



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYÇİÇEĞİNDE (*Helianthus annuus* L.) MİKORİZA VE FOSFOR  
UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM UNSURLARINA ETKİSİ**

**MUHAMMET BERKER PALALI**

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**Şanlıurfa  
2025**



**T.C.  
HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**AYÇİÇEĞİNDE (*Helianthus annuus* L.) MİKORİZA VE FOSFOR  
UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM UNSURLARINA ETKİSİ**

**MUHAMMET BERKER PALALI**

**TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI  
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Ahmet YILMAZ**

**Şanlıurfa  
2025**

## **TEŞEKKÜR**

Çalışmamın her aşamasında yüksek lisans öğrenimim süresince her safhada destek öneri ve bilgilerinden yararlandığım hocam Prof. Dr. AHMET YILMAZ'a Ders ve Tez dönemimde verdiği değerli bilgilerinden ve desteklerinden ötürü Doç Dr. Vedat BEYYAVAŞ'a her türlü destek emek ve fedakarlıkları için aileme TEŞEKKÜR ederim.

## İÇİNDEKİLER

|                                                            |     |
|------------------------------------------------------------|-----|
| ÖZET .....                                                 | i   |
| ABSTRACT .....                                             | ii  |
| ŞEKİLLER DİZİNİ .....                                      | iii |
| ÇİZELGELER DİZİNİ .....                                    | iv  |
| SİMGELER.....                                              | v   |
| 1. GİRİŞ .....                                             | 1   |
| 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....                                  | 5   |
| 3. GEREÇ VE YÖNTEM.....                                    | 12  |
| 3.1. Gereç .....                                           | 12  |
| 3.1.1. Deneme yılı ve yeri.....                            | 12  |
| 3.1.2. Mikoriza dozları.....                               | 12  |
| 3.1.3. Bitki materyali .....                               | 12  |
| 3.1.4. Toprak özellikleri.....                             | 13  |
| 3.1.5. İklim Özellikleri.....                              | 14  |
| 3.2. Yöntem .....                                          | 15  |
| 3.2.1. Araştırmada İncelenen Özellikler ve Yöntemleri..... | 17  |
| 3.2.1.1. Bitki Boyu (cm).....                              | 17  |
| 3.2.1.2. Sap Çapı (mm) .....                               | 17  |
| 3.2.1.3. Sap Boğum Sayısı (adet/bitki).....                | 17  |
| 3.2.1.4. Tabla Çapı (cm).....                              | 17  |
| 3.2.1.5. Dekara Verim (kg/da).....                         | 18  |
| 3.2.1.6. Kuru Madde Oranı (%).....                         | 18  |
| 3.2.1.7. Yağ Oranı (%).....                                | 18  |
| 3.2.1.8. Varyans Analizleri.....                           | 18  |
| 4. BULGULAR.....                                           | 19  |
| 4.1. Bitki Boyu (cm).....                                  | 19  |
| 4.2. Sap Çapı (mm) .....                                   | 20  |
| 4.3. Sap Boğum Sayısı (adet/bitki).....                    | 21  |
| 4.4. Tabla Çapı (cm).....                                  | 22  |
| 4.5. Dekara Verim (kg/da) .....                            | 23  |
| 4.6. Kuru Madde Oranı (%).....                             | 25  |
| 4.7. Yağ Oranı (%).....                                    | 26  |
| 4.8. Lineoleik Asit Oranı (%) ve oleik Asit Oranı (%)..... | 27  |
| 4.9. Bin Tane Ağırlığı (g) .....                           | 29  |
| 5. TARTIŞMA.....                                           | 32  |
| 6. SONUÇLAR.....                                           | 44  |
| 7. ÖNERİLER.....                                           | 46  |
| KAYNAKLAR.....                                             | 48  |
| ÖZGEÇMİŞ.....                                              | 57  |

## ÖZET

### YÜKSEK LİSANS TEZİ

#### AYÇİÇEĞİNDE (*Helianthus annuus* L.) MİKORİZA VE FOSFOR UYGULAMALARININ VERİM VE VERİM UNSURLARINA ETKİSİ

MUHAMMET BERKER PALALI

HARRAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Tez Danışman: Prof. Dr. Ahmet YILMAZ

Yıl: 2025, Sayfa : 57

Bu araştırma Şanlıurfa Ceylanpınar ilçesi sınırları içerisinde bulunan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ceylanpınar Tarım İşletmesi Müdürlüğü arazisinde 2024 yılında planlanmış ve yürütülmüştür. Çalışmada dört farklı dozda mikoriza, 3 farklı dozda fosfor uygulaması ayçiçeği çeşidine uygulanarak verim ve verim öğelerine etkileri araştırılmıştır Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede her bir parsel 12 m uzunluğundaki 6 sıradan oluşturulmuştur. Deneme alanında ayçiçeği bitkileri sıra arası mesafe 70 cm sıra üzeri mesafe 16 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Denemede Bloklar arasında 3 m boşluk bırakılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre; mikoriza ve fosfor uygulamaları her iki çeşitte de verim üzerine etki ederek, artışa neden olduğu belirlenmiştir.

Bununla birlikte en yüksek bitki boyu (164 cm), sap çapı (1.81 mm), sap boğum sayısı (28.55-28.50 adet/bitki), Tabla çapı (26.85), kuru madde oranı (%67.25), dekara verim (294.80 kg/da), bin tane ağırlığı (83.8 g), yağ oranı (%27.30) ve oleik asit (%33.90), linoleik asit (%68) miktarı i tespit edilmiştir.

