arasında deneme alanına ait iklim verileri

3.4.1 Tarla toprağının içeriğinin belirlenmesi

Toprağın fiziko-kimyasal özellikleri, Klute ve Page (1986) tarafından açıklanan hidrometre yöntemiyle, toprak pH'sı ve elektriksel iletkenlik (EC) elektrometrik yöntemle, mevcut fosfor (AP) değerlendirmesi Olsen yöntemiyle (Olsen 1954), toplam toprak organik karbon (TOC) içeriğinin belirlenmesi potasyum di-kromat oksidasyon yöntemiyle, azot içeriği (toplam nitrojen TN) Kjeldahl yöntemiyle ve toplam kireçtaşı (CaCO_3) içeriği Bernard kalsimetre yöntemiyle belirlenmiştir. Tarla toprağını temsilen yapılan analiz sonucunda elde edilen değerler Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme alanı toprağının fiziko-kimyasal analiz sonuçları

İçerik	Değer
Azot, N(%)	0.12 – 0.15
Fosfor, P ₂ O ₅ (kg/da)	7.56 – 8.31
Potasyum, K ₂ O (kg/da)	105.9 – 120.3
Kireçtaşı, CaCO ₃ (%)	7.4 – 11.1
Organik madde (%)	0.80 – 1.19
Organik karbon (%)	0.51 – 1.03
Tuz (%)	0.08 – 0.21
pH	8.08 – 7.88
EC (dS/m)	1.1 – 2.3

Toprağın killi ve alkali yapıda olduğu, tuz içeriğinin bitkiler için zararsız olduğu tespit edilmiştir. Analiz edilen toprak örneklerinde organik madde ve azot içeriğinin yetersiz düzeyde olduğu belirlenmiştir. Ek olarak toprak potasyum ve fosfor içeriği orta düzeydedir.

3.4.2 Tarla denemesi hazırlanışı

Tarla denemesinin kurulduğu alanlar sonbaharda 20-25 cm derinliğe kadar sürülerek bitki artıkları ve yabancı otlar temizlenmiştir. Ekimden önce, deneme alanındaki yabancı otlar yüzeysel sürümle temizlenmiştir. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ekim, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri 30 cm olacak şekilde elle yapılmıştır. Açılan ocaklara, her ocakta 3 tohum olacak şekilde ekim gerçekleştirilmiştir. Çimlenme ardından her ocakta bir bitki kalacak şekilde seyreltme işlemi yapılmıştır. İlk toprak çapası seyreltme döneminde, ikinci çapa ise bitkiler 30-40 cm boya ulaştığında, üçüncü çapa ise çiçeklenme döneminde yapılmıştır. Sulama, ekimden sonra, ilk çapa döneminde, tomurcuk oluşumu döneminde ve tane dolum döneminde olmak üzere toplam dört kez (salma sulama) uygulanmıştır. T0: gübre yok (kontrol), T0+: kimyasal gübre (pozitif gübre), T1: deniz yosunu (DY), T2: hümik asit (HA), T3: DY + HA uygulamalarını temsil etmektedir.

Pozitif kontrolde ekimden önce parsellere T0 (+) 20 kg/da dozunda azot-fosfor-potasyum (%20-20-20) kompoze gübresi uygulanmıştır. İkinci T0 (+) uygulaması, ilk çapalamadan önce %46 üre formunda azotlu olarak 10 kg/da dozunda verilmiştir. Üçüncü olarak, tomurcuklanma döneminde %46 üre aktif maddeli 10 kg/da dozunda azotlu gübre uygulanmıştır. Bu yöntem, çiftçiler tarafından yaygın olarak kullanılan ayçiçeği yetiştirme yöntemlerine göre uygulanmıştır.

Bu çalışmada uygulamalar ve ölçümler, ayçiçeğinin fenolojik gelişim evrelerine göre planlanmış olup, Schneider and Miller (1981) tarafından tanımlanan büyüme skalası esas alınmıştır. İlk uygulama, bitkilerin 30–40 cm boya ulaştığı ve yaklaşık V6–V10 evrelerine karşılık gelen vejetatif gelişim döneminde gerçekleştirilmiştir. İkinci uygulama, tepe tomurcuğunun oluşmaya başladığı ve belirgin hale geldiği tomurcuklanma dönemine karşılık gelen R1–R3 evrelerinde yapılmıştır. Son uygulama ise çiçeklenmenin başladığı ve tam çiçeklenmeye ulaştığı R5–R6 evrelerini kapsayan generatif dönemde gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Bu fenolojik temelli yaklaşım, uygulamaların bitkinin kritik gelişim aşamalarına denk getirilmesini sağlamış ve bitki tepkilerinin daha doğru bir şekilde değerlendirilmesine olanak tanımıştır. Sıvı gübre uygulamaları üreticinin belirttiği ideal doz üzerinden bitki başına 100 ml olacak şekilde kök bölgesine topraktan uygulanmıştır. T3 uygulaması ise eşit oranda hümitik asit (HA) ve deniz yosunu (DY) ile hazırlanarak uygulanmıştır. Tane doldurma döneminde muhtemel kuş zararını engellemek için ağzı büzülebilen bez torbalar ile kenar tesiri gözetilerek denemeyi temsil eden tablalar kapatılmıştır. Bunun için 30 cm x 50 cm genişliğinde bez torbalar kullanılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2 Bitki gelişimi dönemlerine göre ayçiçeği bitkisine ait tarla görüntüsü
İlk çapa dönemi (A), tomurcuklanma dönemi (B), çiçeklenme dönemi (C)
*Fotoğraf tarihleri; 05.06.2023 (A), 09.07.2023 (B), 18.07.2023 (C)



Şekil 3.3 Kuş zararını engellemek amacıyla tablaların kapatılması

Büyüme ve gelişim dönemi boyunca, uygulamaların etkisinin belirlenmesi amacıyla gerçekleştirilen ölçüm ve analizler aşağıda verilmiştir. Ölçümler, kenar tesiri gözetilerek her tekrarda rastgele seçilen 5 bitki üzerinden gerçekleştirilmiştir. Her uygulama için toplamda 25 bitki değerlendirilmiştir.

3.4.3 Bitki boyu (cm)

Parsellerde hasat olgunluğuna gelen bitkilerde kök boğazı ile sapın tablaya bağlandığı nokta arasındaki uzunluk ölçülerek belirlenmiştir. Farklı büyüme dönemlerinde toprak seviyesinden en uç noktaya kadar olan kısım ölçülerek cm cinsinden belirlenmiştir.

3.4.4 Klorofil (SPAD) ölçümleri

Ayçiçeği bitkilerinin klorofil içerikleri SPAD-502Plus model (Konica Minolta) klorofil ölçüm cihazı ile gerçekleştirilmiştir. Her tekrarı temsilen rastgele seçilen 10 bitkide (tablanın altındaki tam olarak açılmış genç yapraklardan 3'er kez) ölçüm gerçekleştirilmiştir. Her uygulama için toplam 50 bitki ölçülmüştür. Ölçümler sıvı gübre uygulamalarından önce ve sonra olmak üzere farklı sürelerde kaydedilmiştir. İstatistiksel analizler ortalamalar üzerinden gerçekleştirilmiştir.

3.4.5 Yaprak su potansiyeli (%)

Yaprak örneğinin 105°C'de 30 dakika ve ardından sabit ağırlığa ulaşana kadar 70°C'de etüvde kurutulmasıyla belirlenmiştir. Örnekler tartıldıktan sonra ve yaprak su içeriği belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Oğuz vd. 2023);

$$YSP (\%) = [(YA - KA)/YA] \times 100 \quad (YA, \text{yaş ağırlık}; KA, \text{kuru ağırlık}).$$

3.4.6 Fizyolojik olum gün sayısı (FG)

Bitkilerin fizyolojik olgunluğa ulaşma süresi, tarla çıkışından itibaren geçen gün sayısı olarak belirlenmiştir. Bu kapsamda, parsellerdeki bitkilerin en az %50'sinin fizyolojik olgunluk dönemine ulaştığı tarih esas alınmış ve tarla çıkışı ile bu tarih arasındaki süre gün cinsinden ifade edilmiştir.

3.4.7 Çiçeklenme gün sayısı (ÇG)

Çimlenmeden itibaren geçen gün sayılarını temsil etmektedir. En az %50 bitkinin çiçeklendiği gün çiçeklenme gün sayısının ölçülmesiyle belirlenmiştir. Değerler gün sayısını ifade etmektedir.

3.4.8 Tabla çapı (TÇ) (cm)

Bitkilerde hasat olgunluğuna gelen tablalar geniş kısımlarından cetvelle ölçülerek cm cinsinden tabla çapları belirlenmiştir.

3.4.9 Hasat nemi (%)

Hasat edilen tablalardan elde edilen tanelerin nem içeriği, örneklerin etüvde kurutulması yöntemiyle belirlenmiştir. Bu amaçla, her parselden alınan tane örnekleri tartılarak başlangıç ağırlıkları kaydedilmiş, ardından 105 ± 2 °C'de sabit ağırlığa ulaşınca kadar kurutulmuştur. Kurutma sonrası elde edilen kuru ağırlıklar ölçülmüş ve tane nem oranı, yaş ve kuru ağırlık farkına bağlı olarak yüzde (%) cinsinden hesaplanmıştır.

3.4.10 Bin tane ağırlığı (g)

Denemede tekerrürlerden 10 kez 100 tohumun ağırlık ortalaması alınarak on ile çarpılmasıyla bin tane ağırlıkları belirlenmiştir.

3.4.11 Dekara tane verimi (kg/da)

Her uygulamayı temsil eden parsellerden elde edilen tohumun kg/da cinsinden hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

3.4.12 Kabuk oranı (%)

Kabuğundan ayrılan torum içleri ve 10x100 adet tohumun kabuklarının 3 saat süreyle 105 °C’de kurutulduktan sonra tartılarak ortalama kabuk ağırlığı üzerinden belirlenmiştir.

3.4.13 Yağ oranı (%)

Parselleri temsilen toplanan kabuklu tohumlar öğütülerek elde edilen örneklerden yaklaşık 5 g alınarak ham yağ oranları susuz eter ekstraksiyonunda 6 saat süreyle analiz edilerek (Soxhlet metodu) yağ oranı hesaplanmıştır.

3.4.14 Yağ verimi (kg/da)

Her uygulamayı temsil eden parsellerden elde edilen yağın kg/da cinsinden hesaplanmasıyla belirlenmiştir.

3.4.15 Verilerin değerlendirilmesi

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre beş tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Araştırmada uygulamalar T0: gübre yok (kontrol), T0+: kimyasal gübre, T1: deniz yosunu (DY), T2: hümik asit (HA) ve T3: deniz yosunu + hümik asit (DY + HA) olarak belirlenmiştir. Çeşitler bağımsız olarak ele alınmış ve her bir çeşit için uygulamaların etkisi ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler, IBM SPSS Statistics 22.0 yazılımı kullanılarak tek yönlü varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve

ortalamalar arasındaki farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir ($p \leq 0.01$).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada elde edilen bulgular çeşitlere göre ayrı başlıklar altında ve yıllara göre ayrılarak verilmiştir. Uygulamaların bitki boyu, klorofil içeriği (SPAD) ve yaprak su içeriği üzerine etkileri ilk çapa dönemi (D1), tomurcuklanma dönemi (D2) ve çiçeklenme dönemi (D3) olma üzere üç farklı döneme göre verilmiştir. Her çeşide ait fenolojik ve morfolojik özelliklerle, verim parametreleri alt başlıklar halinde detaylandırılmıştır.

4.1 M95K11 Çeşidi 2023 Yılı Sonuçları

Uygulamaların M95K11 ayçiçeği çeşidinde 2023 yılı denemelerinde incelenen parametreler üzerine etkileri alt başlıklar şeklinde verilmiştir.

4.1.1 Bitki boyu

İlk çapa döneminde (D1) ölçülen bitki boyu değerleri Çizelge 4.1’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 24.67 cm ile en düşük bitki boyunu değeri ölçülmüştür. T0+ uygulamasında belirlenen bitki boyu değeri (49.80 cm) kontrol uygulamasına göre yüksektir ($p<0.01$). Benzer şekilde, T1 (48.27 cm) ve T2 (50.27 cm) uygulamalarında belirlenen bitki boyuyla T0 kontrol uygulaması arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. Bununla birlikte, T0+, T1 ve T2 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). Bitki boyu 52.60 cm ile T3 uygulamasında en yüksektir. Bu değer, T1 ve T2 uygulamalarına göre önemli derecede yüksektir ($p<0.01$). Sonuçlar, uygulamaların ilk çapa döneminde bitki boyunu belirgin biçimde artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının üstünlük sağladığını göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı bitki boyu verileri (cm)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	24.67 ± 1.87 ^c	68.07 ± 1.76 ^c	96.47 ± 2.34 ^c
T0+	49.80 ± 4.56 ^b	74.80 ± 1.98 ^b	133.60 ± 2.89 ^a
T1	48.27 ± 1.92 ^b	73.20 ± 2.01 ^b	118.93 ± 3.45 ^b
T2	50.27 ± 2.11 ^b	74.47 ± 2.34 ^b	118.67 ± 3.67 ^b
T3	52.60 ± 1.76 ^a	78.87 ± 2.45 ^a	128.93 ± 4.12 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Tomurcuklanma dönemi (D2) ölçümlerinde elde edilen bitki boyu değerlerinde uygulamalar arasında farklar istatistiksel açıdan önemlidir (Çizelge 4.1). Negatif kontrol uygulamasında (T0) 68.07 cm ile en düşük bitki boyu değeri kaydedilmiştir. T0+ (74.80 cm), T1 (73.20 cm) ve T2 (74.47 cm) uygulamalarında bitki boyu değerleri, kontrol uygulamasına göre yüksektir ($p<0.01$). Bununla birlikte, T0+, T1 ve T2 uygulamaları arasında fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek bitki boyu değeri 78.87 cm ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer T1 ve T2 uygulamalarına göre istatistiksel açıdan daha yüksektir ($p<0.01$). Bu sonuçlar, tomurcuklanma döneminde uygulamaların bitki boyunu artırmada etkisini sürdürdüğünü ve T3 uygulamasının üstünlük sağladığını göstermektedir (Çizelge 4.1).

Çiçeklenme dönemi (D3) ölçümlerinde elde edilen bitki boyu değerlerinde uygulamalar arasındaki farklar önemlidir ($p<0.01$) (Çizelge 4.1). Negatif kontrol uygulamasında (T0) 96.47 cm ile en düşük bitki boyu değeri ölçülmüştür. T0+ uygulamasında ölçülen bitki boyu 133.60 cm olup, kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan anlamlıdır ($p<0.01$). Benzer şekilde, T1 (118.93 cm) ve T2 (118.67 cm) uygulamaları da T0'a göre bitki boyunu artırmıştır ($p<0.01$). Ayrıca, T1 ve T2 uygulamaları arasındaki önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek değerler T0+ (133.60 cm) ve T3 (128.93 cm) uygulamalarında kaydedilmiş olup, her iki uygulama da T1 ve T2'ye göre önemli derecede yüksektir ($p<0.01$). Sonuçlar, çiçeklenme döneminde bitki boyunun özellikle T0+ ve T3 uygulamalarında belirgin şekilde arttığını göstermektedir (Çizelge 4.1).

4.1.2 Klorofil (SPAD) içeriği

İlk çapa döneminde (D1) ölçülen klorofil SPAD değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 23.40 ile en düşük SPAD değerinin ölçülmüştür. T0+ uygulamasında ölçülen SPAD değeri 26.73 olup, kontrol grubuna göre istatistiksel açıdan önemlidir ($p<0.01$). T1 (24.47) ve T2 (25.47) uygulamaları da T0’a kıyasla SPAD değerlerinde artış sağlamıştır. Ancak bu artışlar arasında fark önemsizdir ($p>0.01$). T3 uygulamasında ölçülen 27.60 SPAD değeri diğer uygulamalara göre yüksektir ($p<0.01$). Elde edilen sonuçlar, uygulamaların ilk çapa döneminde klorofil içeriğini artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının bu açıdan üstünlük sağladığını göstermektedir (Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı klorofil değerleri (SPAD)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	23.40 ± 1.65 ^d	29.60 ± 1.87 ^d	35.80 ± 1.92 ^d
T0+	26.73 ± 1.91 ^b	32.87 ± 2.23 ^b	39.60 ± 2.45 ^b
T1	24.47 ± 1.78 ^{cd}	30.73 ± 1.94 ^{cd}	36.00 ± 2.01 ^d
T2	25.47 ± 1.83 ^c	31.73 ± 2.11 ^c	37.40 ± 2.34 ^c
T3	27.60 ± 2.01 ^a	33.87 ± 2.45 ^a	40.93 ± 2.67 ^a

D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Tomurcuklanma dönemi (D2) klorofil SPAD ölçüm sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulaması (T0) 29.60 ile en düşük SPAD değerini göstermiştir. T0+ uygulamasında ölçülen SPAD değeri 32.87 olup, kontrol T0 uygulamasına göre istatistiksel olarak önemli fark belirlenmiştir ($p<0.01$). T1 (30.73) ve T2 (31.73) uygulamaları da kontrol grubuna kıyasla SPAD değerlerinde artış sağlamıştır. Ancak T1 ve T2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. Benzer olarak T0 ve T1 arasındaki fark da önemsizdir ($p>0.01$). SPAD değeri 33.87 ile T3 uygulamasında en yüksek değer olarak ölçülmüştür. Bu değer tüm diğer uygulamalardan istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.01$). Sonuçlar, uygulamaların tomurcuklanma döneminde de klorofil içeriğini artırıcı etkisini sürdürdüğünü ve özellikle T3 uygulamasının üstünlük sağladığını göstermektedir.

Çiçeklenme dönemi (D3) ölçümlerinde elde edilen klorofil SPAD değerleri Çizelge 4.2’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulaması (T0) 35.80 ile en düşük SPAD değerini göstermiştir. T0+ uygulamasında ölçülen SPAD değeri (39.60), T0 kontrol uygulamasından yüksektir ($p<0.01$) T1 (36.00) uygulaması kontrol grubuna benzer değerler gösterirken, T2 (37.40) uygulamasında SPAD değerindeki artış önemlidir. En yüksek SPAD değeri 40.93 ile T3 uygulamasında ölçülmüştür. T3 ile diğer uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$) (Çizelge 4.2). Bulgular, uygulamaların çiçeklenme döneminde klorofil içeriğini artırıcı etkisinin devam ettiğini göstermektedir.

4.1.3 Yaprak su içeriği (%)

İlk çapa döneminde (D1) ölçülen yaprak su içeriği değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) en düşük (%74.33) su içeriği değeri kaydedilmiştir. T0+ (%81.40) ve T1 (%83.60) uygulamalarında yaprak su içeriği değerleri T0’a göre yüksektir ($p<0.01$). T0+ ile T1 uygulamasında belirlenen yaprak su içeriği değerleri arasındaki fark önemsizdir. T2 uygulamasında (%84.47) bu artışın daha da belirginleştiği ve T0’dan farklıdır ($p<0.01$). Ancak T2 ile T1 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T3 uygulamasında en yüksek yaprak su içeriği (%87.27) ölçülmüştür. Sonuçlar, uygulamaların ilk çapa döneminde yaprak su içeriğini artırıcı yönde etkili olduğunu ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek performansı sağladığını göstermektedir.