**ANAHTAR KELİMELE:** Mikoriza , Verim ve Verim Unsurları, Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), Fosfor

## **ABSTRACT**

### **MASTER THESIS**

#### **EFFECT OF MYCORRHIZA AND PHOSPHORUS APPLICATIONS ON YIELD AND YIELD COMPONENTS IN SUNFLOWER (*Helianthus annuus* L.)**

**MUHAMMET BERKER PALALI**

**HARRAN UNIVERSITY  
INSTITUTE OF GRADUATE EDUCATION  
DEPARTMENT OF FIELD CROPS**

**Thesis Supervisor: Prof. Dr. Ahmet YILMAZ  
Year: 2025, Page : 57**

This research was planned and carried out in 2024 in the land of Ceylanpınar Agricultural Enterprises Directorate of General Directorate of Agricultural Enterprises located within the borders of Ceylanpınar district of Sanliurfa. In the study, four different doses of mycorrhiza and three different doses of phosphorus were applied to sunflower varieties and their effects on yield and yield elements were investigated. The trial was established in randomized blocks according to the split plots trial design with three replications. Each plot in the trial was formed from 6 rows of 12 m length. Sunflower plants were planted in the trial area with a distance between rows of 70 cm and a distance between rows of 16 cm. A 3 m gap was left between the blocks in the trial. According to the results obtained; it was determined that mycorrhiza and phosphorus applications affected yield in both varieties and caused an increase. In addition, the highest plant height (164 cm), stem diameter (1.81 mm), stem nodes number (28.55-28.50 pieces/plant), head diameter (26.85), dry matter content (67.25%), yield per decare (294.80 kg/da), thousand grain weight (83.8 g), oil content (27.30%) and oleic acid (33.90%), linoleic acid (68%) were determined.

**KEYWORDS:** Mycorrhiza, Yield and Yield Elements, Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Phosphorus doses

## ŞEKİLLER DİZİNİ

|            |                                     |    |
|------------|-------------------------------------|----|
| Şekil 3.1. | Ekim zamanına ait bir görüntü ..... | 16 |
| Şekil 3.2. | Deneme alanının görüntüsü.....      | 17 |

## ÇİZELGELER DİZİNİ

|               |                                                                                       |    |
|---------------|---------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Çizelge 2.1.  | Ayçiçeği çekirdeğinin besin içeriği ve analizi .....                                  | 5  |
| Çizelge 3.1.  | Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri.....                 | 13 |
| Çizelge 3.2.  | Ceylanpınar İlçesi Aylık İklim Verileri.....                                          | 14 |
| Çizelge 4.1.  | Çalışmadan elde edilen bitki boylarına ilişkin varyans analiz çizelgesi .....         | 19 |
| Çizelge 4.2.  | Uygulamalara göre bitki boylarının değerleri (cm).....                                | 19 |
| Çizelge 4.3.  | Çalışmadan elde edilen bitki sap çaplarına ilişkin varyans analiz çizelgesi.....      | 20 |
| Çizelge 4.4.  | Uygulamalara göre Sap Çapı değerleri (mm) .....                                       | 21 |
| Çizelge 4.5.  | Çalışmadan elde edilen bitki sap boğum sayısına ilişkin varyans analiz çizelgesi..... | 21 |
| Çizelge 4.6.  | Uygulamalara göre sap boğum sayısı değerleri (adet/bitki).....                        | 22 |
| Çizelge 4.7.  | Çalışmadan elde edilen Tablo çaplarına ilişkin varyans analiz çizelgesi.....          | 22 |
| Çizelge 4.8.  | Uygulamalara göre Tabla çapı (cm) değerleri.....                                      | 23 |
| Çizelge 4.9.  | Çalışmadan elde edilen dekara verimlerine ilişkin varyans analiz çizelgesi.....       | 24 |
| Çizelge 4.10. | Uygulamalara göre dekara verim (kg/da) değerleri.....                                 | 24 |
| Çizelge 4.11. | Çalışmadan elde edilen kuru madde oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi .....   | 25 |
| Çizelge 4.12. | Uygulamalara göre kuru madde oranı (%) değerleri .....                                | 26 |
| Çizelge 4.13. | Çalışmadan elde edilen kuru madde oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi .....   | 26 |
| Çizelge 4.14. | Uygulamalara göre yağ oranı (%) değerleri.....                                        | 27 |
| Çizelge 4.15. | Çalışmadan elde edilen linoleik oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi.....      | 27 |
| Çizelge 4.16. | Uygulamalara göre linoleik asit oranı (%) değerleri .....                             | 28 |
| Çizelge 4.17. | Çalışmadan elde edilen oleik oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi.....         | 28 |
| Çizelge 4.18. | Uygulamalara göre oleik asit oranı (%) değerleri .....                                | 29 |
| Çizelge 4.19. | Çalışmadan elde edilen bin tane ağırlıklarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi .....  | 30 |
| Çizelge 4.20. | Uygulamalara göre bin tane ağırlığı (g) değerleri .....                               | 31 |

## SİMGELER

|              |                                   |
|--------------|-----------------------------------|
| <b>%</b>     | Yüzde                             |
| <b>cm</b>    | Santimetre                        |
| <b>da</b>    | Dekar                             |
| <b>g</b>     | Gram                              |
| <b>K</b>     | Potasyum                          |
| <b>kg</b>    | Kilogram                          |
| <b>kg</b>    | Kilogram                          |
| <b>m</b>     | Metre                             |
| <b>mm</b>    | Milimetre                         |
| <b>P</b>     | Fosfor                            |
| <b>TİGEM</b> | Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü |

## 1. GİRİŞ

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), Asteraceae familyasına ait Günebakan, Gündoğdu veya Günçiçeği, çekirdekleri ve yağı için yetiştirilen sarı çiçekli bir bitkidir. Anavatanı Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika'nın güney bölgesidir. Rusya, Ukrayna, Amerika Birleşik Devletleri, Arjantin ve Çin gibi dünyanın birçok bölgesinde yetiştirilen yağlı bir türdür. İlk başlarda süs bitkisi olarak kullanılan ayçiçeği 18. Yüzyılda Rusya'da Ayçiçek yağı üretimi ile yaygınlaşmış ve 19. Yüzyılda Ayçiçek üretimi başlamıştır. Ayçiçek yağı mükemmel besin özelliklerine sahiptir ve nispeten yüksek konsantrasyonda linoleik asit içerir (Seiler, 2007). Ayrıca zengin bir A ve D vitamini kaynağıdır. Yenilebilir yağ üretimine ek olarak, ayçiçeği ayrıca kozmetik, boya, yağlayıcı ve biyodizel üretiminde hammadde olarak kullanılmıştır (Vilvert ve vd., 2018). Tohumlardan yağ çıkarma işleminden sonra, ayçiçeği küspesi insan tüketimi için bir protein kaynağı veya geviş getiren ve geviş getirmeyen hayvanlar için bir gıda takviyesi olarak kullanılan bir yan üründür (ADEleke ve vd., 2020).

Ayçiçeği mahsulü kuraklığa ve yüksek sıcaklıklara dayanıklıdır. Bu nedenle ayçiçeği, yarı kurak bölgelerde bulunan kırsal üreticiler için iyi bir alternatiftir. Bu yağlık tohum, kurak ve yarı kurak koşullar nedeniyle gıda riski olan bölgelerde bulunan Afrika ülkeleri için yenilebilir yağın ana kaynağıdır (%40) (Vilvert ve vd., 2018). Ayçiçeği, yarı kurak bölgelere uyum sağlamasının yanı sıra, kısa döngü, iyi verimlilik ve yüksek yağ kalitesi ve verimi gibi arzu edilen tarımsal özelliklere sahiptir ve üreticinin kısa vadede insan ve hayvan gıda kaynağı ve ekonomik getiri elde etmesini sağlar (Viena ve vd., 2012).

Toprak işleme, gübreleme, yabancı ot yönetimi ve bitki sağlığı kontrolü gibi tarımsal uygulamaların dikkatli bir şekilde ayarlanmasıyla yüksek verim elde edilir (Mohammadi ve vd., 201; Baskaran ve vd.,2014; Arif ve vd., 2016; Nafady ve vd., 2019). Ayçiçeği için dengeli beslenme, yağ ve yağ asidi içeriğinin üretimini doğrudan etkiler (Adebayo ve vd., 2010; Soleimanzadeh ve vd., 2012; Salih ve vd.,2013; Banerjee ve vd.,2014; Li ve vd.,2018; Ullah ve vd., 2018). Azot (N) tedarikinin, doğrudan ayçiçeği yağının yüksek kalitesiyle ilişkili bileşikler olan doymamış yağ asitlerinin (oleik ve linoleik asitler) üretimi için çok önemli olduğunu bildirmiştir (Ali ve vd., 2012). Ancak, yüksek dozda N uygulaması, yağ konsantrasyonunu azaltabilir ve bitkinin aşırı vejetatif büyümesi nedeniyle yatma riskini artırabilir ve bunun sonucunda verimde azalma olur. Ayçiçeği için bir diğer önemli besin maddesi potasyumdur (K). Çalışmalar, bu besin maddesinin uygun

şekilde uygulanmasının ayçiçeği tohumlarındaki oleik asit, linoleik asit ve protein seviyelerini artırdığını, bunların gıda ve enerji endüstrileri için önemli özellikler olduğunu göstermiştir.

Ayçiçeği için fosfor (P) gübrelemesinin faydaları da birçok literatürde açıklanmıştır. Yapılan çalışmalar, P uygulamasının büyümeyi hızlandığını ve ayçiçeği verimini artırdığını göstermiştir (Abbadi ve vd., 2011; Sadozai ve vd., 2013). Bitkilerde, özellikle vejetatif dönünün başlangıcında, P eksikliği daha yavaş büyüme, çiçeklenmede gecikme, tohumların daha az dolması ve daha düşük yağ içeriği ile sonuçlanır (Grant ve vd., 2001; Prado ve vd., 2006). Ayrıca, nemli veya yarı nemli bölgelere yönelik önerilere dayanan besin temini, kuru koşullara genelleştirilmemelidir, çünkü çevre koşullarına ek olarak, yarı kurak bölgedeki yetiştirme sistemi son derece tuhaftır (Nendel ve vd., 2019). Bu ekstrapolasyon, besin maddesinin kullanımında daha düşük verime veya verimsizliğe yol açabilir. (Nasim ve vd., 2018), ayçiçeği melezleri için 180 kg ha<sup>-1</sup> N ile maksimum tohum verimine ulaşılsa bile, maksimum verimin kuru koşullarda ıslak koşullara kıyasla daha düşük olduğunu ve bunun da bu besin maddesinin kullanımında daha düşük verimliliğe yol açtığını gözlemlemiştir.