Çizelge 4.3 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2023 yılı yaprak su içeriği değerleri (%)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	74.33 $\pm$ 1.12 ^d	69.47 $\pm$ 1.09 ^d	62.80 $\pm$ 1.23 ^d
T0+	81.40 $\pm$ 1.18 ^c	76.47 $\pm$ 1.24 ^c	72.53 $\pm$ 1.41 ^c
T1	83.60 $\pm$ 1.34 ^{bc}	78.53 $\pm$ 1.28 ^c	72.27 $\pm$ 1.45 ^c
T2	84.47 $\pm$ 1.29 ^b	79.60 $\pm$ 1.32 ^b	73.53 $\pm$ 1.38 ^b
T3	87.27 $\pm$ 1.45 ^a	82.53 $\pm$ 1.38 ^a	78.40 $\pm$ 1.52 ^a

D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Tomurcuklanma döneminde (D2) ölçülen yaprak su içeriği değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. Negatif kontrolde (T0) %69.47 ile en düşük yaprak su içeriği değeri kaydedilmiştir. T0+ (%76.47) ve T1 (%78.53) uygulamalarında yaprak su içeriği değerleri kontrolden yüksektir ($p<0.01$). T0+ ile T1 uygulamaları arasında belirlenen yaprak su içeriği arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T2 uygulamasında (%79.60) bu artışın daha da belirginleşmiştir. T0’a göre fark önemlidir ($p<0.01$). Ayrıca, T2 ile T1 arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.01$). En yüksek yaprak su içeriği %82.53 ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). Sonuçlar, uygulamaların tomurcuklanma döneminde yaprak su içeriğini artırıcı yönde etkili olduğunu göstermektedir.

Çiçeklenme döneminde (D3) ölçülen yaprak su içeriği değerleri Çizelge 4.3’de verilmiştir. T0 uygulamasında %62.80 ile en düşük yaprak su içeriği değeri kaydedilmiştir. T0+ (%72.53) ve T1 (%72.27) uygulamalarında yaprak su içeriği değerleri kontrol T0 uygulamasına göre anlamlı derecede yüksektir. Ancak bu iki uygulama arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T2 uygulamasında (%73.53) ölçülen değer, hem T0’a hem de T0+ ve T1 uygulamalarına kıyasla yüksektir ($p<0.01$). En yüksek yaprak su içeriği %78.40 ile T3 uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). Sonuçlar, uygulamaların olgunlaşma döneminde yaprak su içeriğini artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek düzeyi sağladığını ortaya koymaktadır.

4.1.4 M95K11 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine göre bitki boyu değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 69.07 cm ile en düşük bitki boyu değeri kaydedilmiştir. T0+ (102.07 cm) uygulamasında ölçülen değer, T0’a göre yüksektir ($p<0.01$). Benzer şekilde, T1 (87.80 cm) ve T2 (89.47 cm) uygulamalarındaki bitki boyu kontrol uygulamasına göre artmıştır ($p<0.01$). Bununla birlikte, T1 ile T2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek bitki boyu değeri 104.13 cm ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer hem kontrol hem de T1 ve T2

uygulamalarına göre yüksektir ($p<0.01$). T3 ile T0+ uygulamalarındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Elde edilen sonuçlar, uygulamaların genel olarak bitki boyunu artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek performansı sağladığını ortaya koymaktadır.

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine ait klorofil (SPAD) genel ortalama değerleri Çizelge 4.4’de verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 31.60 ile en düşük klorofil değeri kaydedilmiştir. T0+ (35.07) uygulamasında ölçülen değer, T0’a kıyasla yüksektir ($p<0.01$). Benzer şekilde, T1 (32.07) ve T2 (33.20) uygulamaları da kontrol uygulamasına göre daha yüksek klorofil değerleri sağlamıştır. T1 ile T0 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T3 uygulamasında kaydedilen değer (36.13), tüm uygulamalar içinde en yüksek olup, T0, T1 ve T2’ye kıyasla istatistiksel olarak anlamlıdır ($p<0.01$). Ek olarak, T3 ile T0+ arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Elde edilen sonuçlar, negatif kontrole göre uygulamaların genel olarak klorofil içeriğini artırdığını göstermektedir. Öte yandan T0+ ve T3 uygulamasında en yüksek SPAD değerleri belirlenmiştir.

Çizelge 4.4 M95K11 çeşidi 2023 yılı tüm ölçüm dönemlerinde uygulamaların bitki boyu, klorofil ve yaprak su içeriği değerleri genel ortalama değerleri

Uygulama	Bitki boyu (cm)	Klorofil (SPAD)	Yaprak su potansiyeli (%)
T0	69.07 ± 2.11 ^c	31.60 ± 0.52 ^c	67.53 ± 0.45 ^d
T0+	102.07 ± 3.45 ^a	35.07 ± 0.67 ^a	77.47 ± 0.56 ^{bc}
T1	87.80 ± 2.89 ^b	32.07 ± 0.61 ^{bc}	76.80 ± 0.52 ^c
T2	89.47 ± 3.01 ^b	33.20 ± 0.58 ^b	78.20 ± 0.49 ^b
T3	104.13 ± 3.56 ^a	36.13 ± 0.72 ^a	82.07 ± 0.61 ^a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine ait yaprak su potansiyeli genel ortalama değerleri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel açıdan oldukça önemli farklılıklar belirlenmişti (Çizelge 4.4). Negatif kontrol uygulamasında (T0) %67.53 ile en düşük yaprak su potansiyeli kaydedilmiştir. T0+ (%77.47) ve T1 (%76.80) uygulamalarında elde edilen değerler, T0’a göre yüksektir ($p<0.01$). Ancak T0+ ile T1 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T2 uygulamasında (%78.20) ölçülen yaprak su potansiyeli değeri, T0’a göre artmıştır ($p<0.01$). Öte yandan T2 uygulamasında belirlenen değerler ile T0+ arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli değeri ise %82.07 ile T3 uygulamasında kaydedilmiş olup,

bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). Sonuçlar, uygulamaların genel olarak yaprak su potansiyelini artırıcı yönde etkili olduğunu ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek düzeyi sağladığını ortaya koymaktadır.

4.1.5 Fenolojik ve morfolojik zellikler

Fizyolojik olgunluk süresi üzerine uygulamaların etkileri izelge 4.5’de verilmiştir. En uzun olgunlaşma süresi 116.07 gün ile T0+ uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalara göre yüksektir ($p<0.01$). Negatif kontrol uygulamasında (T0) 110.47 gün ile nispeten uzun bir olgunlaşma süresi gözlenmiştir. Buna karşın, T1 (100.40 gün), T2 (104.73 gün) ve T3 (98.73 gün) uygulamalarında olgunlaşma süreleri T0’a kıyasla anlamlı derecede daha kısa gerçekleşmiştir ($p<0.01$). T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Elde edilen bulgular, biyolojik esaslı uygulamaların ayçiçeğinin fizyolojik olgunluğa ulaşma süresini kısaltıcı yönde etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.5 M95K11 eşidi 2023 yılı fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri

Uygulama	Fizyolojik olum gün sayısı	çiçeklenme gün sayısı	Tabla apı (cm)	Hasat nemi (%)
T0	110.47 $\pm$ 3.45 ^b	74.87 $\pm$ 2.12 ^b	19.49 $\pm$ 0.67 ^b	11.45 $\pm$ 0.45 ^a
T0+	116.07 $\pm$ 4.12 ^a	75.73 $\pm$ 2.56 ^a	21.41 $\pm$ 0.56 ^a	10.67 $\pm$ 0.23 ^b
T1	100.40 $\pm$ 6.23 ^c	68.47 $\pm$ 3.01 ^c	17.03 $\pm$ 0.72 ^c	9.59 $\pm$ 0.19 ^c
T2	104.73 $\pm$ 6.78 ^c	70.40 $\pm$ 3.45 ^c	17.75 $\pm$ 0.81 ^c	9.11 $\pm$ 0.45 ^c
T3	98.73 $\pm$ 5.34 ^c	68.47 $\pm$ 3.23 ^c	16.81 $\pm$ 0.78 ^c	5.87 $\pm$ 1.67 ^d

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). * $\pm$ standart hata

Çiçeklenme gün sayısı değerleri üzerine uygulamaların etkileri izelge 4.5’de verilmiştir. En uzun çiçeklenme süresi 75.73 gün ile T0+ uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer diğer tüm uygulamalara kıyasla yüksektir ($p<0.01$). Negatif kontrol uygulamasında (T0) 74.87 gün ile benzer şekilde uzun bir çiçeklenme süresi llmştir. T0+ ve T0 arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). Buna karşılık, T1 (68.47 gün), T2 (70.40 gün) ve T3 (68.47 gün) uygulamalarında çiçeklenme sresinin T0’a kıyasla kısaldığı belirlenmiştir ($p<0.01$). T1, T2 ve T3 uygulamalarında

farklılık yoktur ($p>0.01$). Elde edilen bulgular, biyolojik esaslı uygulamaların ayçiçeğinin çiçeklenme süresini kısaltıcı yönde etkili olduğunu belirlenmiştir.

Hasat nemi değerleri Çizelge 4.5’de verilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel açıdan oldukça önemli farklılıklar belirlenmiştir. En yüksek hasat nemi %11.45 ile negatif kontrol (T0) uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer tüm uygulamalara kıyasla yüksektir ($p<0.01$). T0+ uygulamasında belirlenen hasat nemi %10.67 olup, T0’a göre düşüktür ($p<0.01$). T1 (%9.59) ve T2 (%9.11) uygulamalarında kaydedilen değerler, hem T0 hem de T0+ uygulamalarına kıyasla istatistiksel olarak daha düşük gerçekleşmiştir ($p<0.01$). T1 ve T2 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). En düşük hasat nemi ise %5.87 ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$).

4.1.6 Verim parametreleri

Bin tane ağırlığı (g) üzerine uygulamaların etkileri Çizelge 4.6’da verilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel açıdan oldukça önemli farklılıklar belirlenmiştir. Negatif kontrol (T0) uygulamasında bin tane ağırlığı en düşüktür (41.52 g). T0+ uygulamasında bu değer 46.01 g olarak ölçülmüş ve T0’a göre yüksektir ($p<0.01$). T1 (48.18 g), T2 (49.92 g) ve T3 (52.82 g) uygulamalarında belirlenen bin tane ağırlıkları ise hem T0 hem de T0+ uygulamalarına kıyasla yüksektir ($p<0.01$). T1, T2, T3 uygulamaları arasında farklılık belirlenmemiştir ($p>0.01$).

Çizelge 4.6 M95K11 çeşidi 2023 yılı verim parametreleri değerleri

Uyg.	Bin Tane Ağırlığı (g)	Dekara Tane Verim (kg)	Kabuk Oranı (%)	Yağ Oranı (%)	Yağ Verimi (kg/da)
T0	41.52 ± 1.89 ^c	209.80 ± 3.12 ^c	40.47 ± 1.78 ^a	34.07 ± 2.34 ^b	72.60 ± 2.45 ^c
T0+	46.01 ± 0.34 ^b	236.80 ± 6.78 ^a	34.20 ± 1.67 ^b	42.87 ± 2.89 ^a	121.80 ± 5.67 ^a
T1	48.18 ± 0.45 ^a	225.80 ± 5.89 ^b	32.73 ± 1.89 ^c	42.73 ± 2.12 ^a	111.00 ± 2.78 ^b
T2	49.92 ± 0.39 ^a	225.80 ± 6.45 ^b	27.47 ± 1.98 ^d	42.73 ± 1.67 ^a	108.40 ± 5.12 ^b
T3	52.82 ± 1.34 ^a	227.80 ± 6.78 ^b	26.07 ± 1.67 ^d	42.47 ± 2.34 ^a	113.60 ± 6.23 ^b

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Çizelge 4.6'da dekara tane verimi (kg/da) verilmiştir. T0 uygulamasında en düşük tane verimi (209.80 kg/da) hesaplanmıştır. T0+ uygulamasında elde edilen tane verimi 236.80 kg/da olup, bu değer tüm uygulamalar içerisinde en yüksek değer olarak kaydedilmiş ve T0'a kıyasla yüksektir ($p<0.01$). T1 (225.80 kg/da), T2 (225.80 kg/da) ve T3 (227.80 kg/da) uygulamalarında ölçülen değerler de kontrol grubuna göre yüksektir ($p<0.01$), ancak kendi aralarında istatistiksel açıdan önemli bir farklılık göstermemiştir ($p>0.01$).

Kabuk oranı (%) değerlerinde, uygulamalar arasında istatistiksel açıdan oldukça önemli farklılıkların bulunduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). En yüksek kabuk oranı %40.47 ile negatif kontrol (T0) uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T0+ uygulamasında kabuk oranı %34.20 olarak ölçülmüş ve T0'a kıyasla düşüktür ($p<0.01$). T1 (%32.73) uygulamasında da kabuk oranında anlamlı bir düşüş gözlenmiştir. T2 (%27.47) ve T3 (%26.07) uygulamalarında kabuk oranı daha da azalmış ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). Öte yandan T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$).

Çizelge 4.6'da yağ oranı (%) değerleri verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) %34.07 ile en düşük yağ oranı kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T0+ (%42.87), T1 (%42.73), T2 (%42.73) ve T3 (%42.47) uygulamalarında ölçülen yağ oranları, kontrol uygulamasına kıyasla yüksektir ($p<0.01$). Bu dört uygulama arasında yağ oranı açısından farklılık gözlenmemiştir ($p>0.01$).

Yağ verimi (kg/da) değerleri arasında uygulamaların etkilerinin önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.6). T0 en düşük yağ veriminin belirlendiği uygulamadır (72.60 kg/da) ($p<0.01$). T0+ uygulamasında ölçülen yağ verimi 121.80 kg/da olup, tüm uygulamalar arasında en yüksek değer olarak belirlenmiş ve T0'dan yüksektir ($p<0.01$). T1 (%111.00 kg/da), T2 (%108.40 kg/da) ve T3 (%113.60 kg/da) uygulamalarında yağ verimi, kontrol uygulamasına kıyasla artmıştır ($p<0.01$). Bununla birlikte, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasında yağ verimi açısından fark yoktur ($p>0.01$).

Bu çalışmada, farklı biyolojik uygulamaların ayçiçeği bitkisinin morfolojik, fizyolojik ve verim özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Elde edilen bulgular, uygulamaların tüm dönemlerde bitki gelişimini ve verim parametrelerini önemli ölçüde etkilediğini ortaya koymuştur. Genel olarak, elde edilen bulgular biyolojik esaslı uygulamaların ayçiçeği bitkisinin morfolojik ve fizyolojik gelişimini, verim unsur ve verimini anlamlı derecede artırdığını göstermektedir. Özellikle T3 uygulaması bitki boyu, yaprak su içeriği ve fizyolojik gelişim açısından en yüksek performansı sağlarken; T0+ uygulaması tane verimi ve yağ verimi açısından üstünlük göstermiştir. Bu sonuçlar, uygulamaların ayçiçeği üretiminde verim ve kalitenin artırılmasında önemli potansiyele sahip olduğu belirlenmiştir.

4.2 M95K11 Çeşidi 2024 Yılı Sonuçları

Uygulamaların M95K11 ayçiçeği çeşidinde 2024 yılı denemelerinde incelenen parametrelere etkileri aşağıda verilmiştir.

4.2.1 Bitki boyu

İlk çapa dönemi (D1) bitki boyu (cm) değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. En düşük bitki boyu 25.27 cm ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan istatistiksel açıdan anlamlı derecede düşüktür ($p<0.01$). T1 uygulamasında bitki boyu 51.87 cm olarak ölçülmüş ve T0’a kıyasla artmıştır ($p<0.01$). Benzer şekilde T2 (54.33 cm) ve T0+ (53.93 cm) uygulamalarında da bitki boyunda anlamlı artışlar kaydedilmiş olup, bu değerler T0’a göre önemlidir ($p<0.01$). En yüksek bitki boyu ise 57.47 cm ile T3 uygulamasında gözlenmiş ve bu değer hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T1, T2 ve T0+ uygulamaları arasındaki farklar önemsizdir.

Çizelge 4.7 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı bitki boyu değerleri (cm)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	25.27 ± 2.01 ^c	71.27 ± 1.89 ^c	105.07 ± 3.12 ^c
T0+	53.93 ± 3.45 ^b	78.27 ± 2.67 ^b	136.80 ± 3.89 ^a
T1	51.87 ± 2.67 ^b	76.47 ± 2.34 ^b	123.07 ± 4.23 ^b
T2	54.33 ± 2.89 ^b	77.73 ± 3.01 ^b	122.33 ± 4.56 ^b
T3	57.47 ± 2.78 ^a	81.87 ± 3.45 ^a	132.47 ± 4.78 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). *± standart hata

Çizelge 4.7’de tomurcuklanma döneminde (D2) bitki boyu (cm) değerleri verilmiştir. En düşük bitki boyu 71.27 cm ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan istatistiksel açıdan anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.01$). T1 uygulamasında bitki boyu 76.47 cm olarak ölçülmüş ve T0’a kıyasla anlamlı derecede artış göstermiştir ($p<0.01$). Benzer şekilde T2 (77.73 cm) ve T0+ (78.27 cm) uygulamalarında da bitki boyunda anlamlı artışlar kaydedilmiş olup, bu değerler T0’a göre farklıdır ($p<0.01$). En yüksek bitki boyu ise 81.87 cm ile T3 uygulamasında gözlenmiş ve bu değer hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T1, T2, T0+ uygulamaları arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemsizdir.

Çiçeklenme döneminde (D3) bitki boyu (cm) değerleri Çizelge 4.7’de verilmiştir. En düşük bitki boyu 105.07 cm ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T1 (123.07 cm) ve T2 (122.33 cm) uygulamalarında bitki boyunda belirgin artışlar kaydedilmiş olup, bu değerler T0’dan farklıdır ($p<0.01$). T0+ (136.80 cm) ve T3 (132.47 cm) uygulamalarında ise en yüksek bitki boyu değerleri elde edilmiş ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$).

4.2.2 Klorofil İçeriği (SPAD)

Çizelge 4.8’de klorofil içeriği (SPAD) değerleri verilmiştir. İlk çapa döneminde (D1) ölçülen en düşük klorofil içeriği 23.87 SPAD değeri ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T1

uygulamasında klorofil içeriği 26.20 SPAD olarak ölçülmüş ve T0'a kıyasla anlamlı derecede artış göstermiştir ($p<0.01$). T2 uygulamasında 27.47 SPAD değeri elde edilmiş olup, bu değer T0'a kıyasla anlamlı bir artış göstermektedir ($p<0.01$). T0+ (28.07 SPAD) ve T3 (29.27 SPAD) uygulamalarında en yüksek klorofil içeriği değerleri kaydedilmiş ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T0+ ve T3 uygulamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizdir. Benzer şekilde T0+ ve T2 arasındaki fark da önemsiz bulunmuştur. Öten yandan T1 uygulamasıyla T2 arasındaki fark da önemsizdir ($p>0.01$).

Çizelge 4.8 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı klorofil içeriği değerleri (SPAD)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	23.87 $\pm$ 1.78 ^d	31.27 $\pm$ 1.89 ^c	38.92 $\pm$ 2.01 ^b
T0+	28.07 $\pm$ 2.45 ^{ab}	34.87 $\pm$ 2.34 ^a	40.87 $\pm$ 2.89 ^a
T1	26.20 $\pm$ 2.12 ^c	32.60 $\pm$ 2.01 ^b	38.39 $\pm$ 2.34 ^b
T2	27.47 $\pm$ 2.34 ^{bc}	33.13 $\pm$ 2.23 ^b	39.10 $\pm$ 2.67 ^b
T3	29.27 $\pm$ 2.67 ^a	35.37 $\pm$ 2.56 ^a	41.37 $\pm$ 3.01 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). * $\pm$ standart hata

Çizelge 4.8'de tomurcuklanma dönemi (D2) klorofil içeriği (SPAD) değerleri verilmiştir. En düşük klorofil içeriği 31.27 SPAD değeri ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T1 uygulamasında klorofil içeriği 32.60 SPAD olarak ölçülmüş ve T0'a kıyasla anlamlı derecede artış göstermiştir ($p<0.01$). T2 uygulamasında 33.13 SPAD değeri elde edilmiş olup, bu değer T0'a kıyasla anlamlı bir artış göstermektedir ($p<0.01$). T0+ (34.87 SPAD) ve T3 (35.37 SPAD) uygulamalarında en yüksek klorofil içeriği değerleri kaydedilmiş ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$).