Besin maddelerinin uygulanması, özellikle mineraller ve P gibi yenilenemeyen kaynaklar için, yalnızca elde edilen nihai verime değil, kullanımlarının verimliliğine odaklanmalıdır (Veneklaas ve vd., 2012). Bu, rezervlerin raf ömrünü uzatmak, tarımsal üretkenliği sürdürmek ve bu gübrenin aşırı kullanımıyla ilişkili çevresel etkileri azaltmak için iyi bir stratejidir (Godfray ve vd., 2010; Maggio ve vd., 2012). Besinsel verimlilik kavramı, belirli bir genotipin girdinin düşük uygulanmasıyla yüksek verim oranlarına ulaşma yeteneğini karakterize eder (Souri ve vd., 2019). Bu kavram önemlidir çünkü aynı ürünün çeşitleri benzer miktarlarda besini emebilir ve biriktirebilir; ancak her çeşidin besinsel verimliliği nedeniyle büyüme ve verimlilikte farklılıklar meydana gelebilir (Eberhardt ve vd., 1999). Araştırmacılar, besinsel verimliliğin değerlendirilmesinin çeşitleri farklı toprak verimliliği koşullarına adaptasyonları açısından farklılaştırabileceğini gözlemlemiştir (Fageria ve vd., 1982; Martinez ve vd., 1993). Çeşitlerin besinsel etkinliği, uygulanan besin miktarı ile sürgün, kök, tohum, tahıl, meyve ve yemden elde edilen biyokütle üretimi arasındaki ilişkiyi çıkaran yapılandırılmış endeksler aracılığıyla elde edilir (Souri ve vd., 2019; Blair ve vd., 1993).

Tarım, küresel rezervleri 40 ila 150 yıl içinde tükenebilen yenilenemeyen bir

kaynak olan fosfat kayasından elde edilen fosfora büyük ölçüde bağımlıdır (McGill ve vd., 2012). Bu nedenle, bu besin maddesinin mineral gübreleme yoluyla tedariki, yalnızca üretimdeki kazanımlardan ziyade maksimum verimliliği (uygulanan miktar ile verimlilik arasındaki oran) hedeflemelidir. Fosfor, tarla ürünlerinin verimini artırmak için temel unsurdur. Ancak, bu besinin bitkiler için kullanılabilirliği, özellikle tropikal ve subtropikal topraklarda farklı kimyasal reaksiyonlarla sınırlıdır (Mohammadi ve vd., 2013). Bitkileri fosforla beslemenin avantajlarından biri daha derin ve daha bol kökler oluşturmaktır (Nafady ve vd., 2019). Fosfor, bitkilerde erken olgunlaşmaya neden olur, tane nemini azaltır, ürün kalitesini iyileştirir ve toprak pH'ına en duyarlı besindir. Kimyasal gübredeki fosforun maksimum oranı, toprağa uygulandıktan sonra bitkiler tarafından kullanılamaz hale gelir. Bu, alkali pH'ta fosforun kalsiyum ve magnezyumla güçlü bağlar oluşturmaya ve asidik topraklarda demir ve alüminyumla aynı bağlar oluşturmaya bağladılar (Chancelud ve vd., 2016). Bu elementin hareketliliği toprakta çok yavaştır ve bitkiler tarafından hızlı bir şekilde alınamaz. Bu nedenle bitkilerin kök bölgelerinin ötesine uzanabilen ve kök sistemi etrafında genişletilmiş bir ağ geliştirerek daha geniş bir alandan fosforu emmeye yardımcı olabilecek bir yardımcı sisteme ihtiyaçları vardır.

Arbusküler mikoriza mantarları rizosferde önemlidir ve bitkiye birçok fayda sağlar. Mikorizaların bitkiler için faydası esas olarak besin maddelerinin, özellikle fosforun (Lluty ve vd., 2021) artan alımı ile ilişkilendirilir. Bu alımdaki artış toprak temasının yüzey alanının artması, besin maddelerinin mikorizalara daha fazla taşınması, kök ortamının değiştirilmesi ve depolamanın artmasından kaynaklanıyor olabilir. Mikorizalar fosforu almada bitki köklerinden çok daha verimli olabilir. Fosfor köke veya gövdeye difüzyon yoluyla gider ve hifler difüzyon için gereken mesafeyi azaltır, böylece alımı artırır. Fosforun mikorizalara giriş hızı kök tüylerinin altı katına kadar çıkabilir. Bazı durumlarda fosfor alımının rolü tamamen mikorizal ağ tarafından devralınabilir ve bitkinin tüm fosforu hifsel kökenli olabilir. Azot beslenmesinin arbusküler mikorizal sistemdeki rolü ve simbiyoz ve topluluk üzerindeki etkisi hakkında daha fazla araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır.

Yağ sanayisinin en önde gelen bitkilerinden olması sebebiyle ayçiçeği bitkisinin ekim alanlarını arttırmak ülke ekonomimize büyük katkılar sağlayacaktır. Kazık köklü ve tek yıllık bir endüstri bitkisi olan ayçiçeği bitkisinin toprağın havalanmasını sağlaması, toprağın farklı katmanlarından faydalanması, toprağın teksele yapıya geçmesinin önlenmesi, nispeten toprak seçiciliğinin fazla olmaması, toprağı erken terk etmesi, kendinden sonra gelen bitki için toprak işleme maliyetlerini düşürmesi, havalanmış bir toprak bırakması gibi nedenlerden dolayı

ayçiçeği bitkisinin ülke tarımında verim ve üretiminin arttırılarak hakkettiği yere getirilmesi bölgemiz tarımı açısından ise tarımı yapılan kültür bitkileriyle ekim nöbetinde kullanılması önemlidir. Bu nedenle yapılacak olan bu araştırma; Şanlıurfa Ceylanpınar ilçesinde yer alan Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğü, Ceylanpınar Tarım İşletmesi Müdürlüğü arazisinde, ayçiçeğine 3 farklı dozda fosfor ve 4 farklı dozda Mikoriza mantarı uygulanarak verim ve kalite öğelerine etkilerini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Ayçiçeğine uygulanan mikoriza dozlarının tohumlara su ve yapıştırıcı madde ile yapıştırılarak ekimi yapılmıştır. Aynı mikoriza mantarı farklı dozlarda iki farklı çeşit ayçiçeğine uygulanarak hasat sonrasında bitki boyu, tabla çapı, bin tane ağırlığı, tane verimi, sap kalınlığı ve yağ oranı gibi parametrelerdeki verimleri incelenmiştir. Ayrıca, dünyada önemli endüstri bitkilerinden biri olan ve önemi her geçen gün artan ayçiçeği bitkisinde mikoriza uygulamalarının çimlenme, sürme, kök oluşumu, hektolitre ağırlığı, bin tane ağırlığı, erkencilik, yağ oranı, verim gibi önemli parametrelere etkisi araştırılmıştır.

Bu çalışma ile bölge tarımında pamuğa ve mısıra alternatif bir bitki olan ayçiçeğinin ekim alanlarının arttırılması ve tarlanın tek yönlü sömürülmemesi amaçlanmaktadır. Türkiye de ayçiçeği ekim alanlarını arttırarak ayçiçeğinden elde edilen ürünlerin ithalatının azaltılarak ülke ekonomisine katkıda bulunmaya çalışmak hedeflenmektedir. Ayrıca buna ek olarak Türkiye de kimyevi gübre kullanımı yerine mikoriza uygulamalarını kullanmak, toprak kaynaklı patojenlere, fungal hastalıklara ve çeşitli nematodlara karşı bitkinin direncini artırarak hasta olma riskini azaltmaktır. Bölgemizde kullanılacak olan mikoriza uygulamalarının toprağın yapı ve dokusunu iyileştirerek doğal verimliliğini yeniden canlandırması ve toprak ıslahına katkı sağlaması hedeflenmektedir.

## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

*Helianthus* spp. 5000 yıldan uzun bir süredir İngilizce'de ayçiçeği bitkisi olarak bilinir. Ayçiçeği, Asteraceae familyasına aittir ve Amerikalılara özgüdür. Sapı 3 metreye kadar uzayabilir ve çiçek başı "büyük" tohumlarla 30 cm çapa ulaşabilir. *Helianthus* spp. yaygın olarak gıda olarak ve modern tek başlı çiçeklerle, büyük çiçekli bir baş (çiçek salkımı) ile bir yağ kaynağı olarak kullanılır.

"Ayçiçeği" terimi aynı zamanda *Helianthus* cinsinin tüm bitkilerini ifade etmek için kullanılır, bunların çoğu çok yıllık bitkilerdir. Dairesel başın içindeki çiçeklere disk çiçekler denir. Baş olgun evreye döndüğünde "ayçiçeği tohumları" adını alır. Tohumlar aslında bitkinin meyvesidir. Yenmeyen kabuk meyvenin duvarıdır ve gerçek tohum çekirdeğin içinde bulunur (<http://en.wikipedia.org/wiki/sunflower>).

Peterson (1989), ayçiçeği yağının yüksek oranda linoleik asit (%30-80), oleik asit (%30-60), I.V. aralığı 110-143, sabunlaşma değeri aralığı 188-194 olarak değerlendirildiğini ve %90'ın üzerinde E vitamininin aktif formu olan bir tokoferol içerdiğini ve en iyi ham yağ olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca tüm tohumun (100 g yenilebilir tohum başına) 564.4 kalori, %12 nem, %40-50 yağ, %20-40 protein, %10 lif içerdiğini açıklamıştır. Ayçiçeği ununun %55 protein, %7 kül, %4 yağ ve %18 toplam şeker içerdiğini bildirmiştir (Çizelge 2.1).