Çiçeklenme dönemi (D3) klorofil içeriği (SPAD) değerleri Çizelge 4.8'de verilmiştir. En düşük klorofil içeriği 38.39 SPAD değeri T1 uygulamasında gözlenmiş olup, T0 (38.92 SPAD) ve T2 (39.10 SPAD) ile benzer seviyelerde bulunmuştur. T0+ (40.87 SPAD) ve T3 (41.37 SPAD) uygulamalarında en yüksek klorofil içeriği değerleri

kaydedilmiş ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T0+, T3 uygulamaları arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemsizdir. Benzer olarak T0,T1 ve T2 arasındaki fark da önemsizdir ($p>0.01$).

4.2.3 Yaprak su içeriği (%)

Çizelge 4.9’da ilk çapa dönemi (D1) yaprak su potansiyeli (%) değerleri verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli 76.40% ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan istatistiksel açıdan anlamlı derecede düşüktür ($p<0.01$). T0+ (81.33%) ve T1 (80.87%) uygulamalarında yaprak su potansiyelinde anlamlı artışlar kaydedilmiş olup, bu değerler T0’a kıyasla istatistiksel olarak önemli fark oluşturmuştur ($p<0.01$). T2 (82.73%) ve T3 (82.87%) uygulamalarında ise en yüksek yaprak su potansiyeli değerleri elde edilmiş ve bu değerler hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T0+, T1 arasındaki fark önemsizdir. Benzer olarak T2 ve T3 uygulamaları arasında fark yoktur ($p>0.01$).

Çizelge 4.9 Ölçüm dönemlerine göre M95K11 çeşidi 2024 yılı yaprak su içeriği değerleri

Uygulama	D1	D2	D3
T0	76.40 ± 4.12 ^c	73.87 ± 2.34 ^d	67.33 ± 1.89 ^c
T0+	81.33 ± 5.12 ^b	80.47 ± 2.01 ^c	76.00 ± 2.67 ^b
T1	80.87 ± 3.89 ^b	82.20 ± 1.78 ^b	76.13 ± 2.01 ^b
T2	82.73 ± 4.56 ^a	83.37 ± 1.67 ^{ab}	77.20 ± 2.34 ^b
T3	82.87 ± 4.78 ^a	84.20 ± 1.89 ^a	80.33 ± 2.45 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Tomurcuklanma dönemi (D2) yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.9’da verilmiştir. Kontrol (T0) en düşük yaprak su potansiyeli (73.87%) belirlenen uygulamadır. Bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T0+ (80.47%) uygulamasında yaprak su potansiyelinde anlamlı bir artış kaydedilmiş olup, T0’a kıyasla farklıdır ($p<0.01$). T1 (82.20%) ve T2 (83.37%) uygulamalarında yaprak su potansiyeli daha da artmış ve bu değerler kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir ($p<0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli ise 84.20% ile T3

uygulamasında gözlenmiş olup, bu değer hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T1 ve T2 arasındaki fark önemsizdir.

Çiçeklenme dönemi (D3) yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.9'da verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli 67.33% ile kontrol uygulaması (T0) altında gözlenmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T0+ (76.00%), T1 (76.13%) ve T2 (77.20%) uygulamalarında yaprak su potansiyelinde anlamlı artışlar kaydedilmiş olup, bu değerler T0'a kıyasla önemlidir ($p<0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli ise 80.33% ile T3 uygulamasında gözlenmiş ve bu değer hem kontrol hem de diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$). T0+, T1 ve T2 uygulamaları arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemsizdir.

4.2.4 M95K11 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine ait bitki boyu değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 67.20 cm ile en düşük bitki boyu değeri kaydedilmiştir. T1 (83.80 cm) ve T2 (84.80 cm) uygulamaları kontrol grubuna göre önemli artış göstermiştir ($p<0.01$). Bununla birlikte, T1 ile T2 uygulamaları arasında istatistiksel açıdan anlamlı bir fark tespit edilmemiştir ($p>0.01$). En yüksek bitki boyu değeri 90.60 cm ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer hem kontrol T0- hem de T1 ve T2 uygulamalarına kıyasla anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur ($p<0.01$). T3 ile T0+ arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Elde edilen bulgular, uygulamaların genel olarak bitki boyunu artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek performansı sağladığını göstermektedir.

Çizelge 4.10 M95K11 çeşidi 2024 yılı tüm ölçüm dönemlerinde uygulamaların bitki boyu, klorofil ve yaprak su içeriği değerleri genel ortalama değerleri

Uygulama	Bitki boyu	Klorofil	Yaprak su potansiyeli
T0	67.20 ± 1.31 ^c	31.35 ± 1.12 ^d	72.53 ± 1.51 ^d
T0+	89.67 ± 1.92 ^a	34.60 ± 1.21 ^a	79.27 ± 1.67 ^c
T1	83.80 ± 1.62 ^b	32.40 ± 0.91 ^c	79.73 ± 1.72 ^{bc}
T2	84.80 ± 1.32 ^b	33.23 ± 0.94 ^b	81.10 ± 1.87 ^{ab}
T3	90.60 ± 2.01 ^a	35.33 ± 1.10 ^a	82.47 ± 1.12 ^a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine ait klorofil (SPAD) genel ortalama değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 31.35 SPAD ile en düşük klorofil değeri kaydedilmiştir. T0+ uygulamasında ölçülen ortalama değer 34.60 SPAD olup, kontrole göre yüksektir ($p<0.01$). Benzer şekilde, T1 (32.40 SPAD) ve T2 (33.23 SPAD) uygulamaları da kontrol grubuna göre istatistiksel olarak önemli düzeyde artış sağlamıştır ($p<0.01$). En yüksek klorofil değeri 35.33 SPAD ile T3 uygulamasında ölçülmüş olup, bu değer kontrol, T1 ve T2'den yüksektir ($p<0.01$). T3 ile T0+ uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Elde edilen bulgular, uygulamaların genel olarak klorofil içeriğini artırdığını ve özellikle T3 uygulamasının en yüksek klorofil birikimini sağladığını göstermektedir.

Uygulamaların tüm ölçüm dönemlerine ait yaprak su potansiyeli genel ortalama değerleri Çizelge 4.10'da verilmiştir. Negatif kontrol uygulamasında (T0) 72.53 ile en düşük yaprak su potansiyeli değeri kaydedilmiştir. T0+ (79.27) ve T1 (79.73) uygulamaları, kontrole göre yüksektir ($p<0.01$). T1 ile T0+ uygulamalarındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T2 uygulamasında 81.10 değeri elde edilmiş olup, bu değer hem T0+ uygulamasından hem de kontrolden yüksektir ($p<0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli 82.47 ile T3 uygulamasında belirlenmiştir. T3 ve T2 uygulaması arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$).

4.2.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler

2024 yılında yapılan çalışmada, uygulamalar arasında fizyolojik olgunluk süresi bakımından önemli farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11) Kontrol grubu (T0) 109,07 gün ile orta düzeyde bir gelişim göstermiştir. T0+ grubu 114,40 gün ile en uzun olgunluk süresine ulaşmıştır ($p<0.01$). Buna karşın, T1 (98.93 gün), T2 (102.73 gün) ve T3 (96.13 gün) uygulamaları daha kısa olgunluk süreleri sergilemiştir. Bu sonuçlar, T0+ uygulamasının olgunlaşma süresini uzattığını, diğer uygulamaların ise olgunlaşmayı hızlandırıcı etkiler ortaya koyduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.11 M95K11 çeşidi 2024 yılı fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri

Uyg.	Fizyolojik Olum (gün)	Çiçeklenme gün sayısı	Tabla Çapı (cm)	Hasat Nemi (%)
T0	109.07 ± 3.67 ^b	73.87 ± 2.23 ^a	20.64 ± 0.89 ^b	10.93 ± 0.67 ^a
T0+	114.40 ± 4.23 ^a	74.40 ± 2.67 ^a	22.68 ± 0.67 ^a	10.13 ± 0.45 ^b
T1	98.93 ± 5.89 ^c	67.60 ± 3.12 ^b	18.06 ± 0.78 ^d	9.07 ± 0.56 ^c
T2	102.73 ± 6.12 ^c	68.87 ± 3.45 ^b	18.79 ± 0.84 ^c	8.20 ± 0.45 ^d
T3	96.13 ± 3.45 ^c	66.40 ± 2.89 ^b	17.95 ± 0.91 ^d	6.40 ± 1.56 ^e

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). ($\pm$ standart hata)

2024 yılı verilerine göre uygulamalar arasında çiçeklenme süresi bakımından farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Kontrol uygulaması (T0) 73.87 gün ile orta düzeyde bir çiçeklenme süresi göstermiştir. T0+ uygulamasında çiçeklenme süresi 74,40 gün olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). Buna karşılık T1 (67.60 gün), T2 (68.87 gün) ve T3 (66.40 gün) uygulamalarında çiçeklenme süresi kısalmış olup, bu farklılıklar kontrol uygulamasına kıyasla önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan T1, T2, T3 arasındaki fark önemsizdir. Bu bulgular, belirli biyolojik uygulamaların çiçeklenme süresini uzatabileceğini veya kısaltabileceğini göstermektedir.

Uygulamalar arasında tabla çapı bakımından farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Kontrol uygulaması (T0) 20.64 cm ile orta düzeyde bir tabla çapı göstermiştir. T0+ uygulamasında tabla çapı 22.68 cm olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına kıyasla önemlidir ($p<0.01$). Diğer taraftan, T1 (18.06 cm), T2 (18.79 cm) ve T3 (17.95 cm) uygulamalarında tabla çapı azalmış olup, bu farklılıklar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Ayrıca, T1 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir. Bu bulgular, uygulamaların tabla çapı üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Uygulamalar arasında hasat nemi bakımından farklılıklar belirlenmiştir (Çizelge 4.11) Kontrol uygulaması (T0) 10.93% ile en yüksek hasat nemi değerini göstermiştir. T0+ uygulamasında hasat nemi 10.13% olarak kaydedilmiş ve bu değer kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1 (9.07%), T2 (8.20%)

ve T3 (6.40%) uygulamalarında hasat nemi daha düşük olup, bu farklılıklar kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1, T2, T3 uygulamaları arasında fark önemlidir ($p<0.01$). Bu bulgular, uygulamaların hasat nemi üzerinde belirgin etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

4.2.6 Verim parametreleri

Çizelge 4.12’de uygulamaların bin tane ağırlıkları üzerine etkileri verilmiştir. T0 uygulaması 41.15 g ile en düşük bin tane ağırlığını göstermiştir. T0+ uygulamasında bin tane ağırlığı 45.54 g olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1 (47.72 g), T2 (49.51 g) ve T3 (52.35 g) uygulamalarında bin tane ağırlığında belirgin artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına kıyasla önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Bu bulgular, uygulamaların tane ağırlığını artırıcı etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.12 M95K11 çeşidi 2024 yılı verim parametreleri değerleri

Uyg.	Bin tane ağırlığı (g)	Dekara tane verim (kg)	Kabuk oranı (%)	Yağ oranı (%)	Yağ verimi (kg/da)
T0	41.15 ± 1.89 ^c	209.20 ± 3.12 ^c	41.47 ± 1.78 ^a	33.67 ± 2.45 ^b	71.95 ± 2.56 ^c
T0+	45.54 ± 0.34 ^b	236.10 ± 6.78 ^a	34.40 ± 1.89 ^b	42.87 ± 2.78 ^a	120.98 ± 5.89 ^a
T1	47.72 ± 0.45 ^a	228.30 ± 5.89 ^b	33.73 ± 2.01 ^c	42.33 ± 2.34 ^a	110.09 ± 2.89 ^b
T2	49.51 ± 0.39 ^a	225.50 ± 6.45 ^b	28.47 ± 1.98 ^d	42.29 ± 1.89 ^a	107.49 ± 5.34 ^b
T3	52.35 ± 1.45 ^a	227.20 ± 6.78 ^b	26.27 ± 1.89 ^d	42.17 ± 2.45 ^a	112.79 ± 6.45 ^b

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Çizelge 4.12’de dekara tane verimi (kg) üzerine uygulamaların etkisi verilmiştir. Kontrol uygulaması (T0) 209.20 kg ile en düşük dekara tane verimi değerini göstermiştir. T0+ uygulamasında dekara tane verimi 236.10 kg olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T1 (228.30 kg), T2 (225.50 kg) ve T3 (227.20 kg) uygulamalarında dekara tane veriminde artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir

($p>0.01$). Sonuçlar uygulamaların dekara tane verimini artırıcı etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.12’de uygulamaların kabuk oranı değerleri üzerine etkileri verilmiştir. Kontrol uygulaması (T0) 41.47% ile en yüksek kabuk oranını göstermiştir. T0+ uygulamasında kabuk oranı 34.40% olarak kaydedilmiş ve bu azalış kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T1 (33.73%), T2 (28.47%) ve T3 (26.27%) uygulamalarında kabuk oranı daha düşük olup, bu farklılıklar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Bu bulgular, uygulamaların kabuk oranı üzerinde belirgin azaltıcı etkiler oluşturduğunu göstermektedir.

Uygulamaların yağ oranına etkileri izelge 4.12’de verilmiştir. Kontrol uygulaması (T0) 33.67% ile en düşük yağ oranının elde edildiği uygulamadır. T0+ uygulamasında yağ oranı 42.87% olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T1 (42.33%), T2 (42.29%) ve T3 (42.17%) uygulamalarında yağ oranında artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan, T0+, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$).

Yağ veriminde (kg/da) uygulamaların etkisi izelge 4.12’de verilmiştir. En düşük yağ verimi kontrol uygulamasında (T0) 71.95 kg/da llmştir. T0+ uygulamasında yağ verimi 120.98 kg/da olarak kaydedilmiş ve bu artış kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1 (110.09 kg/da), T2 (107.49 kg/da) ve T3 (112.79 kg/da) uygulamalarında yağ veriminde artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$).

4.3 M95K11 Çeşidi 2023 ve 2024 Yılı Sonuçlarının Değerlendirilmesi

Tüm gelişim parametrelerinde yıllara göre farklılıklar olmasına karşın; genel olarak uygulamaların performans sıralamasında kayda değer bir istikrar olduğunu belirlenmiştir.

4.3.1 Vejetatif gelişim

Bitki boyu verileri, tüm uygulamalarda 2024 yılında hafif bir artış olduğunu göstermiştir. Bu artış, T0 uygulamasında yaklaşık 6.8 cm ile en belirgin şekilde gözlemlenirken, diğer uygulamalarda bu artış daha mütevazı düzeyde (1-4 cm arası) gerçekleşmiştir. Performans sıralaması her iki yılda da aynı kalmış olup, T3 uygulaması en yüksek bitki boyu değerini (2023: 104.13 cm; 2024: 108.27 cm) kaydederek bu parametredeki liderliğini sürdürmüştür. T0+ uygulaması ise istikrarlı bir şekilde ikinci sırada yer almış (2023: 102.07 cm; 2024: 104.33 cm). T2 ve T1 uygulamaları birbirine yakın değerlerle onları takip ederken, T0 kontrol grubu en kısa bitkilere sahip olmuştur. Bu istikrarlı sıralama, uygulamaların vejetatif büyüme üzerindeki göreceli etkisinin yıllara göre değişmediğini göstermektedir.

Klorofil içeriği (SPAD değeri), bitkinin azot durumu ve fotosentetik kapasitesinin bir göstergesidir. Veriler, 2024 yılında tüm uygulamalarda klorofil değerlerinde tutarlı bir artış olduğunu göstermektedir. Uygulamalar arası performans sıralaması iki yılda da değişmemiştir. T3 uygulaması, her iki yılda da istatistiksel olarak en yüksek klorofil değerlerine sahip olmuştur (2023: 36.13; 2024: 38.40). T0+ uygulaması ise istikrarlı bir şekilde ikinci en yüksek değerleri kaydetmiştir (2023: 35.07; 2024: 37.20). T2, T1 ve T0 uygulamaları ise sırasıyla daha düşük değerlerle onları takip etmiştir. Bu bulgular, T3 ve T0+ uygulamalarının, bitkinin fotosentetik kapasitesini artırmada diğer uygulamalardan daha etkili ve istikrarlı olduğunu ortaya koymaktadır.

Yaprak su potansiyeli, bitkinin su statüsünün ve kuraklık stresine karşı dayanıklılığının hassas bir göstergesidir. 2024 yılında, tüm uygulamalarda yaprak su potansiyelinde

tutarlı bir artış gözlemlenmiştir. Bu durum, 2024 yılı koşullarının bitki su ilişkileri açısından daha elverişli olduğunu düşündürmektedir. Performans sıralamasındaki istikrar dikkat çekicidir. T3 uygulaması, her iki yılda da en yüksek yaprak su potansiyelinin (2023: 82.07%; 2024: 82.87%) belirlendiği uygulama olarak en iyi su yönetimini sağlamıştır. T0+, T2 ve T1 uygulamaları birbirine çok yakın değerlerle ve istikrarlı bir sıralamayla onu takip etmiş, T0 kontrol grubu ise en düşük değerlere sahip olmuştur. T3'ün bu parametredeki sürekli liderliği, onun bitki su regülasyonu üzerinde diğer uygulamalara kıyasla daha belirgin bir olumlu etkisi olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak M95K11 ayçiçeği çeşidine ait 2023 ve 2024 yılı bitki gelişim parametrelerinde, uygulamaların performans sıralamasında son derece yüksek bir istikrar olduğunu göstermektedir.

Bu bağlamda T3 uygulaması, incelenen tüm gelişim parametrelerinde (bitki boyu, klorofil içeriği, yaprak su potansiyeli) en yüksek değerlere ulaşarak, en kapsamlı ve üstün vejetatif gelişim göstermiştir. T0+ uygulaması ise tüm parametrelerde istikrarlı bir şekilde ikinci en iyi performansı göstermiştir. Her iki uygulama da kontrol grubuna (T0) kıyasla bitki gelişimini önemli ölçüde iyileştirmiştir. T3'ün sağladığı daha yüksek bitki boyu, fotosentetik kapasite ve su statüsünün, nihai verim ve kalite üzerinde de olumlu bir etki yapması kuvvetle muhtemeldir. Bu bulgular, T3 ve T0+ uygulamalarının M95K11 çeşidinde güçlü, güvenilir ve üstün bir vejetatif gelişim temeli sağladığı fikrini desteklemektedir.

4.3.2 Fizyolojik ve morfolojik verilerin değerlendirilmesi

Fizyolojik olum ve çiçeklenme gün sayıları, bitkinin vejetatif ve generatif gelişim periyodunun uzunluğunu belirler. Her iki yılda da tüm uygulamalar için vejetasyon sürelerinde genel bir kısalma eğilimi olduğu gözlemlenmiştir. Örneğin, T0 uygulamasında fizyolojik olum süresi 110.47 günden 109.07 güne, T0+ uygulamasında ise 116.07 günden 114.40 güne hafif bir azalma göstermiştir. Bu durum, 2024 yılında daha yüksek sıcaklıklar veya farklı bir ışık rejimi gibi çevresel faktörlerin bitkilerin gelişim hızını artırmış olabileceğini düşündürmektedir. Bununla birlikte, uygulamalar

arasındaki sıralamanın ($T0+ > T0 > T2 > T1 > T3$) her iki yılda da korunması, bu özellik üzerinde genetik ve uygulama etkisinin, yıllık varyasyondan daha baskın olduğunu göstermektedir.

Tabla çapı, bitkinin fotosentetik kapasitesi ve verim potansiyeli ile doğrudan ilişkili önemli bir morfolojik göstergedir. 2023 ve 2024 verileri incelendiğinde, tüm uygulamalarda tabla çapında tutarlı bir artış olduğu tespit edilmiştir. Örneğin, $T0$ uygulamasında tabla çapı 19.49 cm'den 20.64 cm'ye, $T0+$ uygulamasında ise 21.41 cm'den 22.68 cm'ye yükselmiştir. Bu artış, 2024 yılındaki vejetasyon dönemi koşullarının (örneğin, daha uygun yağış dağılımı veya güneşlenme süresi) generatif organ gelişimi için daha elverişli olduğuna işaret edebilir. Uygulamalar arası performans sıralaması ($T0+ > T0 > T2 > T1 > T3$) her iki yılda da değişmemiş olup, $T0+$ uygulamasının en yüksek tabla çapını sağlama konusundaki istikrarını ortaya koymuştur.

Hasat nemi, hasat zamanının planlanması ve ürünün depolama stabilitesi açısından belirleyici bir parametredir. İki yıllık veriler, tüm uygulamalarda hasat neminde istikrarlı bir düşüş eğilimi olduğunu göstermiştir. Bu düşüş, $T3$ uygulamasında en belirgin şekilde gözlemlenmiş olup, nem oranı %5.87'den %6.40'a çıkmakla birlikte, yine de diğer tüm uygulamalara kıyasla en düşük seviyede kalmıştır. Genel olarak, tüm uygulamalardaki nem azalması, 2024 yılı hasat dönemi koşullarının (daha sıcak, kuru ve rüzgarlı hava) kuruma için daha uygun olduğunu düşündürmektedir. Uygulamalar arası sıralama her iki yılda da korunmuş ($T0 > T0+ > T1 > T2 > T3$), $T3$ uygulamasının düşük hasat nemi sağlama konusundaki üstün ve istikrarlı performansı bir kez daha teyit edilmiştir.

M95K11 çeşide ait 2023 ve 2024 yılı fizyolojik verileri, yıllık iklimsel farklılıkların vejetasyon süresini kısaltma, tabla çapını artırma ve hasat nemini düşürme yönünde net eğilimler oluşturduğunu ortaya koymuştur. Ancak, bu genel eğilimlere rağmen, uygulamalar arasındaki performans sıralamasının tüm parametrelerde oldukça istikrarlı kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, $T0+$ uygulamasının uzun vejetasyon süresi ve yüksek tabla çapı, $T3$ uygulamasının ise erkencilik ve düşük hasat nemi gibi

karakteristik özelliklerinin, yıllar arasında tekrarlanabilir ve güvenilir olduğunu göstermektedir. Sonuç olarak, uygulamaların fenolojik ve morfolojik etkilerinin, yıllık çevre koşullarından etkilenmekle birlikte, temel performans profillerini koruduğu anlaşılmaktadır.

4.3.3 Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi

Değerler, tane verimi ve yağ verimi gibi temel verim parametrelerinde kayda değer bir istikrar olduğunu ortaya koymuştur. T0+ uygulaması, her iki yılda da hem tane verimi (2023: 236.80 kg/da; 2024: 236.10 kg/da) hem de yağ verimi (2023: 121.80 kg/da; 2024: 120.98 kg/da) açısından istatistiksel olarak en yüksek değerlerin belirlendiği uygulamadır. Bu bulgu, T0+ uygulamasının, değişen çevre koşullarından minimum düzeyde etkilenerek yüksek verim potansiyelini sergilemedeki başarısını ve güvenilirliğini kanıtlamaktadır.

Öte yandan T1, T2 ve T3 uygulamaları ise tane verimi açısından her iki yılda da istatistiksel olarak birbirine yakın ve T0+'nın hemen gerisinde bir performans sergilemiştir. Ancak, yağ verimine bakıldığında, T1 ve T2 uygulamalarının değerlerinde 2024 yılında hafif bir düşüş eğilimi gözlemlenirken, T3 uygulamasının yağ veriminde iki yıl arasında neredeyse sabit kaldığı görülmüştür (2023: 113.60 kg/da; 2024: 112.79 kg/da). Bu durum, T3'ün yağ verimi açısından da istikrarlı bir profil çizdiğine işaret etmektedir. Kontrol grubu (T0) ise her iki yılda da diğer tüm uygulamalara kıyasla belirgin şekilde düşük verim değerlerine sahip olmuş ve diğer uygulamaların etkinliğini teyit etmiştir.

Kalite parametrelerinin analizi, uygulamaların bitki fizyolojisi üzerinde farklılaşan etkilerini net bir şekilde ortaya koymuştur. Bin tane ağırlığı (BTA) parametresinde, T3 uygulaması her iki yılda da istatistiksel olarak en yüksek değere sahip olarak (2023: 52.82 g; 2024: 52.35 g) bu alandaki üstünlüğünü kanıtlamıştır. T2 ve T1 uygulamaları da BTA açısından T3 ile aynı istatistiksel grupta yer alarak yüksek ve istikrarlı bir performans sergilemiştir. T0+ uygulaması ise BTA' da orta düzeyde değerler kaydetmiş,

bu da onun verimdeki liderliğinin, tanenin ağırlığından ziyade birim alandaki tane sayısı gibi diğer bileşenlerden kaynaklanıyor olabileceğini düşündürmektedir.

Kabuk oranı, işlenebilir verimlilik açısından kritik bir kalite göstergesidir ve düşük olması arzu edilir. Bu parametrede, T3 ve T2 uygulamaları, her iki yılda da en düşük kabuk oranını sergileyerek (T3: ~%26.17; T2: ~%27.97) istikrarlı bir şekilde en iyi performansı göstermiştir. Bu, söz konusu uygulamaların tane içeriğini artırarak kabuk oranını düşürmede etkili olduğunu göstermektedir. T0+ uygulaması ise kabuk oranında (~%34.30) T3 ve T2'nin gerisinde kalmıştır.

Yağ oranı incelendiğinde, 2023 yılında T0+ uygulaması (%42.87) en yüksek değeri kaydederken, 2024 yılında T0+, T1, T2 ve T3 uygulamalarının istatistiksel olarak aynı yüksek grupta (%42-43 bandında) yer aldığı belirlenmiştir. Bu durum, 2024 yılı koşullarının yağ birikimi üzerinde daha homojen bir etki yarattığını ve T0+ dışındaki uygulamaların da yağ oranını aynı seviyeye çıkarabildiğini göstermektedir.

Sonuç ve genel değerlendirmede iki yıllık kapsamlı verilerin ışığında, M95K11 çeşidi için aşağıdaki sonuçlara varılmıştır;

T0+ uygulaması, hem 2023 hem de 2024 yıllarında sağladığı en yüksek tane ve yağ verimi ile verim odaklı üretim stratejisi için tartışmasız en istikrarlı ve öncelikli seçenektir. Fizyolojik parametrelerde ise uzun vejetasyon süresi, geniş tabla çapıyla diğer uygulamalardan ayrılmaktadır.

T3 uygulaması ise, en yüksek bin tane ağırlığı, en düşük hasat nemi ve en kısa vejetasyon süresi gibi özellikleriyle kalite ve erkencilik profiline sahiptir. Yağ verimi de T0+'a yakın ve rekabet edebilir düzeyde olup, bu özellikler onu pazarda farklılaşma ve olumsuz çevre koşullarına karşı esneklik sağlayabilecek değerli bir alternatif haline getirmektedir.

Genel olarak, tüm parametrelerde uygulamalar arası sıralamanın büyük ölçüde korunması, T0+ ve T3'ün kendilerine özgü avantajlarının yıllar arasında tekrarlanabilir ve güvenilir olduğunu göstermiştir. Nihai olarak bio-bazlı gübrelemenin kombinasyon halinde uygulanması kimyasal gübrelemeye alternatif olabilecek önemli potansiyele sahip olduğunu göstermektedir.

4.4 M94S35 Çeşidi 2023 Yılı Sonuçları

Uygulamaların M94S35 ayçiçeği çeşidinde 2023 yılı denemelerinde incelenen parametrelere etkileri aşağıda verilmiştir.

4.4.1 Bitki boyu

M94S35 çeşitinin 2023 yılındaki denemelerde ilk çapa döneminde (D1) bitki boyu ölçümleri Çizelge 4.13'de verilmiştir. T0 kontrol uygulamasında en düşük bitki boyu (27.67 cm) ölçülmüştür. T1 (32.87 cm) ve T2 (34.73 cm) uygulamalarında bitki boyu artış göstermiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Ayrıca T1, T2 uygulamaları arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T0+ uygulamasında bitki boyu 38.07 cm'ye yükselmiş ve kontrol ile T1 & T2 uygulamalarına göre yüksektir ($p<0.01$). En yüksek bitki boyu ise 43.27 cm ile T3 uygulamasında kaydedilmiş ve bu değer diğer tüm uygulamalardan istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.01$).

Çizelge 4.13 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu değerleri (cm)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	27.67 ± 2.89 ^d	89.67 ± 3.12 ^d	109.07 ± 3.45 ^d
T0+	38.07 ± 3.89 ^b	105.87 ± 4.56 ^b	137.07 ± 4.89 ^b
T1	32.87 ± 3.45 ^c	100.67 ± 3.89 ^c	120.87 ± 4.12 ^c
T2	34.73 ± 3.67 ^c	102.73 ± 4.12 ^c	122.73 ± 4.56 ^c
T3	43.27 ± 4.12 ^a	115.73 ± 4.89 ^a	139.80 ± 5.12 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

2023 yılı M94S35 çeşidine ait tomurcuklanma dönemi (D2) bitki boyu değerleri Çizelge 4.13’de verilmiştir. T0 en düşük bitki boyunun belirlendiği uygulamadır (89.67 cm). T1 (100.67 cm) ve T2 (102.73 cm) uygulamalarında bitki boyu artış göstermiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T0+ uygulamasında bitki boyu 105.87 cm’ye ulaşmış ve T0,T1,T2 uygulamalarına göre daha yüksektir ($p<0.01$). Öte yandan T1 ve T2 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek bitki boyu ise 115.73 cm ile T3 uygulamasında elde edilmiştir. Bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$).

Çiçeklenme dönemi (D3) verileri Çizelge 4.13’de verilmiştir. T0 en düşük bitki boyu (109.07 cm) ölçüldüğü uygulamadır. T1 (120.87 cm) ve T2 (122.73 cm) uygulamalarında bitki boyu artış göstermiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T0+ uygulamasında bitki boyu 137.07 cm’ye ulaşmış ve kontrol, T1 ve T2 uygulamalarına göre yüksektir ($p<0.01$). T3 en yüksek bitki boyunun ölçüldüğü uygulamadır (139.80 cm) ($p<0.01$).

4.4.2 Klorofil içeriği (SPAD)

Çizelge 4.14’de M94S35 çeşidine ait ilk çapa dönemi (D1) klorofil (SPAD) içeriği değerleri verilmiştir. En düşük klorofil içeriği 27.87 SPAD ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T1 (29.47 SPAD) ve T2 (30.47 SPAD) uygulamalarında klorofil içeriğinde artış gözlenmiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T0+ uygulamasında klorofil içeriği 32.07 SPAD’a ulaşmış ve kontrol ile T1-T2 uygulamalarına göre yüksektir ($p<0.01$). T3 en yüksek klorofil içeriğinin belirlendiği uygulamadır (33.47 SPAD) ($p<0.01$).

Çizelge 4.14 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı klorofil içeriği değerleri (SPAD)

Uygulama	D1	D2	D3
T0	27.87 ± 1.78 ^d	38.27 ± 1.89 ^d	44.27 ± 2.01 ^d
T0+	32.07 ± 2.45 ^{ab}	42.27 ± 2.56 ^{ab}	47.27 ± 2.78 ^{ab}
T1	29.47 ± 2.01 ^c	39.87 ± 2.12 ^c	45.67 ± 2.34 ^{cd}
T2	30.47 ± 2.23 ^{bc}	40.87 ± 2.34 ^{bc}	46.07 ± 2.56 ^{bc}
T3	33.47 ± 2.67 ^a	43.73 ± 2.78 ^a	48.00 ± 3.01 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi *Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p < 0.01$). (± standart hata)

2023 yılı M94S35 çeşidine ait tomurcuklanma dönemi (D2) klorofil (SPAD) içeriği değerleri Çizelge 4.14’de verilmiştir. En düşük klorofil içeriği 38.27 SPAD ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T1 (39.87 SPAD) ve T2 (40.87 SPAD) uygulamalarında klorofil içeriğinde artış gözlenmiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p < 0.01$). T1 ve T2 uygulamalarında belirlenen SPAD değerlerindeki fark önemsizdir ($p > 0.01$). T0+ uygulamasında klorofil içeriği 42.27 SPAD’ye ulaşmış ve kontrol ile T1-T2 uygulamalarına göre anlamlı derecede yüksektir ($p < 0.01$). T3 en yüksek klorofil içeriğinin belirlendiği uygulamadır (43.73 SPAD). Ancak T3, T0+ ve T0+, T2 arasındaki fark önemsizdir ($p > 0.01$).

Çizelge 4.14’de 2023 yılı M94S35 çeşidine ait çiçeklenme dönemi (D3) klorofil (SPAD) değerleri verilmiştir. T0 en düşük klorofil içeriğinin belirlendiği uygulamadır (44.27 SPAD). T2 (46.07 SPAD) uygulamasında klorofil içeriğinde artış gözlenmiş olup, bu artış kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p < 0.01$). Ancak T1 (45.67 SPAD) ve T0 da belirlenen farklılık önemsizdir ($p > 0.01$). T0+ uygulamasında klorofil içeriği 47.27 SPAD ulaşmış ve kontrol ile T1 uygulamalarına göre yüksektir ($p < 0.01$). Öte yandan T0+, T2 arasındaki farklılık önemsizdir ($p > 0.01$). T3 en yüksek klorofil içeriğinin ölçüldüğü uygulamadır (48.00 SPAD) ($p > 0.01$).

4.4.3 Yaprak su içeriği (%)

İlk çapa dönemi (D1) yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.15’de verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli 76.40% ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ uygulamasında yaprak su potansiyeli 83.67% olarak ölçülmüş ve bu artış kontrol

uygulamasına kıyasla önemlidir ($p<0.01$). T1 (85.27%) ve T2 (86.13%) uygulamalarında da yaprak su potansiyelinde anlamlı artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T3 en yüksek yaprak su potansiyelinin hesaplandığı uygulamadır (89.27%) ($p<0.01$).

Çizelge 4.15 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2023 yılı yaprak su içeriği değerleri

Uygulama	D1	D2	D3
T0	76.40 $\pm$ 1.12 ^c	71.21 $\pm$ 1.09 ^d	65.33 $\pm$ 1.23 ^b
T0+	83.67 $\pm$ 1.56 ^b	78.27 $\pm$ 1.45 ^c	74.87 $\pm$ 1.67 ^a
T1	85.27 $\pm$ 1.34 ^b	79.20 $\pm$ 1.28 ^c	74.67 $\pm$ 1.45 ^a
T2	86.13 $\pm$ 1.45 ^b	81.40 $\pm$ 1.32 ^b	75.87 $\pm$ 1.56 ^a
T3	89.27 $\pm$ 1.67 ^a	84.27 $\pm$ 1.56 ^a	76.07 $\pm$ 1.78 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). ($\pm$ standart hata)

Tomurcuklanma dönemi (D2) yaprak su potansiyeli (%) verileri Çizelge 4.15’de verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli 71.21% ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ uygulamasında yaprak su potansiyeli 78.27% olarak ölçülmüş ve bu artış kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1 (79.20%) ve T2 (81.40%) uygulamalarında da yaprak su potansiyelinde anlamlı artışlar görülmüş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). T3 en yüksek yaprak su potansiyelinin belirlendiği uygulamadır (84.27%) ($p<0.01$).

Çiçeklenme dönemi (D3) yaprak su potansiyeli (%) verileri Çizelge 4.15’de verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli 65.33% ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ uygulamasında yaprak su potansiyeli 74.87% olarak ölçülmüş ve bu artış kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). T1 (74.67%), T2 (75.87%) ve T3 (76.07%) uygulamalarında yaprak su potansiyelinde artışlar gözlenmiş olup, bu artışlar kontrol uygulamasına göre önemlidir ($p<0.01$). Öte yandan T0+, T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki farklar önemsizdir ($p>0.01$).

4.4.4 M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

Genel ortalama bitki boyu değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir. En kısa bitki boyu değeri T0 uygulamasında 92.47 cm olarak ölçülmüştür. En yüksek bitki boyu 126.27 cm ile T3 uygulamasında kaydedilmiş, bunu 122.33 cm ile T0+ uygulaması takip etmiştir. Ayrıca T0+ ve T3 arasındaki fark önemlidir ($p<0.01$). T1 (108.13 cm) ve T2 (110.07 cm) uygulamaları ise kontrol (92.47 cm) uygulamasına göre daha yüksek değerler göstermiştir ($p<0.01$). Ek olarak T1, T2 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$).

Çizelge 4.16 M94S35 çeşidi 2023 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	Klorofil	Yaprak su potansiyeli (%)
T0	92.47 ± 3.12 ^c	39.47 ± 0.78 ^c	69.00 ± 0.89 ^c
T0+	122.33 ± 4.56 ^b	45.20 ± 0.98 ^a	78.60 ± 1.23 ^b
T1	108.13 ± 3.89 ^c	40.33 ± 0.84 ^b	77.73 ± 0.95 ^b
T2	110.07 ± 4.12 ^c	41.47 ± 0.91 ^b	79.13 ± 1.08 ^a
T3	126.27 ± 4.89 ^a	44.40 ± 1.05 ^a	80.87 ± 1.34 ^a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Genel ortalama klorofil (SPAD) değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir. T0+ (45.20) ve T3 (44.40) uygulamaları en yüksek klorofil içeriğinin (SPAD) belirlendiği uygulamalardır. Kontrol uygulamasına göre (39.47 SPAD) önemli artış gerçekleşmiştir. Öte yandan T0+ ve T3 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T1 (40.33) ve T2 (41.47) uygulamaları da kontrol uygulamasına göre daha yüksek klorofil değerleri göstermiştir, ancak T0+ ve T3 uygulamalarından düşüktür.

Genel ortalama yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.16’da verilmiştir. En yüksek yaprak su potansiyeli T3 (%80.87) ve T2 (%79.13) uygulamalarında kaydedilmiştir. Bu değerler kontrol T0’a göre (%69.00) yüksektir. T0+ (%78.60) ve T1 (%77.73) uygulamaları da kontrol uygulamasına kıyasla önemli artış sağlamış, ancak T2 ve T3 uygulamalarından daha düşük kalmıştır. T2 ve T3 uygulamalarına ölçülen yaprak su içeriği % değerleri arasında fark yoktur ($p>0.01$). Benzer şekilde T0+ ve T1 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$).

4.4.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler

En uzun fizyolojik olgunluk süresi 114.47 gün ile T0+ uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer kontrol uygulamasına (108.73 gün) göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.17). T2 uygulaması 102.93 gün ile orta düzeyde bir değer göstermiş ve kontrol grubuna kıyasla daha kısa sürede fizyolojik olgunluğa ulaşmıştır. T1 (98.80 gün) ve T3 (95.87 gün) uygulamaları ise en kısa süreyi göstermiş ve kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak anlamlı bir azalma ortaya koymuştur. Ayrıca T1 ve T3 arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$).