**Çizelge 2.1.** Ayçiçeği çekirdeğinin besin içeriği ve analizi

| 28,35 g ayçiçeği çekirdeği başına besin bileşimi |          |
|--------------------------------------------------|----------|
| Kalori                                           | 160      |
| Toplam Yağ                                       | 14 g     |
| Doymuş Yağ                                       | 2 g      |
| Çoklu Doymamış Yağ                               | 9 g      |
| Tekli Doymamış Yağ                               | 3 g      |
| Kolesterol                                       | 0 g      |
| Toplam Karbonhidrat                              | 5 g      |
| Diyet Lifi                                       | 4 g      |
| Şekerler                                         | 1 g      |
| Protein                                          | 6 g      |
| A Vitamini                                       | <3 IU    |
| C Vitamini                                       | <0,2 mg  |
| E Vitamini                                       | 11,34 mg |
| Ca                                               | 33 mg    |
| Fe                                               | 1,9 mg   |
| Zn                                               | 1,4 mg   |
| Cu                                               | 0,4 mg   |

Chandrashekara ve vd., (1995), AMF ile aşılanmış *Helianthus annuus* bitkilerinin toplam kuru biyokütle, toplam P alımı ve tohum verimi üzerindeki olumlu etkisinin aşılanmamış bitkilere kıyasla önemli ölçüde arttığını buldular. Toprakta özellikle P olmak üzere bitki tarafından kullanılabilir besin maddelerinin düşük konsantrasyonlarda olduğu durumlarda mikorizaların bitki beslenmesi ve büyümesi için önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Augé (2001), mikorizalizasyonun, patojenler tarafından sekonder enfeksiyonlara karşı daha az duyarlı olduğu gösterilen mikorizal dokuların savunma durumunu artırabileceğini bildirmişlerdir. Mikorizal mantarların, özellikle toprak kaynaklı patojenler olmak üzere, birçok ürünün geniş bir yelpazesinde bitki patojenlerini baskılama potansiyelini öne sürmüşlerdir. Bitki hastalıklarının yönetiminde mikorizanın rolü; AM simbiyozunda bitki beslenmesinin iyileştirilmesi, patojen hasarının telafisi ve fotosentez maddeleri veya kolonizasyon enfeksiyon bölgeleri için rekabetin koruyucu bir rol oynadığı iddia edilmektedir.

Davies ve vd. (2001), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada ayçiçeği bitkisine mikoriza aşılayarak gelişim parametrelerini gözlemlemişlerdir. Araştırmacılar çalışmada mikoriza aşılmasının ayçiçeği P beslenmesi ve verimini arttırdıklarını rapor etmişlerdir. Mikorizanın ise bitki boyu, bitkinin yaş ağırlığı, yan dal sayısı, bitkinin azot içeriği, bitkinin fosfor içeriği ve bitkinin potasyum içeriği üzerine istatistiki olarak etkisi olmamıştır. (Ortaş, 2008), mikoriza, etkili bir enfeksiyon sonrasında bitkinin fosfor (P), çinko (Zn) ve bakırın (Cu) da dâhil olduğu birçok besin elementini ve su ihtiyacını karşılamaktadır. Buna ek olarak mikoriza enfeksiyonu bitkilerin sadece N ve K gibi normal minerallerle değil, demir (Fe) ve molibden (Mo) gibi ağır metallerle de beslenebilmesine imkân sağlamaktadır.

Douds ve Johnson (2003) mikorizaların toprak verimliliğinin önemli bileşenleri olan yararlı bitki mantarı birlikleri olduğunu bildirmiştir. Bu tür mekanizmaların besin alımı işlevlerini (a) kök sistemindeki anatomik veya morfolojik AM kaynaklı değişiklikler, (b) AM bitkilerinin rizosfer popülasyonlarındaki mikrobiyal değişiklikler, (c) toprak kaynaklı bitki patojenlerinin arbusküler mikorizal birlikleri tarafından neden olduğu hasarı azaltmak için AM mantarları tarafından bitki savunma mekanizmalarının yerel olarak ortaya çıkarılması olduğunu bildirmişlerdir.

E1-Naggar (2003), tohum olgunlaştığında %50'ye kadar nem içerdiğini, %20-30 nem içeren harmanlanmış tohumun kısa süreli depolama için %12'ye ve

uzun süreli depolama için %9.5'e kadar kurutulması gerektiğini bildirmiştir.

Johansson ve vd., (2004), toprak organizmaları ile AM toplulukları arasındaki aktivitelerin, toprağın daha derinlerine yerleşen organik madde parçacıklarının toprak biyolojisinin madde tutma kapasitesini artırarak toprak verimliliğini sürdürmesini veya artırmasını sağladığını bildirmiştir.

Grant ve vd., (2005) AM mantarlarının fosfor, azot, potasyum, kalsiyum, çinko, bakır ve demir gibi daha az bulunan mineral besin maddelerinin alımını ve bitki içeriğini artırabildiğini bildirmişlerdir.

Helgason ve Fitter (2005), ekosistemdeki mikorizal ilişkilerin bitkideki organik ve inorganik besin ilişkilerini, su ve karbon döngüsünü etkilediğini bulmuşlardır. Arbüsküler mikorizal simbiyozun, aşağıdakiler de dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalarla bitkinin orta düzeyde nem eksikliğine ve (a) hifler tarafından topraktan artan su alımı, (b) stoma iletkenliğinde değişikliklere neden olan değişen hormonal seviyeler, (c) yaprak ozmotik potansiyelini düşürerek artan turgor, (d) konukçunun iyileştirilmiş beslenmesi, (e) toprak-kök ilişkisini sürekli koruyarak kuraklıktan sonra bitkinin iyileşmesinin iyileştirilmesi gibi verdiği tepkileri hafifletebileceğini bildirmişlerdir.