Çizelge 4.17 M94S35 çeşidi 2023 yılı fizyolojik gelişim gün sayıları, tabla çapı ve hasat nemi değerleri

Uyg.	Fizyolojik olum gün sayısı	Çiçeklenme gün sayısı	Tabla çapı (cm)	Hasat nemi (%)
T0	108.73 ± 2.10 ^b	74.20 ± 0.85 ^a	20.56 ± 1.12 ^b	11.07 ± 0.49 ^a
T0+	114.47 ± 1.90 ^a	74.73 ± 0.71 ^a	22.66 ± 0.80 ^a	10.20 ± 0.72 ^b
T1	98.80 ± 1.10 ^d	67.87 ± 0.42 ^c	18.06 ± 0.70 ^c	9.13 ± 0.64 ^b
T2	102.93 ± 1.20 ^c	70.13 ± 1.10 ^b	18.81 ± 1.12 ^c	8.07 ± 0.42 ^c
T3	95.87 ± 1.05 ^d	66.40 ± 1.05 ^c	17.89 ± 1.15 ^c	7.47 ± 0.52 ^d

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Çizelge 4.17’de çiçeklenme gün sayısı değerleri verilmiştir. En uzun çiçeklenme süresi T0 (74.20 gün) ve T0+ (74.73 gün) uygulamalarında kaydedilmiş olup, bu değerler diğer uygulamalara kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. T0 ve T0+ uygulamalarında belirlenen fark önemsizdir ($p>0.01$). T2 uygulaması 70.13 gün ile orta düzeyde bir değer göstermiştir. Buna karşılık T1 (67.87 gün) ve T3 (66.40 gün) uygulamalarında çiçeklenme süresi belirgin şekilde kısalmış ve kontrole göre azalmıştır. Ayrıca T1 ve T3 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$).

Tabla çapı değerleri Çizelge 4.17’de verilmiştir. T0+ en yüksek tabla çapının ölçüldüğü uygulamadır (22.66 cm). Bu değer T0’a göre (20.56 cm) anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. T1 (18.06 cm), T2 (18.81 cm) ve T3 (17.89 cm) uygulamalarında ise tabla çapı değerleri kontrol uygulamasına kıyasla önemli düzeyde düşük gerçekleşmiştir.

En yüksek hasat nemi %11.07 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer diğer tüm uygulamalara kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.17). T0+ (%10.20) ve T1 (%9.13) uygulamalarında hasat nemi azalmış, ancak bu değerler birbirine yakın seyretmiştir ($p>0.01$). T2 uygulamasında hasat nemi %8.07'ye kadar düşerken, en düşük değer %7.47 ile T3 uygulamasında ölçülmüştür ($p<0.01$).

4.4.6 Verim parametreleri

M94S35 çeşidinde bin tane ağırlığı değerleri Çizelge 4.18'de verilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir ($p<0.01$). En yüksek verim 221.00 kg/da ile T0+ uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer kontrol uygulamasına (171.83 kg/da) göre anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur. T1 (209.89 kg/da), T2 (207.12 kg/da) ve T3 (211.67 kg/da) uygulamaları da kontrol uygulamasına kıyasla önemli artış sağlamış, ancak kendi aralarında istatistiksel olarak önemsiz farklılık göstermiştir ($p>0.01$).

Çizelge 4.18 M94S35 çeşidi 2023 yılı verim parametreleri değerleri

Uyg.	Bin tane ağırlığı (g)	Dekara tane verim (kg/da)	Kabuk oranı (%)	Yağ oranı (%)	Yağ verimi (kg/da)
T0	40.98 ^c	171.83 ^c	41.67 ^a	33.94 ^b	71.78 ^c
T0+	45.51 ^b	221.00 ^a	35.07 ^b	42.79 ^a	121.00 ^a
T1	47.72 ^b	209.89 ^b	33.40 ^b	42.06 ^a	109.89 ^b
T2	48.48 ^b	207.12 ^b	28.93 ^c	42.15 ^a	107.12 ^b
T3	52.38 ^a	211.67 ^b	25.87 ^c	42.26 ^a	111.67 ^b

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

M94S35 çeşidinde dekara tane verimi Çizelge 4.18'de verilmiştir. T0 en yüksek tane veriminin hesaplandığı uygulamadır (209.83 kg/da). T0+ uygulamasında verim 121.00 kg/da olarak ölçülmüş ve kontrol uygulamasına kıyasla önemli düzeyde düşük gerçekleşmiştir. T1 (109.89 kg/da), T2 (107.12 kg/da) ve T3 (111.67 kg/da) uygulamaları ise birbirine yakın değerler göstermiş ve aralarındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu bulgular, biyolojik uygulamaların verim üzerine olumsuz etkiler oluşturabileceğini göstermektedir.

Uygulamaların kabuk oranı değerlerine etkisi Çizelge 4.18’de verilmiştir. En yüksek kabuk oranı %41.67 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer diğer tüm uygulamalardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. T0+ (%35.07) ve T1 (%33.40) uygulamalarında kabuk oranı kontrol grubuna kıyasla önemli düzeyde azalmış, ancak birbirleriyle istatistiksel olarak benzerlik göstermiştir ($p>0.01$). T2 (%28.93) ve T3 (%25.87) uygulamalarında ise kabuk oranı daha da düşmüş ve kontrol grubuna göre anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Fakat T2 ve T3 uygulamalarında belirlenen değerler arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). Bu sonuçlar, biyolojik uygulamaların kabuk oranını azaltmada etkili olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.18’de yağ oranı değerleri verilmiştir. En düşük yağ oranı %33.94 ile kontrol uygulamasında (T0) tespit edilmiştir. Buna karşılık T0+ (%42.79), T1 (%42.06), T2 (%42.15) ve T3 (%42.26) uygulamaları arasında fark bulunmamıştır ($p>0.01$). Ancak kontrole göre daha yüksek yağ oranı sağlamıştır ($p<0.01$). Bu sonuçlar, uygulamaların yağ oranını artırıcı yönde etkili olduğunu göstermektedir.

4.5 M94S35 Çeşidi 2024 Yılı Sonuçları

Uygulamaların M94S35 ayçiçeği çeşidinde 2024 yılı denemelerinde incelenen parametreler üzerine etkileri aşağıda verilmiştir.

4.5.1 Bitki boyu

M94S35 ayçiçeği çeşidinde yağ verimi Çizelge 4.19’da verilmiştir. En düşük yağ verimi 71.78 kg/da ile kontrol uygulamasında (T0) belirlenmiştir. En yüksek yağ verimi ise 121.00 kg/da ile T0+ uygulamasından elde edilmiştir. T1 (109.89 kg/da), T2 (107.12 kg/da) ve T3 (111.67 kg/da) uygulamaları istatistiksel olarak aynı grupta yer almakla birlikte ($p>0.01$), kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiştir ($p<0.01$). Bu sonuçlar, uygulamaların yağ verimini belirgin şekilde değiştirdiğini ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.19 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu değerleri

Uygulama	D1	D2	D3
T0	27.87 ± 3.12 ^d	98.67 ± 4.12 ^d	118.07 ± 4.56 ^d
T0+	38.07 ± 4.56 ^b	114.87 ± 5.67 ^b	146.07 ± 5.89 ^b
T1	32.07 ± 3.67 ^c	109.67 ± 4.89 ^c	129.87 ± 5.12 ^c
T2	34.73 ± 4.12 ^c	111.73 ± 5.12 ^c	131.73 ± 5.45 ^c
T3	43.27 ± 5.12 ^a	124.73 ± 5.89 ^a	148.80 ± 6.12 ^a

*D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

2024 yılı M94S35 çeşidine ait ilk çapa dönemi (D1) bitki boyu değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir. En düşük bitki boyu 27.87 cm ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşüktür. T1 (32.07 cm) ve T2 (34.73 cm) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiştir. T0+ uygulamasında bitki boyu 38.07 cm olarak ölçülmüş ve kontrol ile diğer bazı uygulamalardan istatistiksel olarak önemli derecede yüksek bulunmuştur. En yüksek bitki boyu 43.27 cm ile T3 uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan yüksektir ($p<0.01$).

D2 (tomurcuklanma dönemi) bitki boyu değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir. T0 en düşük bitki boyunun (98.67 cm) ölçüldüğü uygulamadır. T1 (109.67 cm) ve T2 (111.73 cm) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiştir. Ancak T1 ve T2 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T0+ uygulamasında bitki boyu 114.87 cm olarak ölçülmüş ve kontrol ile bazı uygulamalardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. T3 en yüksek bitki boyunun ölçüldüğü (124.73 cm) uygulamadır.

D3 (çiçeklenme dönemi) bitki boyu değerleri Çizelge 4.19’da verilmiştir. En düşük bitki boyu 118.07 cm ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşüktür ($p<0.01$). T1 (129.87 cm) ve T2 (131.73 cm) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiştir ancak aralarında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0.01$). T0+ uygulamasında bitki boyu 146.07 cm olarak ölçülmüş ve kontrol ile bazı uygulamalardan istatistiksel olarak anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. En yüksek bitki boyu 148.80 cm ile T3 uygulamasında

kaydedilmiş olup, bu değer tüm uygulamalardan anlamlı düzeyde yüksektir (Çizelge 4.19).

4.5.2 Klorofil içeriği (SPAD)

M94S35 çeşidine ait ilk çapa dönemi (D1) klorofil (SPAD) değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. En düşük klorofil değeri 28.87 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur. T1 (31.47) ve T2 (32.21) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiştir, ancak birbirlerinden istatistiksel olarak farklı değildir ($p>0.01$). T0+ (34.07) ve T3 (34.47) uygulamaları en yüksek klorofil değerlerini sağlamış olup, bu iki uygulama kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.20 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı klorofil içeriği değerleri

Uygulama	D1	D2	D3
T0	28.87 $\pm$ 2.01 ^c	40.01 $\pm$ 2.12 ^c	46.24 $\pm$ 2.34 ^b
T0+	34.07 $\pm$ 2.67 ^a	44.27 $\pm$ 2.78 ^a	49.22 $\pm$ 3.01 ^a
T1	31.47 $\pm$ 2.23 ^b	41.86 $\pm$ 2.34 ^b	47.12 $\pm$ 2.56 ^{ab}
T2	32.21 $\pm$ 2.45 ^b	42.82 $\pm$ 2.56 ^b	48.03 $\pm$ 2.78 ^a
T3	34.47 $\pm$ 2.89 ^a	45.73 $\pm$ 3.01 ^a	50.00 $\pm$ 3.23 ^a

D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). ($\pm$ standart hata)

Tomurcuklanma dönemi (D2) klorofil (SPAD) değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. En düşük klorofil değeri 40.01 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan düşüktür ($p<0.01$). T1 (41.86) ve T2 (42.82) uygulamaları kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir. Ancak aralarındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T0+ (44.27) ve T3 (45.73) uygulamaları en yüksek klorofil değerlerinin ölçüldüğü uygulamalardır.

M94S35 çeşidine ait çiçeklenme dönemi (D3) klorofil (SPAD) değerleri Çizelge 4.20’de verilmiştir. En düşük klorofil değeri 46.24 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ancak T1 (47.12) uygulaması kontrol uygulamasına kıyasla artış göstermesine karşın

bu fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). T0+ (49.22), T2 (48.03) ve T3 (50.00) uygulamaları en yüksek klorofil değerlerini sağlamış olup, bu uygulamalar kontrol uygulamasına göre anlamlı derecede yüksek bulunmuştur (Çizelge 4.20).

4.5.3 Yaprak su içeriği (%)

M94S35 çeşidine ait ilk çapa dönemi (D1) yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli %74.49 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşüktür. T0+ (%83.64), T1 (%82.22) ve T2 (%83.13) uygulamaları kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir ($p<0.01$). Ancak bu üç uygulama arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli %86.28 ile T3 uygulamasında kaydedilmiş olup, bu değer diğer tüm uygulamalardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Ölçüm dönemlerine göre M94S35 çeşidi 2024 yılı yaprak su içeriği değerleri

Uygulama	D1	D2	D3
T0	74.49 ± 3.45 ^c	79.27 ± 2.34 ^c	69.33 ± 2.56 ^c
T0+	83.64 ± 4.56 ^b	80.22 ± 3.12 ^c	76.21 ± 3.45 ^b
T1	82.22 ± 3.89 ^b	83.44 ± 2.67 ^b	75.23 ± 2.89 ^b
T2	83.13 ± 4.12 ^b	84.38 ± 2.89 ^b	79.06 ± 3.12 ^a
T3	86.28 ± 4.89 ^a	87.20 ± 3.45 ^a	81.07 ± 3.67 ^a

D1: İlk çapa dönemi, D2: Tomurcuklanma dönemi, D3: Çiçeklenme dönemi

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

M94S35 çeşidine ait tomurcuklanma dönemi (D2) yaprak su potansiyeli (%) değerleri Çizelge 4.21’de verilmiştir. En düşük yaprak su potansiyeli %79.27 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Ancak T0+ (%80.22) uygulamasıyla T0 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T1 (%83.44) ve T2 (%84.38) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış göstermiş olup, aralarında istatistiksel fark bulunmamaktadır. En yüksek yaprak su potansiyeli %87.20 ile T3 uygulamasında kaydedilmiş ve bu değer diğer tüm uygulamalardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur ($p<0.01$).

Çiçeklenme döneminde en düşük yaprak su potansiyeli değeri T0 uygulamasında belirlenmiştir. T0+ ve T1 uygulamalarında belirlenen (sırasıyla %76.21 ve %75.23) yaprak su potansiyelleri arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek yaprak su potansiyeli değerleri %79.06 ile T2 ve %81.07 ile T3 uygulamasında belirlenmiştir. Ancak aralarındaki fark önemsizdir ($p>0.01$) (Çizelge 4.21).

4.5.4 M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

2024 yılı M94S35 çeşidine ait genel ortalama bitki boyu değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. T0’da en düşük bitki boyu (104.87 cm) ölçülmüştür. T1 (120.13 cm) ve T2 (122.07 cm) uygulamaları kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir. Ancak bu iki uygulama arasında istatistiksel fark bulunmamıştır ($p>0.01$). T0+ (134.33 cm) uygulaması bitki boyunu kontrol ve bazı uygulamalardan anlamlı derecede artırmıştır. T3 en yüksek bitki boyunun ölçüldüğü (138.27 cm) uygulamadır.

Çizelge 4.22 M94S35 çeşidi 2024 yılı bitki boyu, klorofil içeriği ve yaprak su potansiyeli genel ortalamaları

Uyg.	Bitki Boyu (cm)	Klorofil (SPAD)	Yaprak su potansiyeli (%)
T0	104.87 ± 4.12 ^d	40.87 ± 0.89 ^c	73.20 ± 0.95 ^c
T0+	134.33 ± 5.67 ^b	45.20 ± 1.09 ^a	81.60 ± 1.34 ^b
T1	120.13 ± 4.89 ^c	42.33 ± 0.95 ^b	81.73 ± 1.08 ^b
T2	122.07 ± 5.12 ^c	43.47 ± 1.02 ^b	83.13 ± 1.23 ^a
T3	138.27 ± 5.89 ^a	46.40 ± 1.15 ^a	85.87 ± 1.45 ^a

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Çizelge 4.22’de genel ortalama klorofil (SPAD) değerleri verilmiştir. En düşük klorofil değeri 40.87 ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiş olup, bu değer tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur ($p<0.01$). T1 (42.33) ve T2 (43.47) uygulamaları kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir ancak aralarında istatistiksel fark bulunmamaktadır. T0+ (45.20) ve T3 (46.40) uygulamaları en yüksek klorofil değerlerini sağlamış olup, bu iki uygulama kontrol ve bazı uygulamalardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Öte yandan T0+ ve T3 arasındaki fark da istatistiksel olarak önemsizdir.

Genel ortalama yaprak su içeriği (%) değerleri Çizelge 4.22’de verilmiştir. T0 en düşük yaprak su potansiyelinin (%73.20) ölçüldüğü uygulamadır. T0+ (%81.60) ve T1 (%81.73) uygulamaları kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir ancak aralarında istatistiksel fark bulunmamaktadır ($p>0.01$). T2 (%83.13) ve T3 (%85.87) uygulamaları en yüksek yaprak su potansiyeli değerlerini sağlamış olup, bu iki uygulama kontrol ve diğer bazı uygulamalardan anlamlı derecede yüksek bulunmuştur. Benzer şekilde T2 ve T3 arasındaki fark da önemsizdir ($p>0.01$).

4.5.5 Fenolojik ve morfolojik özellikler

2024 yılı M94S35 çeşidine ait fizyolojik olgunluk süresi (gün sayısı) Çizelge 4.23’de verilmiştir. En uzun fizyolojik olgunluk süresi 120.93 gün ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ (112.13 gün), T1 (110.93 gün) ve T2 (110.60 gün) uygulamalarında fizyolojik olgunluk süresi kontrol uygulamasına göre anlamlı düzeyde kısalmıştır. Ancak bu üç uygulama arasında istatistiksel bir farklılık gözlenmemiştir ($p>0.01$). En kısa fizyolojik olgunluk süresi ise 106.07 gün ile T3 uygulamasında belirlenmiş olup, tüm diğer uygulamalardan anlamlı derecede daha düşük bulunmuştur. Bu sonuçlar, biyolojik uygulamaların genel olarak fizyolojik olgunluk süresini kısalttığını, özellikle T3 uygulamasının bu etkiyi daha belirgin şekilde ortaya koyduğunu göstermektedir.

Çizelge 4.23 M94S35 çeşidi 2024 fizyolojik olum gün sayısı, çiçeklenme gün sayısı, tabla çapı ve hasat nemi değerleri

Uyg.	Fizyolojik Olum Gün Sayısı	Çiçeklenme Gün Sayısı	Tabla Çapı	Hasat Nemi (%)
T0	120.93 ± 2.15 ^a	78.07 ± 2.05 ^a	15.07 ± 1.49 ^c	10.13 ± 0.92 ^a
T0+	112.13 ± 2.26 ^b	70.40 ± 1.92 ^b	19.20 ± 1.82 ^b	9.73 ± 0.86 ^b
T1	110.93 ± 1.87 ^b	71.40 ± 1.68 ^b	19.73 ± 1.79 ^b	9.53 ± 0.86 ^c
T2	110.60 ± 2.29 ^b	70.73 ± 1.49 ^b	20.60 ± 1.45 ^b	9.53 ± 0.86 ^c
T3	106.07 ± 2.15 ^c	66.40 ± 1.76 ^c	23.60 ± 1.64 ^a	9.07 ± 0.86 ^c

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Çiçeklenme süresi (gün sayısı) Çizelge 4.23’de verilmiştir. En uzun çiçeklenme süresi 78.07 gün ile kontrol uygulamasında (T0) ölçülmüştür. T0+ (70.40 gün), T1 (71.40 gün)

ve T2 (70.73 gün) uygulamalarında çiçeklenme süresi kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı düzeyde kısalmıştır ($p<0.01$). Bu üç uygulama arasında fark önemsizdir ($p>0.01$). En kısa çiçeklenme süresi ise 66.40 gün ile T3 uygulamasında kaydedilmiş ve diğer tüm uygulamalardan anlamlı derecede düşük bulunmuştur. Bu bulgular, biyolojik uygulamaların genel olarak çiçeklenme süresini kısalttığını ve özellikle T3 uygulamasının bu etkiyi daha belirgin şekilde ortaya koyduğunu göstermektedir.

Tabla çapı ölçüm sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir. En düşük tabla çapı 15.07 cm ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ (19.20 cm), T1 (19.73 cm) ve T2 (20.60 cm) uygulamalarında tabla çapı kontrol uygulamasına göre anlamlı derecede artış göstermiştir. Öte yandan bu üç uygulama arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). En yüksek tabla çapı ise 23.60 cm ile T3 uygulamasında belirlenmiş olup, diğer tüm uygulamalardan anlamlı derecede yüksek değer oluşturmuştur ($p<0.01$). Bu bulgular, biyolojik uygulamaların tabla çapı üzerinde önemli etki gösterdiği fikrini desteklemektedir.

Hasat nemi (%) sonuçları Çizelge 4.23’de verilmiştir. En yüksek hasat nemi %10.13 ile kontrol uygulamasında (T0) belirlenmiştir. T0+ uygulamasında hasat nemi %9.73 olup, kontrol uygulamasına göre düşüktür ($p<0.01$). T1 (%9.53), T2 (%9.53) ve T3 (%9.07) uygulamalarında ise hasat nemi daha da düşmüş ve bu değerler kontrol uygulamasına kıyasla istatistiksel olarak önemli farklılık göstermiştir.

Çizelge 4.23’de 2024 yılı M94S35 çeşidinin bin tane ağırlığı (BTA) değerleri verilmiştir. En düşük bin tane ağırlığı 39.67 g ile kontrol uygulamasında (T0) kaydedilmiştir. T0+ (45.83 g), T1 (45.98 g) ve T2 (46.53 g) uygulamalarında bin tane ağırlığı kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı düzeyde artış göstermiştir. Ancak bu üç uygulama arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). T3 en yüksek BTA değerinin ölçüldüğü uygulamadır (49.81 g) ($p<0.01$). Bu bulgular, biyolojik uygulamaların bin tane ağırlığını artırmada etkili olduğunu ve özellikle T3 uygulamasının öne çıktığını ortaya koymaktadır.

4.5.6 Verim parametreleri

2024 yılı M94S35 çeşidine ait BTA değerleri Çizelge 4.24’de verilmiştir. T0 en düşük BTA (39.67 g) ölçülen uygulamadır. T0+ (45.83 g), T1 (45.98 g) ve T2 (46.53 g) uygulamalarında bin tane ağırlığı kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı düzeyde artış göstermiştir. En yüksek değer ise 49.81 g ile T3 uygulamasında elde edilmiş ve diğer tüm uygulamalardan istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.01$). Sonuçlar, biyolojik uygulamaların bin tane ağırlığını artırmada etkili olduğunu ve özellikle T3 uygulamasının öne çıktığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.24 M94S35 çeşidi 2024 yılı verim parametreleri değerleri

Uyg.	Bin Tane Ağırlığı (g)	Dekara Tane Verim (kg/da)	Kabuk Oranı (%)	Yağ Oranı (%)	Yağ Verimi (kg/da)
T0	39.67 ± 0.92 ^c	242.93 ± 4.84 ^c	39.27 ± 2.58 ^a	31.73 ± 1.28 ^c	80.60 ± 2.29 ^d
T0+	45.83 ± 2.10 ^b	317.13 ± 3.98 ^a	29.40 ± 1.76 ^b	45.60 ± 1.12 ^a	138.47 ± 2.20 ^a
T1	45.98 ± 2.03 ^b	300.13 ± 5.82 ^b	26.87 ± 1.96 ^c	42.37 ± 1.06 ^b	127.07 ± 1.94 ^b
T2	46.53 ± 2.65 ^b	305.13 ± 6.55 ^b	25.73 ± 2.12 ^c	43.17 ± 1.06 ^b	121.80 ± 2.08 ^c
T3	49.81 ± 2.89 ^a	314.87 ± 8.47 ^a	25.60 ± 2.61 ^c	46.03 ± 1.62 ^a	127.87 ± 6.78 ^b

*Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir ($p<0.01$). (± standart hata)

Dekara tane verimi Çizelge 4.24’de verilmiştir. En düşük değer 242.93 kg/da ile kontrol uygulamasında (T0) hesaplanmıştır. T1 (300.13 kg/da) ve T2 (305.13 kg/da) uygulamaları, kontrol uygulamasına göre önemli artış sağlamış, ancak kendi aralarında istatistiksel olarak farklı bulunamamıştır ($p>0.01$). En yüksek verim değerleri ise T0+ (317.13 kg/da) ve T3 (314.87 kg/da) uygulamalarında kaydedilmiş olup, her iki uygulama da hem kontrol uygulamasından hem de T1 ve T2’den anlamlı şekilde ayrılmıştır. Öte yandan aralarındaki fark (T0+ ve T3) önemsizdir ($p>0.01$). Sonuç olarak, biyolojik uygulamalar tane verimini T0’a göre önemli ölçüde artırmış olmasına karşın, özellikle T0+ ve T3 uygulamaları öne çıkarak dekara verim açısından en yüksek katkıyı sağlamıştır.

Kabuk oranı (%) Çizelge 4.24’de verilmiştir. En yüksek kabuk oranı %39.27 ile kontrol uygulamasında (T0) ölçülmüştür. T0+ uygulamasında kabuk oranı %29.40 olarak ölçülmüş olup, kontrol uygulamasına göre düşüktür ($p<0.01$). T1 (%26.87), T2

(%25.73) ve T3 (%25.60) uygulamalarında kabuk oranı daha da azalmış ve bu değerler T0 ve T0+’a göre düşüktür ($p<0.01$). Öte yandan T1, T2 ve T3 uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsizdir ($p>0.01$). Sonuçlar, biyolojik uygulamaların kabuk oranını önemli ölçüde azalttığını ve özellikle T1, T2 ve T3 uygulamalarının bu etkiyi daha belirgin şekilde ortaya koyduğunu göstermektedir.

Yağ oranı (%) Çizelge 4.24’de verilmiştir. En düşük yağ oranı %31.73 ile kontrol uygulamasında (T0) ölçülmüştür. T1 (%42.37) ve T2 (%43.17) uygulamaları, kontrol uygulamasına kıyasla anlamlı artış göstermiştir ($p<0.01$). Ancak bu iki uygulama arasında fark yoktur ($p>0.01$). En yüksek yağ oranı değerleri ise T0+ (%45.60) ve T3 (%46.03) uygulamalarında belirlenmiştir. T0+ ve T3 arasındaki fark önemsizdir ($p>0.01$). Bu sonuçlar, biyolojik uygulamaların yağ oranını artırmada etkili olduğunu göstermektedir. Elde edilen sonuçlara göre T3 uygulamasında belirlenen önemli artış T0+ ile benzerdir. Bu da kimyasal gübrelere alternatif çevre dostu ve sürdürülebilir yaklaşımlar için önemli bir sonuçtur.

Yağ verimi (kg/da) Çizelge 4.24’de verilmiştir. T0 en düşük yağ veriminin belirlendiği uygulamadır (80,60 kg/da). T2 (121.80 kg/da) ve T1 (127.07 kg/da) uygulamaları kontrol uygulamasına göre anlamlı artış sağlamıştır ($p<0.01$). T3 uygulamasında yağ verimi 127.87 kg/da olarak ölçülmüş ve T1 ile benzer düzeyde bulunmuştur ($p>0.01$), ancak kontrol uygulamasından anlamlı derecede yüksektir. T0+ en yüksek yağ veriminin (138.47 kg/da) hesaplandığı uygulamadır ($p<0.01$). Bu sonuçlar, biyolojik uygulamaların yağ verimini önemli ölçüde artırdığını ancak T0+ uygulamasının en yüksek katkıyı sağladığını göstermektedir.

4.6 M94S35 Çeşidi 2023 ve 2024 Sonuçlarının Yorumlanması

Tüm gelişim parametrelerinde yıllara göre farklılıklar olmasına karşın; genel olarak uygulamaların performans sıralamasında kayda değer bir istikrar olduğunu belirlenmiştir.

4.6.1 Vejetatif gelişim

Bitki boyu, bitkinin ışık için rekabet gücünün ve genel vejetatif gelişiminin temel bir göstergesidir. Tüm uygulamalarda 2024 yılında bitki boyunun 2023'e kıyasla yaklaşık 10-12 cm aralığında bir artış gösterdiği gözlemlenmiştir. Bu durum, 2024 vejetasyon dönemi koşullarının (muhtemelen daha uygun sıcaklık ve yağış dağılımı) vejetatif büyümeyi teşvik edici yönde etkili olduğunu düşündürmektedir. Performans sıralaması her iki yılda da aynı kalmış olup, T3 uygulaması en yüksek bitki boyu değerini (2023: 126.27 cm; 2024: 138.27 cm) kaydederek bu parametredeki liderliğini sürdürmüştür. T0+ uygulaması ise istikrarlı bir şekilde ikinci sırada yer almış (2023: 122.33 cm; 2024: 134.33 cm), T1 ve T2 uygulamaları birbirine yakın değerlerle takip etmiştir. Kontrol grubu (T0) ise her iki yılda da en kısa boylu bitkilerin belirlendiği uygulama olmuştur.

Fotosentetik kapasite ve azot kullanım etkinliği bakımından klorofil içeriği (SPAD değeri), bitkinin azot durumu ve fotosentetik potansiyeli ile doğrudan ilişkili bir parametredir. Veriler, 2024 yılında tüm uygulamalarda klorofil değerlerinde hafif bir artış eğilimi olduğunu göstermiştir. Uygulamalar arası performans sıralaması iki yılda da aynı kalmıştır. T3 ve T0+ uygulamaları, her iki yılda da istatistiksel olarak en yüksek klorofil değerlerine sahip olarak (T3: ~45.40; T0+: ~45.20) üstün ve istikrarlı bir fotosentetik kapasite sergilemiştir. Bu bulgu, söz konusu uygulamaların bitkide azot alımını ve/veya kullanım etkinliğini artırarak fotosentez kapasitesini optimize ettiğini göstermektedir. T2 ve T1 uygulamaları orta düzeyde değerlerle onları takip ederken, T0 kontrol grubu en düşük değerlerin belirlendiği uygulamadır.

Yaprak su potansiyeli, bitkinin su durumu ve kuraklık gibi abiyotik stres koşullarına karşı toleransının hassas bir göstergesidir. Daha yüksek değerler, bitkinin daha iyi bir su birikimine sahip olduğunu ifade eder. 2024 yılında, tüm uygulamalarda yaprak su potansiyelinde bir miktar artış gözlemlenmiştir. Bu artış, 2024 yılındaki toprak nemi veya atmosferik nem koşullarının bitki su ilişkileri açısından daha elverişli olduğuna işaret etmektedir. Performans sıralamasındaki istikrar dikkat çekicidir. T3 uygulaması, her iki yılda da en yüksek yaprak su potansiyelini (2023: 80.87%; 2024: 85.87%)

kaydederek en iyi su stresi yönetimini sağlamıştır. T2 uygulaması 2024'te T3 ile aynı istatistiksel gruba yükselerek çok yakın bir performans göstermiş, T0+ ve T1 uygulamaları ise istikrarlı bir şekilde onları takip etmiştir.

M94S35 çeşidine ait 2023 ve 2024 yılı bitki gelişim parametrelerinde uygulamaların performans sıralamasında son derece yüksek bir istikrar olduğu görülmektedir. 2024 yılı koşullarının tüm parametrelerde daha iyi bir vejetatif gelişim için elverişli olduğunu ortaya belirlenmiştir. Bu bağlamda; T3 uygulaması, incelenen tüm gelişim parametrelerinde (bitki boyu, klorofil içeriği, yaprak su potansiyeli) en yüksek veya en yüksekler arasında değerlere ulaşarak, en kapsamlı ve üstün vejetatif gelişim sergilemiştir. T0+ uygulaması ise, özellikle klorofil içeriğinde T3 ile aynı seviyede olmak üzere, tüm parametrelerde istikrarlı bir şekilde ikinci en iyi performansı göstermiştir. Her iki uygulama da kontrol grubuna (T0) kıyasla bitki gelişimini önemli ölçüde iyileştirmiştir. T3'ün sağladığı daha yüksek bitki boyu, fotosentetik kapasite ve su statüsünün, nihai verim ve kalite üzerinde de olumlu bir etki gösterdiği fikrini desteklemektedir. Bu bulgular, T3 ve T0+ uygulamalarının M94S35 çeşidinde de güçlü ve güvenilir bir vejetatif gelişim temeli sağladığını kanıtlamaktadır.

4.6.2 Fizyolojik ve morfolojik verilerin değerlendirilmesi

Fizyolojik ve morfolojik parametrelerdeki yıllar arası değişkenlik, uygulamaların bitki gelişimi üzerindeki farklılaşan etkilerini ortaya koymuştur. Vejetasyon süresi (fizyolojik olum gün sayısı) incelendiğinde, uygulamalara bağlı olarak önemli farklılıklar gözlemlenmiştir. 2023 yılında T0+ uygulaması en uzun vejetasyon süresine (114.47 gün) sahipken, 2024 yılında bu süre T0 uygulamasında (120.93 gün) kaydedilmiştir. Buna karşılık, T3 uygulamasının her iki yılda da istatistiksel olarak en kısa vejetasyon süresini (2023: 95.87 gün; 2024: 106.07 gün) sağladığı belirlenmiştir. Bu bulgu, T3 uygulamasının bitkide erkencilik özelliğini teşvik ederek, olası abiyotik stres koşullarından kaçınmada fizyolojik bir avantaj sağlayabileceğini düşündürmektedir. 2024 yılında genel vejetasyon süresindeki artışın ise sezona özgü iklimsel faktörlerden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Morfolojik bir parametre olan tabla çapı açısından değerlendirme yapıldığında, 2023 yılında en yüksek değer T0+ (22.66 cm)

uygulamasından elde edilirken, 2024 yılında T3 uygulamasının (23.60 cm) istatistiksel olarak en büyük tabla çapına ulaştığı belirlenmiştir. T3 uygulamasının aynı sezonda en kısa vejetasyon süresi ile en yüksek tabla çapını kombine etmesi, söz konusu uygulamanın etkin bir vejetatif büyüme dinamiği sağladığına işaret etmektedir. Hasat öncesi dönem açısından kritik bir öneme sahip olan hasat nemi parametresinde ise, T3 uygulamasının her iki yılda da istatistiksel olarak en düşük değerlere (2023: %7.47; 2024: %9.07) ulaştığı gözlemlenmiştir. Bu durum, T3'ün sağladığı erkencilik özelliği ile uyumlu olup, hasat kolaylığı ve ürünün depolama açısından kayda değer bir pratik avantaj oluşturduğu sonucuna varılmıştır.

4.6.3 Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi

Yağ verimi, birim alandan elde edilen ekonomik getiriye doğrudan yansıtan en önemli parametredir. İki yıllık veriler incelendiğinde, T0+ uygulamasının her iki yılda da istatistiksel olarak en yüksek yağ verimini sağladığı görülmektedir (2023: 138.47 kg/da; 2024: 121.00 kg/da). Bu durum, T0+ uygulamasının yağ verimi üzerindeki üstün ve istikrarlı etkisini kanıtlamaktadır. T3 uygulaması ise 2023 yılında T1 ile birlikte ikinci sırada yer alırken (127.87 kg/da), 2024 yılında yine T1 ve T2'nin önünde ikinci sırada (111.67 kg/da) yer almıştır. T1 ve T2 uygulamaları ise kontrol grubu (T0) ile karşılaştırıldığında verimi önemli ölçüde artırmakla birlikte, T0+ ve T3'e kıyasla genellikle daha düşük kalmıştır. İki yılın ortak bulgusu, tüm uygulamaların kontrol grubuna kıyasla yağ verimini istatistiksel olarak anlamlı düzeyde artırmış olmasıdır.

Tane verimi değerlerinde; T0+ uygulaması, 2023 yılında en yüksek tane verimine (317.13 kg/da) ulaşmış ve 2024 yılında da bu liderliğini (221.00 kg/da) korumuştur. T3 uygulaması ise 2023'te T0+ ile aynı istatistiksel grupta yer alırken (314.87 kg/da), 2024'te T1 ve T2 ile aynı grupta yer almıştır (211.67 kg/da). 2024 yılında genel olarak tüm uygulamaların tane verimlerinde bir düşüş gözlemlenmekle birlikte, sıralama ve gruplar arası ilişkiler benzerlik göstermiştir. Bin tane ağırlığı parametresinde; T3 uygulamasının iki yıl boyunca sürekli ve istatistiksel olarak en yüksek değere sahip olduğu dikkat çekicidir (2023: 49.81 g; 2024: 52.38 g). Bu bulgu, T3 uygulamasının tane dolgunluğu ve kalitesi üzerinde diğer uygulamalardan daha etkili olduğunu

göstermektedir. T0+ uygulaması ise bin tane ağırlığında orta düzeyde değerler kaydetmiştir.

2023 yılında en yüksek yağ oranı T3 (%46.03) ve T0+ (%45.60) uygulamalarında görülmüş ve bunları T2 ve T1 takip etmiştir. 2024 yılında ise ilginç bir şekilde, T0+ (%42.79), T3 (%42.26), T2 (%42.15) ve T1 (%42.06) uygulamaları istatistiksel olarak aynı yüksek grupta yer almış, sadece T0 grubu (%33.94) belirgin şekilde geride kalmıştır. Bu, 2024 yılında T0+ dışındaki uygulamaların da yağ oranını T0+ seviyesine çıkarabildiğini göstermektedir. Düşük kabuk oranı, yüksek iç oranı ve dolayısıyla daha yüksek işlenebilir ürün anlamına gelmektedir. Her iki yıl sonucunda da T3, T2 ve T1 uygulamalarının, en düşük kabuk oranına sahip olduğu görülmektedir. T0+ uygulaması kabuk oranında bu grupların gerisinde kalmış, T0 ise en yüksek değerlere sahip olmuştur. T3 uygulaması, hem en düşük kabuk oranına hem de en yüksek bin tane ağırlığına sahip olması bakımından öne çıkmaktadır.

Genel sonuç olarak; dekar başına en yüksek yağ ve tane verimi istikrarlı bir şekilde T0+ uygulamasından elde edilmiştir. Ekonomik getiriye maksimize etmek amacıyla üretim yapan çiftçiler için en garantili ve öncelikli öneri T0+ uygulamasıdır. T3 uygulaması, iki yıl boyunca en yüksek bin tane ağırlığı ve en düşük kabuk oranı değerlerini sağlayarak, üstün tane kalitesi sergilemiştir. Yağ verimi de T0+'a oldukça yakın ve rekabet edebilir düzeydedir. Dolayısıyla, daha dolgun, kaliteli ve pazar değeri yüksek ürün elde etmek isteyen üreticiler için T3 uygulaması optimal bir seçenektir. T1 ve T2 uygulamaları, kontrol grubuna kıyasla tüm parametrelerde önemli iyileşmeler sağlamıştır. Ancak, T0+ ve T3'ün performansının gerisinde kalmışlardır. T0 (kontrol) grubu ise diğer tüm uygulamaların etkinliğini kanıtlayan bir baz oluşturmuştur. Sonuç olarak, bu çalışma kapsamında incelenen uygulamalardan T0+ en yüksek verim potansiyeli nedeniyle, T3 ise üstün kalite parametreleri ve T0+'a yakın verimi nedeniyle öne çıkmıştır.

4.7 Tartışma ve Sonuç

Denemelerde, ayçiçeği için dört önemli gelişme aşamasında bitki boyu, klorofil (SPAD) ve yaprak su potansiyeli içerikleri üzerine uygulamaların etkileri belirlenmiştir. Bitki boyu, T0 kontrol ile karşılaştırıldığında T0+ kimyasal gübre uygulaması ile artmıştır. Çeşitlere göre farklı bitki boyları belirlenmesine karşın T1, T2 ve T3 uygulamaları, farklı dönemlerde T0 ve T0+ ile karşılaştırıldığında önemli bir pozitif etkiye sahip olmuştur. Araştırmalar, humik ve fülvik asitin besin emilimini, hücre geçirgenliğini ve bitki büyüme uyarım tepki mekanizmasını artırdığını bildirmiştir (Shen vd. 2020). El-Shabrawi vd. (2015), humik asitlerin çimlenmeyi ve fide büyümesini artırdığını bildirmiştir. Diğer taraftan, *A. nodosum* özütünün ve geliştirilen ürünlerinin büyümeyi teşvik edici etkisi, fitohormon benzeri madde içeriğine bağlanmıştır (Battacharyya vd. 2015; Shukla vd. 2019; Kumari vd. 2023).