Gosling ve vd., (2006) AMF topluluk yapısının değerlendirilmesini ve mısır, soya fasulyesi, buğday ve arpa gibi başlıca tahıl üretimlerinde ürün verimliliğini artırmayı incelemişlerdir. Toprakta çok geniş hifal ağ gelişimi nedeniyle arbuskular mikorizal simbiyozların bitki büyümesine fayda sağladığı, besin maddelerini daha verimli kullandığı ve bitki alımını iyileştirdiği ortaya koymuşlardır. AM simbiyozları ayrıca strese karşı direnci artırır ve hastalık sıklığını azaltır, sürdürülebilir tarımda önemli bir çözüm sunmaktadırlar. AM mantarlarının ayrıca bitki konakçısının kök hastalıklarına karşı direncini artırdığı bilinmektedir. AM hifleri bağlar ve hifler tarafından salgılanan glomulin salgıları daha erozyona dayanıklı agregatlara yapıştırır.

Vesiküler Arbüsküler Mikorizaların (VAM) gerek asma fidanı üretiminde gerekse bağa dikilen fidanların büyüme, gelişme ve uyum gibi performanslarını artırmaya yönelik pozitif etki yaptıkları, bazı araştırmacılara göre de etkisi olmadığı yönündedir. Ergin (2006), gerçekleştirmiş oldukları çalışmada artan dozlarda P (0, 50, 100 ve 200 mg kg<sup>-1</sup>) uygulaması ve mikoriza aşılmasının bitki kuru madde verimine etkisini araştırmışlardır ve 200 mg kg<sup>-1</sup> P uygulanan ve mikoriza aşıl原因

saksılarda en yüksek bitki verimi elde edildiği belirtilmiştir. (Barkın, vd., 2016), Bakteri, mantar (mikorizal mantar), alg(yosun) ve virüs vb. mikroorganizmaları kullanarak bitki gelişimi iyileştiren, soğuk, sıcağa karşı direncini artıran, su tutma kapasitesini artırarak, hastalıklara karşı koruyarak bitki gelişimine katkı sağlayan biyolojik mikro ve makro mikrobiyolojik ajanlara biyostimülantlar adı verilmiştir.

Ultra ve vd., (2007) arbusküler mikorizal mantarların ayçiçeği "Helianthus annuus" verimi üzerindeki etkisini incelemiştir. AM aşılmasının sürgünlerdeki P beslenmesini iyileştirerek bitki büyümesini artırdığını bulmuşlardır. Arbusküler mikorizal mantarların besin alımını artırarak Helianthus bitki verimliliğini artırmada önemli bir rol oynadığını bulmuşlardır.

Tarbell ve Koske (2007), AMF'nin bitkilere sağladığı faydaların esas olarak toprak temasının yüzey alanındaki artış sağlamasına, mikoriza varlığında besin maddelerinin artan hareketine ve kökün bir modifikasyonu nedeniyle alınımda artışa neden olduğundan olduğunu öne sürmüşlerdir.

Ultra ve vd., (2007) gerçekleştirdikleri çalışmada ayçiçeği bitkisinde mikoriza ve fosfor uygulamalarının Arsenik kirliliğine etkisini araştırmış ve mikoriza aşılmasının ağır metal kirliliğini azalttığını rapor etmişlerdir.

Wang ve Zhang (2008), mikorizanın bitkiler içinde taşınma olarak çok az etki gösterdiğini ancak dışa akış olarak kökü etkilemiş olabileceğini bildirmiştir. Dış miselyumun birikmesi, AM mantarlarının konuk mısır bitkilerinde detoksifikasyonda olası bir rol oynadığını gösterir. Arbusküler mikorizal mantarlar köklerle potansiyel olarak faydalı ilişkiler kurabilir ve AM mantarlarının ağır metaller ve kimyasallar için toprak fitoremediasyonunun önemli bileşenleri olduğuna dair giderek artan kanıtlar bildirilmektedir. AMF, bitki büyümesini ve besin alımını teşvik etmekte olduğunu bildirmişlerdir.

Çetinkaya ve Sami (2009), tarla koşullarında gerçekleştirmiş oldukları çalışmada mikorizal mantarlar ile bitki kökleri arasındaki simbiyotik yaşamı verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirmiş oldukları çalışmada farklı dozda mikoriza uygulamalarının bitki yeşil aksam veriminde kontrole göre önemli bir farklılık olmadığını tespit etmişlerdir. Ancak mikoriza uygulamasının kontrole kıyasla bitki verimini de arttırdığını rapor etmişlerdir.

Adewole, ve vd.,(2010), gerçekleştirmiş olduğu çalışmada iki farklı mikoriza aşılmasının ayçiçeği verimini arttırdığını ve köklerde inokulasyonun gerçekleştiğini rapor etmişlerdir. Soleimanzadeh (2010), gerçekleştirdikleri çalışmada bitkinin ihtiyaç duyduğu dört farklı P düzeyi (%25, %50 %75 ve %100) P2O5 ve mikoriza uygulamalarının ayçiçeği verimi ve gelişimine etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın araştırma bulguları % 50 P ve mikoriza aşılmasının en iyi uygulama olduğunu rapor etmişlerdir. Gholamhoseini ve vd.,(2013), yaptıkları çalışmada mikoriza aşılmasının ayçiçeğinin bitki besin elementi alımını ve verimini arttırdığını rapor etmişlerdir. Gholamhoseini ve vd.,(2013), gerçekleştirdiği çalışmada kuraklık stresi altında mikoriza aşılmasının ayçiçeği verimi, gelişimi ve beslenmesine etkisini incelemişlerdir. Çalışmanın araştırma bulguları mikoriza aşılmasının ayçiçeği beslenmesi ve gelişimini arttırdığını göstermektedir.