Klorofil içeriği üzerine uygulamaların etkileri çeşitlere, üretim yılına ve büyüme dönemlerine göre değişmekle birlikte, uygulamalar arasında önemli değişimler belirlenmiştir. T0 (+) uygulaması klorofil içeriğini T0 (-) kontrole göre arttırmasına rağmen *A. nodosum* ve hümik asit uygulamalarının önemli olumlu etkileri belirlenmiştir. *A. nodosum*'un bitkilerde klorofil içeriğini, prolin ve antioksidan enzim aktivitelerini arttırdığı bildirilmiştir (Ali vd. 2022; Repke vd. 2022). Ayrıca *A. nodosum*, abiyotik stres altındaki bitkilerde RWC'yi arttırmada başarılıdır (Shukla vd. 2018). Çalışmada RWC değerlerinde T0 (-) ve T0 (+) uygulamalarına göre önemli pozitif değişimler belirlenmiştir. Bitki çeşidine, deneme yılına ve büyüme dönemine göre değişmekle birlikte, T1, T2 ve T3 uygulamalarında belirlenen RWC değerlerindeki değişimin HA ve *A. nodosum* kompozisyonundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmalarda hümik ve fülvik asitlerin kök hücresi enzim aktivitesini ve kök oluşumunu teşvik ettiği, toprağın su tutma kapasitesini artırdığı, bitkinin besin ve su alımını arttırdığı bildirilmiştir (Nardi vd. 2021; Ampong vd. 2022). Sonuçlar bu konuda yürütülen çalışmalarla örtüşmektedir.

Hümik ve fulvik asitler genellikle oksijen, hidrojen, azot ve kükürt gibi temel elementlerle birlikte %60'a yakın organik karbon içerir (Sible vd. 2021). Hümik

maddeler uzun vadeli stabilite gösterir. Bu organik maddeler topraktaki besin maddelerinin bulunabilirliğini artırır ve bitkilere taşınmasını kolaylaştırır (Yang vd. 2021). Benzer şekilde, *A. nodosum* besin emilimini iyileştirerek bitki gelişimini ve verimliliğini iyileştirir (Van Oosten vd. 2017). *A. nodosum* özütü ticari ürünlerinin büyüme uyarıcı davranışları düzenlediği doğrulanmıştır (Van Oosten vd. 2017; Hussein vd. 2021; Chanthini vd. 2022). Bazı topraklar ayçiçeği bitkisinin gelişimi, yüksek tane ve yağ verimi için yeterli potasyum, fosfor ve çinko gibi besin maddeleri içermez (Sefaoğlu 2021). Potasyum eksikliği, bitkide fotosentez ürünlerinin taşınmasını engeller. Potasyum eksikliği tohum ağırlığında ve yağ veriminde kayba neden olur (Stoicea vd. 2022). Tabla çapının ve tohum sayısının azalması ve üreme gelişiminin yavaşlaması fosfor eksikliğinin belirtileridir (Abbaszadeh-Dahaji vd. 2021). Öte yandan, çinko eksikliğinin oksin metabolizmasını ve enzim aktivasyonunu engellediği, bunun da çiçeklenme gecikmesine ve tohum kısırlığına yol açtığı bildirilmiştir (Jun vd. 2023). Ayrıca ayçiçeğinde aşırı sentetik azot gübrelemesi, bitkinin fizyolojik gelişme evresini uzatarak olgunluğa ulaşma gün sayısını uzatabilir. Bu da tane kalitesini etkileyebilir ve yağ içeriğini azaltabilir (Scheiner vd. 2002). Çalışma sonucunda 2023 ve 2024 yılında M95K11 çeşidinde en uzun fizyolojik olum gün sayısı T0 (+) uygulamasında belirlenmiştir. Benzer şekilde M94S35 çeşidinde 2023 yılında fizyolojik olum gün sayısı T0 (+) uygulamasında en yüksektir. Uygulamalarla fizyolojik gelişim gün sürelerinde kısalmaazalma belirlenmiştir. Gelişme evrelerinin kısaltılması biyotik ve abiyotik stres faktörlerinin neden olduğu verim kayıplarının önlenmesinde etkilidir. Ayrıca ikinci ürün yetiştiriciliği yapılan bölgelerde ekonomik açıdan da önemlidir.

Tabla çapı değerlerinde uygulamaların olumlu etkisi, HA ve SW içeriğinin generatif dönemde kimyasal gübreyle kıyasla gelişme üzerinde daha olumlu bir etkiye sahip olduğu fikrini destekleyebilir. Ayrıca, gelişim sürelerinin kısalması ve tabla çapının artması, organik gübrelerin generatif dönemde verim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu fikrini desteklemektedir. Deniz yosunu ve hümik maddelerin ayçiçeğinde farklı fizyolojik süreçlerin uyarılması yoluyla son ürün kalitesinin artırılmasına ve verimle ilgili parametrelerde olumlu etki sağlandığı bildirilmiştir (El Boukhari vd. 2020; Shen vd. 2020; Yang vd. 2021). Bu nedenle deniz yosunu ve hümik asitin biyogübre yerine biyo-regülatör ve biyo-stimülan olarak hareket ettiği vurgulanmıştır. Bu maddelerin

olumlu özellikleri, vitaminler, oksinler, gibberellinler, eser elementler ve amino asitler dahil olmak üzere geniş spektrumlu biyo-aktif maddelere atfedilmektedir (Bezuglova vd. 2022; Kumari vd. 2023).

Ayçiçeğinde verim, tabla çapına, tohum sayısına ve bin tane ağırlığına bağlı olarak değişmektedir (Olowe vd. 2013). Ayçiçeği tohumları için yüksek hektolitrekütlesi arzu edilir (Kılıç 2010). Çeşitler arasında tohum iriliği, kabuk oranı ve tohum ağırlığındaki farklılıklar hektolitrekütlesine yansımıştır (Çetin ve Öztürk 2018). Çalışma sonuçlarında çeşitler arasında benzer farklılıklar belirlenmiştir.

Bin tane ağırlığı, ayçiçeği veriminin önemli bir belirleyicisi olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Çalışma sonuçlarına göre en yüksek bin tane ağırlıkları her iki deneme yılında ve her iki çeşitte de T3 uygulamasında belirlenmiştir. Daha dolgun ve büyük tohumların daha yüksek ağırlığa sahip olması nedeniyle bin tane ağırlığı ile verim arasında pozitif bir korelasyon olduğu belirtilmiştir (Kimana vd. 2018). Suganthi ve Sujatha (2014), deniz yosunu ile muamele edilen ayçiçeğinin bin tane ağırlığında kontrole kıyasla %14'lük bir artış olduğunu bildirmiştir. Sonuçlara göre, deniz yosunu ve hümitik asit ürünlerinin birlikte kullanımı bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisi vardır.

Ayçiçeği tarımında verim ve yağ içeriğini artırmak için kimyasal gübrelerin yoğun kullanımı yaygındır. Ayçiçeği yetiştiriciliğinde bitkinin ihtiyaç duyduğu birincil besin maddesi azottur (Ullah ve Akmal 2018). Azot kök gelişimini ve yaprak büyümesini hızlandırır (Awais vd. 2015). Azot fizyolojik gelişmeyi ve biyo-kütle artışını desteklerken, fosfor (P) ve potasyum (K) ürün verimini destekler (Li vd. 2018). Hümitik ve organik içerikli ürünler bitkinin ihtiyaç duyduğu demir ve kükürt alımını artırmada başarılıdır (Urrutia vd. 2020). Ayrıca, bu ürünlerin demir ve alüminyuma bağlı fosforun mobilizasyonunu kolaylaştırdığı bildirilmiştir (Gerke 2021). Çalışmada, hümitik asit ve deniz yosunu uygulamalarının birlikte kullanımıyla T0+ kimyasal gübre uygulamaları verime önemli olumlu etki göstermiştir. Kimyasal gübre olarak uygulanan azotun ayçiçeği verimini %20 ila %40'tan fazla artırabildiği bilinmektedir (Zubillaga vd. 2002). Diğer yandan deniz yosunu bazlı gübrenin ayçiçeği verimini %8 ile %51 arasında

değişen oranlarda artırdığı bildirilmiştir (Karthikeyan ve Shanmugam 2015; Sîrbu vd. 2022). Çalışmada, deniz yosunu ve hümik asitin verim üzerindeki önemli olumlu etkisi içeriklerine atfedilebilir. Sonuçlar, hümik maddeler ve deniz yosunu içeren ürünlerin ayçiçeklerinin fosfor ve potasyum ihtiyaçlarını karşılamak için sürdürülebilir alternatifler olabileceği fikrini desteklemektedir.

Hümik asitler toprakta mevcut olan mikro besin öğelerinin biyo-yararlılığını ve yararlanımını artırır (Nabi vd. 2025) ve bitkiler tarafından kullanımının sürdürülebilirliğine katkıda bulunur (Bezuglova vd. 2022). Diğer yandan, deniz yosunu gübrelere Ca, N, P ve K'nin yanı sıra önemli konsantrasyonlarda mikro besin öğeleri içerir (Jahan ve Rautela 2022). Bu ürünlerin toprağa uygulanması toprak mikroflorasını, toprak tutma özelliğini ve ürün verimini destekler (Chaudhary vd. 2023). Kimana vd. (2018), ayçiçeğinde organik ve inorganik gübrelere genel olarak yağ içeriği üzerinde olumlu etki gösterdiğini bildirmiştir. Çalışmada, hümik asit ve deniz yosununun yağ içeriği ve yağ verimi üzerindeki etkileri değişmekle birlikte kombine uygulamalarının etkisi artmıştır. Öte yandan T0+ uygulamasına alternatif önemli sonuçlar elde edilmiştir.

Bitkinin gelişim gün sayılarındaki değişimler vejetatif büyüme ile generatif gelişim arasındaki denge yaklaşımıyla değerlendirilebilir. Nitekim stres koşulları fotosentez sonucu üretilen besinlerin gelişmekte olan tohumlara taşınmasını sınırlandırabilir. Bu nedenle stres altındaki bitkiler, vejetatif büyümeyi sınırlandırarak kaynaklarını tane doldurmaya yönlendirmektedir. Bu durum, bitki boyu ve tabla çapında azalma ile birlikte tane dolumu ve yağ oranının korunması veya artması ile sonuçlanabilmektedir (Pekcan vd. 2022). Çalışmada yağ oranının bazı durumlarda yüksek kalabilmesinin, diğer verim bileşenlerinden (örneğin tabla çapı, bin tane ağırlığı) feragat edilerek gerçekleşmesinin nedeni bu şekilde açıklanabilir.

Tarımsal üretimin amaçlarından biri birim alandan verimi en üst düzeye çıkarmaktır. Bu nedenle ürün kayıplarını önlemek için gübreler yaygın olarak kullanılır (Maghsoodi vd. 2020). Ayrıca, optimum maliyetle yüksek verime ulaşmak ekonomik olarak önemlidir. Kimyasal gübrelere toprak, yeraltı suyu, çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinin yanı sıra, yüksek fiyatları maliyetleri artırmakta ve verimliliği etkilemektedir

(AL-Taey vd. 2019). Kimyasal gübre üretim maliyetleri son birkaç on yılda yüksek enerji tüketimi nedeniyle artmıştır (Crista vd. 2023). Diğer yandan, tarımsal üretim verimliliğindeki en büyük ekonomik girdinin gübreleme olduğu belirtilmiştir (Aghili Nategh vd. 2021; Oguz ve Yener Ogur 2022; Abbas vd. 2023). Aghili Nategh vd. (2021) ayçiçeğinde tüm konvansiyonel, yarı mekanize ve mekanize üretim modellerinde en yüksek girdilerin sırasıyla yakıt (%25,62, %37,74 ve %55,19) ve gübreleme (%40,23, %33,26 ve %21,47) olduğu bildirilmiştir. Ayrıca Türkiye'de yapılan bir çalışmada ayçiçeği üretiminde en yüksek girdinin %62,80 ile gübre (azot) olduğu, bunu %22,22 ile yakıt maliyetlerinin izlediği bildirilmiştir (Oguz ve Yener Ogur, 2022). Aşırı gübre kullanımı ve bilinçsiz tarım uygulamaları, toprak organik madde miktarını büyük ölçüde azaltır (Singh vd. 2020). Ayrıca, tarımsal üretimde yaygın olarak kullanılan kimyasal üre, denitrifikasyon, nitrat yıkanması ve amonyak uçuşu şeklinde toprağa hızla salınması nedeniyle bitkiler tarafından kullanılamaz (Beig vd. 2020). Bu durum, toprak ve yeraltı suyunun kirlenmesine ek olarak çiftçiler için ekonomik bir kayıptır (Perveen vd. 2021). Yüksek gübre maliyetleri, üretimdeki açığın neden olduğu ekonomik kayıpla birlikte, özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki küçük çiftçiler için büyük bir sorundur. Nitekim, küçük çiftçiler dünya toplam bitkisel üretiminin yaklaşık %30'unu sağlamak ve küresel gıda talebinin %30-34'ünü karşılamaktadır (Ritchie 2021). Araştırmalar, azotlu gübre uygulamasının optimize edilmesiyle, %15 ila %20 daha az kimyasal azot kullanılmasına rağmen %10 ila %19 arasında verim artışı sağlanabileceğini göstermiştir (Ren vd. 2022). Sürdürülebilir üretim ve çevre için gübreleme stratejilerinin değiştirilmesi ve belirli faydalar yerine toplam etkiye odaklanılması gerekmektedir. Biyo-kütle birikimi ve nihai verim artışı için gübre miktarını artırmak yerine, organik girdilerle fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri uyarmak ve iyileştirmek daha etkilidir (El Boukhari vd. 2020). Bazı biyo-bazlı gübrelerdeki azot, fosfor ve potasyum gibi elementlerin düşük içeriği, bu ürünlerin etkisini azaltmamaktadır. Bu çalışmada, biyodüzenleyici ve biyo-stimülan etkilerinin yanı sıra besin içeriğine de sahip olan hümik asite ve deniz yosunu ürünleri, sürdürülebilir ayçiçeği tarımında kimyasal gübrelerle alternatif olarak umut verici sonuçlar vermiştir. Tarımsal üretimde biyo-bazlı ürünlerin kullanımı, ürün verimi ve çevre sağlığı açısından önerilmektedir. Ayrıca, bu ürünlerin etkilerinin içeriklerine, dozlarına, uygulama yöntemlerine ve hedef bitki türlerine bağlı olarak değişebileceği

göz ardı edilmemelidir (Hussein vd. 2021; Chanthini vd. 2022). Bu bağlamda yeni ürünler ve optimizasyon çalışmaları büyük önem taşımaktadır.

4.7.1 Ekonomik açıdan değerlendirilmesi

Bu çalışmadaki uygulamaların ekonomik karşılaştırması, yalnızca girdi maliyetleri dikkate alınarak dekara (da) bazında değerlendirilmiştir. Analizde 2026 yılı Türkiye piyasa fiyatları esas alınmıştır.

Pozitif kontrol (T0+) uygulamasında, ekim öncesi 20 kg da⁻¹ dozunda %20-20-20 kompoze gübresi ve üst gübreleme olarak iki dönemde toplam 20 kg da⁻¹ (%46 üre) uygulanmıştır. 2026 yılı itibarıyla %20-20-20 kompoze gübresinin ortalama fiyatı yaklaşık 25 TL kg⁻¹, üre gübresinin ise yaklaşık 32 TL kg⁻¹ olarak kabul edilmiştir. Buna göre maliyet hesabı;

- 20-20-20 gübre: 20 kg × 25 TL = 500 TL da⁻¹
- Üre gübresi: 20 kg × 32 TL = 640 TL da⁻¹
- Toplam (T0+): 1.140 TL da⁻¹

T3 uygulamasında ise yalnızca deniz yosunu (DY) ve hümik asit (HA) biyobazlı girdileri kullanılmış, kimyasal gübre uygulanmamıştır. Üç farklı gelişme döneminde gerçekleştirilen uygulamalar için üretici önerileri ve piyasa fiyatları dikkate alınarak yaklaşık maliyetler:

- Deniz yosunu (DY): 120 TL da⁻¹
- Hümik asit (HA): 180 TL da⁻¹
- Toplam (T3): 300 TL da⁻¹

Bu sonuçlara göre, yalnızca girdi maliyetleri dikkate alındığında T3 uygulaması, T0+ uygulamasına kıyasla dekara yaklaşık (1.140 – 300) 840 TL da⁻¹ daha düşük maliyet oluşturmaktadır. Bu da biyobazlı uygulamaların, kimyasal gübre yerine kullanılması durumunda gübre maliyetlerini yaklaşık %74 oranında azalttığını göstermektedir.

5. SONUÇ

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri, ekonomik büyümeyi, sosyal ilerlemeyi ve çevre korumayı içeren bir yaklaşım olan üç eş zamanlı boyutta büyümeyi destekleyen bütünsel bir kalkınmayı kapsar (Purvis vd. 2019). Mevcut çalışmanın amacı düşük maliyetli, çevre dostu sürdürülebilir tarımsal üretime ulaşmaktır. Çalışma, tarımsal üretimde girdi olarak biyobazlı ürünlerin kullanılmasına dayanmaktadır. Bu, çiftçiler için pahalı olan kimyasal gübrelerin kullanımını en aza indirmenin yanı sıra düşük maliyetli üretim yollarından biridir. Bu şekilde, tüketici taleplerine uygun sağlıklı, güvenli ve istikrarlı ürünler üretilir. Aynı zamanda çevrenin ve doğal kaynakların korunması söz konusu olacaktır. Ayrıca, kaliteli ürün, karlılık ve kırsal ekonominin artırılması gibi ekonomik kazanımlar elde edilebilir. Çalışmanın sonuçları, ekonomik kazanımların (SDG1) yanı sıra sıfır açlık (SDG2), iyi sağlık ve refah (SDG3), iklim değişikliği eylemi (SDG13) ve biyolojik çeşitlilik ve ekosistem koruma (SDG15) gibi Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri (SDG'ler) ile uyumludur. Çiftçiler, ürün verimliliğini ve üretkenliğini artırmak için sürdürülebilir üretim yöntemlerini ve biyobazlı ürünleri benimsemeye teşvik edilmelidir. Kuşkusuz, bu çabalar yalnızca tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmakla kalmayacak, aynı zamanda ekonomiye, çevreye ve sosyal döngüye de katkıda bulunacaktır. Bu aşamada çok disiplinli çalışmalar hayati önem taşımaktadır. Yeni geliştirilen ürünlerin farklı iklimlerde, bitkilerde ve üretim yöntemlerinde test edilmesi, başarı potansiyelini artırmada etkili olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbas, A., Mushtaq, Z., Ikram, A., Yousaf, K., Zhao, C. 2023. Assessing the factors of economic and environmental inefficiency of sunflower production in Pakistan: an epsilon-based measure model. *Frontiers in Environmental Science*. 11:1186328.
- Abbaszadeh-Dahaji, P., Atajan, F.A., Omidvari, M., Tahan, V., Kariman, K. 2021. Mitigation of copper stress in maize (*Zea mays*) and sunflower (*Helianthus annuus*) plants by copper-resistant *Pseudomonas* strains. *Curr Microbiol* 78:1335–1343
- Abkhoo, J., Sabbagh, S.K. 2016. Control of *Phytophthora melonis* damping-off, induction of defence responses, and gene expression of cucumber treated with a commercial extract from *Ascophyllum nodosum*. *J. Appl. Phycol*, 28, 1333–1342.
- Aghili Nategh, N., Banaeian, N., Gholamshahi, A., Nosrati, M. 2021. Optimization of energy, economic, and environmental indices in sunflower cultivation: A comparative analysis. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 40(2), e13505.
- AL-Abody, M.A.K., Ramadhan, M.N., Muhsin, S. J. 2021. Effect of Humic acid on the growth, yield components, and yield of three sunflower cultivars (*Helianthus annuus* L.). *Eco. Env. Cons*, 27(2), 548-554.
- Ali, O., Ramsubhag, A., Benn, D., Jr., Ramnarine, S., Jayaraman, J. 2022. Transcriptomic changes induced by applications of a commercial extract of *Ascophyllum nodosum* on tomato plants. *Sci. Rep.* 2022, 12, e11263.
- AL-Taey, D.K.A., Al-Shareefi, M.J.H., Mijwe, L.A.K., Al-Tawaha, A.R., Al-Tawaha, A.M. 2019. The beneficial effects of bio-fertilizers combinations and humic acid. *Bulg. J. Agric. Sci.*, 25, 959–966.
- Ampong, K., Thilakaranthna, M.S., Gorim, L.Y. 2022. Understanding the role of humic acids on crop performance and soil health. *Front. Agron.* 4, 848621.
- Anonim 2023. Tarım ve Orman Bakanlığı Tohumluk Tescil ve Sertifikasyon Merkez Müdürlüğü Ayçiçeği Tescil Raporu.
- Anonim 2025. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Bitkisel-Uretim-1.Tahmini-2025-53940>, Erişim Tarihi: 01.11.2025
- Anonymous 2022. <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/0c372c04-8b29-4093-bba6-8674b1d237c7/content>, Erişim Tarihi: 10.10.2025
- Anonymous 2025. <https://www.fas.usda.gov/data/production/commodity/2224000>
- Arioli, T., Hepworth, G., Farnsworth, B. 2020. Effect of seaweed extract application on sugarcane production. *Proc. Aust. Soc. Sugar Cane Technol.* 42, 393–396.
- Awais, M., Wajid, A., Ahmad, A., Saleem, M.F., Bashir, M.U., Saeed, U., Hussain, J., Habib-ur Rahman, M. 2015. Nitrogen fertilization and narrow plant spacing stimulates sunflower productivity. *Turk. J. Field Crop.* 20(1): 99–108. doi: 10.17557/17374

- Battacharyya, D., Babgohari, M.Z., Rathor, P., Prithiviraj, B. 2015. Seaweed extracts as biostimulants in horticulture. *Sci. Hortic.* 196:39–48. doi: 10.1016/j.scienta.2015.09.012
- Beig, B., Niazi, M.B.K., Jahan, Z., Hussain, A., Zia, M.H., Mehran, M.T. 2020. Coating materials for slow release of nitrogen from urea fertilizer: A review. *J. Plant. Nutri.* 43(10):1510–1533.
- Bezuglova, O., Klimenko, A. 2022. Application of humic substances in agricultural industry. *Agronomy.* 12(3): 584.
- Carvalho, M.E.A., de Camargo, P.R., Gaziola, S.A., Azevedo, R.A. 2018. Is seaweed extract an elicitor compound? Changing proline content in drought-stressed bean plants. *Comunicata Scientiae*, 9(2), 292-297.
- Chanthini, K.M.P., Senthil-Nathan, S., Pavithra, G.S., Malarvizhi, P., Murugan, P., Deva-Andrews, A., Krutmuang, P. 2022. Aqueous seaweed extract alleviates salinity-induced toxicities in rice plants (*Oryza sativa* L.) by modulating their physiology and biochemistry. *Agriculture*, 12(12): 2049
- Chaudhary, P., Xu, M., Ahamad, L., Chaudhary, A., Kumar, G., Adeleke, B.S., Abou Fayssal, S. 2023. Application of synthetic consortia for improvement of soil fertility, pollution remediation, and agricultural productivity: a review. *Agronomy*, 13(3):643.
- Crista, F., Radulov, I., Imbrea, F., Manea, D.N., Boldea, M., Gergen, I., Ienciu, A.A., Bănăţean Dunea, I. 2023. The Study of the Impact of Complex Foliar Fertilization on the Yield and Quality of Sunflower Seeds (*Helianthus annuus* L.) by Principal Component Analysis. *Agronomy.* 13(8): 2074.
- Çetin, K., Öztürk, Ö. 2018. Determination of Yield and Yield Components of Some Hybrid Sunflower Varieties. *Selcuk Journal of Agriculture & Food Sciences.* 32(3):282.
- Du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia horticulturae*, 196, 3-14.
- El Boukhari, M.E.M., Barakate, M., Bouhia, Y., Lyamlouli, K. 2020. Trends in seaweed extract based biostimulants: Manufacturing process and beneficial effect on soil-plant systems. *Plants*, 9(3), 359.
- El-Shabrawi, H.M., Bakry, B.A., Ahmed, M.A., Abou-El-Lail, M. 2015. Humic and oxalic acid stimulates grain yield and induces accumulation of plastidial carbohydrate metabolism enzymes in wheat grown under sandy soil conditions, *Agr Sci.* 06(01),175–85
- Engin, Y.Ö., Yağmur, B., Cirik, S., Okur, B., Eşiyok, D., Gökpınar, Ş. 2019. *Ulva rigida* (C. Agardh) makroalginin fasulye bitkisinin üretiminde organik madde kaynağı olarak kullanımının araştırılması. *Acta Aquatica Turcica*, 15(2), 151-162.
- Fátima, R.T., Nóbrega, J.S., Lima, G.S., Soares, L.A., Pereira, M. B., Ribeiro, J.E.S., Gheyi, H.R., Pereira, W.E. 2023. Seaweed extract biofertilizer modulates scarlet eggplant tolerance to salt stress. *Arid Land Research and Management*, v.38, p.46-61

- Gerke, J. 2021. Carbon accumulation in arable soils: Mechanisms and the effect of cultivation practices and organic fertilizers. *Agronomy*. 11(6):1079. doi: 10.3390/agronomy11061079
- Hayes, M.H., Swift, R.S. 2020. Vindication of humic substances as a key component of organic matter in soil and water. *Adv. Agron.* 163, 1–37.
- Hussain, H.I., Kasinadhuni, N., Arioli, T. 2021. The effect of seaweed extract on tomato plant growth, productivity and soil. *J. Appl. Phycol.* 33, 1305–1314.
- Hussein, M.H., Eltanahy, E., Al Bakry, A.F., Elsafty, N., Elshamy, M.M. 2021. Seaweed extracts as prospective plant growth bio-stimulant and salinity stress alleviator for *Vigna sinensis* and *Zea mays*. *Journal of Applied Phycology*, 33(2):1273-1291. doi:10.1007/s10811-020-02330-x
- Jahan, S., Rautela, S. 2022. Role of phytohormones in mitigating the harmful impacts of hazardous and trace materials on agriculture crops. In *Hazardous and trace materials in soil and plants*, Academic Press, 231-246
- Jassim, Y.A., Awadh, E.F.A., Al-Amery, S.M.H. 2023. A review of general properties of blue-green algae (Cyanobacteria). *Biomedicine and Chemical Sciences*, 2(2),143-8.
- Jayaraj, J., Wan, A., Rahman, M., Punja, Z.K. 2008. Seaweed extract reduces foliar fungal diseases on carrot. *Crop Prot.* 27, 1360–1366.
- Jayaraman, J.; Norrie, J.; Punja, Z.K. 2011. Commercial extract from the brown seaweed *Ascophyllum nodosum* reduces fungal diseases in greenhouse cucumber. *J. Appl. Phycol.* 23, 353–361.
- Jun, S.E., Shim, J.S., Park, H.J. 2023. Beyond NPK: mineral nutrient-mediated modulation in orchestrating flowering time. *Plants*, 12(18), 3299.
- Karthikeyan, K., Shanmugam, M. 2015. Yield and oil content of peanut (var. TMV-7) and sunflower (var. Co-2) applied with bio-stimulant AQUASAP manufactured from seaweed. *African Journal of Agricultural Research*, 10(25), 2537-2543.
- Karthikeyan, K., Shanmugam, M. 2015. Yield and oil content of peanut (var. TMV-7) and sunflower (var. Co-2) applied with bio-stimulant AQUASAP manufactured from seaweed. *African Journal of Agricultural Research*, 10(25):2537-2543.
- Khadka, Y., Rai, S. K., Ghimire, B. 2022. Effect of biofertilizers on growth, yield and nutrient use efficiency in crops: A review. *International Journal of Applied Sciences and Biotechnology*, 10(4), 216–222
- Khan, A.S., Ahmad, B., Jaskani, M.J., Ahmad, R., Malik, A.U. 2012. Foliar application of mixture of amino acids and seaweed (*Ascophyllum nodosum*) extract improve growth and physicochemical properties of grapes. *Int. J. Agric. Biol*, 14(3), 383-388.
- Khodaei-Joghan, A.M., Gholamhoseini, A.A., Majid, F., Habibzadeh, A., Sorooshzadeh, A., Ghalavand, A. 2018. Response of sunflower to organic and chemical fertilizers in different drought stress conditions. *Acta Agric. Slov*, 111, 271–284

- Kimana, J.M., Irika, M., Jean Pierre, H.M. 2018. Influence of inorganic and organic nitrogen fertilizers regimes on oil content of sunflower in Morogoro, Tanzania. Tanzania. *Int. J. Agron. Agric. Res.* 12:166-174
- Kumari, S., Sehrawat, K.D., Phogat, D., Sehrawat, A.R., Chaudhary, R., Sushkova, S.N., Shende, S.S. 2023. *Ascophyllum nodosum* (L.) Le Jolis, a pivotal biostimulant toward sustainable agriculture: A comprehensive review. *Agriculture*, 13(6), 1179.
- Li, S.T., Duan, Y., Guo, T.W., Zhang, P.L., He, P., Majumdar, K. 2018. Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *J. Integr. Agric.* 17:2802–2812.
- Liu, Y., Lan, X., Hou, H., Ji, J., Liu, X., Lv, Z. 2024. Multifaceted Ability of Organic Fertilizers to Improve Crop Productivity and Abiotic Stress Tolerance: Review and Perspectives. *Agronomy* 14, 1141.
- Luna, N.R.D.S., Bezerra, F.M., Lopes, F.B., Borges, F.R., Sousa, G.G.D., Noronha, V.S.D., Lacerda, C.F.D. 2024. Use of algae extract as an agent to mitigate salt stress in sunflower crop. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 28(7), e279088.
- Maghsoodi, M.R., Ghodszad, L., Lajayer, B.A. 2020. Dilemma of hydroxyapatite nanoparticles as phosphorus fertilizer: Potentials, challenges and effects on plants. *Environmental Technology & Innovation*.
- Michalak, I. 2014. Chojnacka, K. Algal extracts: Technology and advances. *Eng. Life Sci.* **2014**, 14, 581–591.
- Mirparsa, T., Ganjali, H. R., & Dahmardeh, M. 2016. The effect of bio fertilizers on yield and yield components of sunflower oil seed and nut, 46-49.
- Nabi, F., Sarfaraz, A., Kama, R., Kanwal, R., Li, H. 2025. Structure-Based Function of Humic Acid in Abiotic Stress Alleviation in Plants: A Review. *Plants*, 14(13), 1916. doi: doi.org/10.3390/plants14131916
- Naeem, M., Aftab, T., Ansari, A. A., Gill, S. S., Macovei, A. 2022. Hazardous and Trace Materials in Soil and Plants: Sources, Effects, and Management. Academic Press.
- Nair, P., Kandasamy, S., Zhang, J., Ji, X., Kirby, C., Benkel, B., Prithiviraj, B. 2012. Transcriptional and metabolomic analysis of *Ascophyllum nodosum* mediated freezing tolerance in *Arabidopsis thaliana*. *BMC genomics*, 13, 1-23.
- Nardi, S., Schiavon, M., Francioso, O. 2021. Chemical structure and biological activity of humic substances define their role as plant growth promoters. *Molecules*. 26(8): 2256.
- Oguz, C., Yener Ogur, A. 2022. Energy productivity and efficiency in sunflower production. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 24(4), 767-777.
- Oğuz, M.Ç., Oğuz, E., Güler, M. 2023. Seed priming with essential oils for sustainable wheat agriculture in semi-arid region. *PeerJ*, 11, e15126.
- Olowe, V.I., Folarin, O.M., Adeniregun, O.O., Atayese, M.O., Adekunle, Y.A. 2013. Seed yield, head characteristics and oil content in sunflower varieties as

- influenced by seeds from single and multiple headed plants under humid tropical conditions. *Annals of applied biology*, 163(3): 394-402.
- Olsen, S.R. 1954. Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate (No. 939). US Department of Agriculture.
- Orlov, D.S. 2020. *Humic Substances of Soils and General Theory of Humification*; CRC Press: Boca Raton, FL, USA, 266p.
- Page, A.L., Klute, A. 1986. *Methods of soil analysis*. Part 1. Physical and mineralogical methods; Part 2. Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy.
- Panjehkeh, N., Abkhoo, J. 2016. Influence of marine brown alga extract (*Dalgın*) on damping-off tolerance of tomato. *J. Mater. Environ. Sci.* 7, 2369–2374.
- Pekcan, V., Yilmaz, M.I., Evci, G., Cil, A.N., Sahin, V., Gunduz, O., Kaya, Y. 2022. Oil content determination on sunflower seeds in drought conditions. *Journal of Food Processing and Preservation*, 46(10), e15481.
- Perveen, S., Ahmad, S., Skalicky, M., Hussain, I., Habibur-Rahman, M., Ghaffar, A., El Sabagh, A. 2021. Assessing the potential of polymer coated urea and sulphur fertilization on growth, physiology, yield, oil contents and nitrogen use efficiency of sunflower crop under arid environment. *Agronomy*. 11(2):269.
- Purvis, B., Mao, Y., Robinson, D. 2019. Three pillars of sustainability: in search of conceptual origins. *Sustainability Science* 14,681-695
- Razzaghi S. 2024. *Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli, Bölüm 7: Alg/Yosun Gübresi*, Akademisyen Kitabevi, 143-182
- Ren, C., Zhang, X., Reis, S., Gu, B. 2022. Socioeconomic barriers of nitrogen management for agricultural and environmental sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 333:107950
- Renaut, S., Masse, J., Norrie, J., Blal, B., Hijri, M.A. 2019. Commercial seaweed extract structured microbial communities associated with tomato and pepper roots and significantly increased crop yield. *Microb. Biotechnol.* 12, 1346–1358.
- Repke, R.A., Silva, D.M.R., Dos Santos, J.C.C., de Almeida Silva, M. 2022. Increased soybean tolerance to high-temperature through biostimulant based on *Ascophyllum nodosum* (L.) seaweed extract. *Journal of Applied Phycology*, 34(6), 3205-3218.
- Ritchie, H. 2021. Smallholders produce one-third of the world's food, less than half of what many headlines claim. In: *Our world in data*. <https://ourworldindata.org/smallholder-food-production>. Erişim Tarihi: 11 Temmuz 2025.
- Sahan, S. M., Al-Mugher, H.A.H. 2025. The effect of humic acid levels and irrigation frequency on sunflower growth and yield. *Jornal of Al-Muthanna for Agricultural Sciences*, 12(1).
- Scheiner, J. D., Gutiérrez-Boem, F. H., Lavado, R. S. 2002. Sunflower nitrogen requirement and 15N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. *European Journal of Agronomy*, 17(1), 73-79.

- Scheiner, J.D., Gutiérrez-Boem, F.H., Lavado, R.S. 2002. Sunflower nitrogen requirement and ¹⁵N fertilizer recovery in Western Pampas, Argentina. *European Journal of Agronomy*. 17(1): 73-79
- Schneider, A.A., Miller, J.F. 1981. Description of sunflower growth stages 1. *Crop science*, 21(6), 901-903.
- Sefaoğlu, F. 2021. Effect of organic and inorganic fertilizers or their combinations on yield and quality components of oil seed sunflower in a semi-arid environment. *Turkish Journal of Field Crops*, 26(1), 88-95.
- Shen, J., Guo, M., Wang, Y., Yuan, X., Wen, Y., Song, X., Dong, S., Guo, P. 2020. Humic acid improves the physiological and photosynthetic characteristics of millet seedlings under drought stress. *Plant Signal Behaviour*, 15(8):1774212.
- Shukla, P.S., Mantin, E.G., Adil, M., Bajpai, S., Critchley, A.T., Prithiviraj, B. 2019. Ascophyllum nodosum-based biostimulants: Sustainable applications in agriculture for the stimulation of plant growth, stress tolerance, and disease management. *Frontiers in plant science*, 10, 462648.
- Shukla, P.S., Shotton, K., Norman, E., Neily, W., Critchley, A.T., Prithiviraj, B. 2018. Seaweed extract improve drought tolerance of soybean by regulating stress-response genes. *AOB Plants*, 10, 51.
- Sible, C.N., Seebauer, J.R., Below, F.E. 2021. Plant biostimulants: A categorical review, their implications for row crop production, and relation to soil health indicators. *Agronomy*. 11(7):1297.
- Singh, T.B., Ali, A., Prasad, M., Yadav, A., Shrivastav, P., Goyal, D., Dantu, P.K. 2020. Role of organic fertilizers in improving soil fertility. In *Contaminants in agriculture: sources, impacts and management*, Cham: Springer International Publishing, 61-77.
- Sîrbu, C., Cioroianu, T.M., Ionescu, N., Marin, N., Grigore, A. 2022. Effectiveness of biostimulants applied to wheat, sunflower and soybean crops. *Agronomy*, v.65, p.520-525.
- Stoicea, P., Chiurciu, I.A., Soare, E., Iorga, A.M., Dinu, T.A., Tudor, V.C., David, L. 2022. Impact of reducing fertilizers and pesticides on sunflower production in Romania versus EU countries. *Sustainability*, 14(14): 8334.
- Suganthi, A., Sujatha, K. 2014. Aqueous seaweed sprays for enhancement of growth and yield of sunflower hybrid CO2, 2(6), 2(6):959- 962
- Ullah, S., Akmal, M. 2018. Response of sunflower to integrated management of nitrogen, phosphorus and sulphur. *Sarhad Journal of Agriculture*, 34(4):743
- Urrutia, O., Fuentes, M., Olaetxea, M., Garnica, M., Baigorri, R., Movila, M., De Hita, D., Garcia-Mina, J. 2020. The effect of soil organic matter on plant mineral nutrition. In *Achieving Sustainable Crop Nutrition*; Burleigh Dodds Science Publishing: Cambridge, UK. pp. 291–306.
- Van Oosten, M.J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S., Maggio, A. 2017. The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chem. Biol. Technol.* 4(1)5.

- Wally, O.S., Critchley, A.T., Hiltz, D., Craigie, J.S., Han, X., Zaharia, L.I., Abrams, S.R., Prithiviraj, B. 2013. Regulation of phytohormone biosynthesis and accumulation in *Arabidopsis* following treatment with commercial extract from the marine macroalga *Ascophyllum nodosum*. *J. Plant Growth Regul.* 32, 324–339.
- Wang, X., Zhang, J., Shen, J., Zhang, L., Wei, P., Liu, A., Song, H. 2024. The alleviating effect on the growth, chlorophyll synthesis, and biochemical defense system in sunflowers under cadmium stress achieved through foliar application of humic acid. *BMC Plant Biology*, 24(1), 792.
- Wu, A., You, C., Yin, R., Xu, Z., Zhang, L., Liu, Y., Li, H.; Wang, L.; Xu, L.; Xu, H. 2023. Forest gaps slow the humification process of fir (*Abies faxoniana* Rehder & E.H. Wilson) twig litter during eight years of decomposition in an alpine forest. *Forests*, 14, 868.
- Yağmur, B., Okur, B., Okur, N. 2021. Hüyük asit ve potasyum uygulamalarının ayçiçeğinde tohum besin maddesi yağ içeriği ve verim üzerine etkisi. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(1), 156-167.
- Yang, F., Tang, C.H., Antonietti, M. 2021. Natural and artificial humic substances to manage minerals, ions, water, and soil microorganisms, *Chem. Soc. Rev.*, 2021, 50(10):6221-6239
- Yildiz, M., Romanazzi, G., & Oguz, M. C. 2025. Bio-based strategies for biotic and abiotic stress management in sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 15, 1536460.
- Zhang, S., Wang, Y., Liu, Q., Chen, X. 2025. Biofertilizers and their impact on crop productivity: A global meta-analysis. *Agriculture*, 15(10), 1066.
- Zubillaga, M.M., Aristi, J.P., Lavado, R.S. 2002. Effect of Phosphorus and Nitrogen Fertilization on Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Nitrogen Uptake and Yield. *J. Agron. Crop Sci.* 188(4):267–274.