Mikorizalı ve Mikorizasız (kontrol) faktöriyel bir kombinasyon halinde incelenmiş. Sonuçta aşılınmış bitkilerde, aşılınmamış bitkilere göre baş çapı, başlıktaki tohum sayısı, tohum verimi ve yağ veriminin önemli ölçüde daha yüksek olduğunu görmüştür. Aşılınmamış bitkilerde önerilen %75 P'nin üzerine çıkan P düzeyi ile baş çapı, başlıktaki tohum sayısı, 1000 tohum ağırlığı, biyolojik verim, tohum verimi ve yağ verimi artarken, önerilen %75 ile %100 P arasında önemli bir fark gözlememiştir. Bu deneyin sonuçlarına göre, önerilen %50 P içeren mikoriza uygulamasının uygun bir performansla sahip olduğu ve tohum verimini ve yağ üretimini kabul edilebilir bir düzeye çıkarabildiği, dolayısıyla organik tarım sistemlerinde kimyasal fosforlu gübre yerine uygun bir alternatif olarak değerlendirilebileceği değerlendirmiştir.

Yaseen ve vd., (2012), mikoriza ilişkisinin aynı zamanda, kök eksüdatları, AM mantarlarının hifleri ve salgılarının, toprak yapısını iyileştirmek için küçük toprak parçacıklarını birbirine bağladığını bildirmişlerdir. Aynı zamanda mikorizal kök sistemlerinin 40 kat veya daha fazla uzadığını ve su ve besin emiliminin büyük ölçüde iyileştirildiğini ve bozulmuş alanlara mikoriza eklenmesinin, bitki oluşumunu %50-100 veya daha fazla oranda artırdığını ifade etmişlerdir.

Akman (2017), tarafından yapılan çalışmada rhizobia ve mikoriza uygulamalarının fasulye verim ve kalitesine etkileri incelenmiştir. Yapılan çalışmada bitkideki tane sayısı, bitki boyu, 1000 tane ağırlığı, bitki başına ve dekara tane verimi, tanelerin fosfor içeriği, kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı ile tane ham protein oranı üzerine yapılan uygulamaların etkisi bulunmamıştır. Uğur (2018), tarafından yapılan bir çalışmada, mikorizanın fasulye verimine ve bitki gelişimine

etkileri incelenmiştir. Mikoriza uygulanan bitkilerde verim artışı tespit edilmiştir. Mikoriza aşılması yapılan bitkilerde; üst aksam ve kök ağırlıkları ile enfeksiyon oranlarında artış olduğu görülmüştür.

Kalaiyaran ve vd..(2019), yapmış oldukları çalışmada ayçiçeği bitkisine beş farklı P doz (0, 25, 50, 75 ve 100 kg da-1) uygulaması ve mikoriza aşılmasının bitki verimini ve P beslenmesini arttırdığı rapor edilmiştir. Parça (2019), çalışmalarında arbusküler mikoriza mantarı (AlKhader)'ların çerezlik ayçiçeğinin verim ve tarımsal özelliklerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Çalışmada AMF'nin ayçiçeği gelişimini ve verimini arttırdığı görülmektedir.

Özeren vd. (2019), domates bitkisinde mikoriza uygulamasının verim ve kalite üzerine etkilerini incelemiştir. Mikoriza uygulamasının domates üzerinde tek meyve ağırlığı, meyve çapı, meyve boyu gibi pomolojik özelliklerine ve kalite özelliklerine etkileri istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Yılmaz (2020), tarafından yapılan çalışmada Malatya ekolojik koşullarında domates yetiştiriciliğinde Mikoriza, Bakteri (PGPR) biyo gübreleri ile yüksek oranda organik özellikte olan Ca, Mg, K, aminoasit kaynaklı açıkta kullanıma uygun CO2 gübrelerinin kullanılmasıyla mineral gübre kullanımının azaltılması ve biyo-organik gübrelerin domateste verim, kalite, bitki gelişimi ve bitki beslenmesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada Egemen F1 domates çeşidi kullanılmış olup 12 uygulama yer almıştır. Biyo-organik gübreler tek başlarına, %50 mineral gübre ile beraber, kombinasyon halinde kullanılmıştır. En yüksek domates verimi ise CO2 +50 NPK ve CaMgK+50NPK (10.20 Ton/da ve 9.79 Ton/da) uygulamalarından elde edilmiş olup Kontrol (%100 NPK) uygulamasına kıyasla verimde sırasıyla %12.15 ve %8.47 oranlarında artış sağlanmıştır.

Tekin ve vd., (2024) Fosforlu gübre uygulamasının mikroorganizma aktivitesini etkilediğine dair yapmış oldukları çalışmada Eskişehir koşullarında fasulye bitkisine farklı fosfor dozları, Mikoriza mantarı ve Rhizobia aşılması yaparak, artan fosfor dozları bitkide bakla sayısı, tane sayısı, tane verimi, biyolojik verim ve tane verimini olumlu yönde etkilediğini, toprak canlıları üzerinde çevre koşullarının etkisi çok fazla olmadığını tespit ederek, bölgede 3 kg da-1 P2O5 uygulamasının yeterli olacağını bildirmişlerdir.

Akpınar ve vd., (2020), farklı mikoriza aşılması ile birlikte farklı dozlarda kompost ve fosfat kayacı uygulamalarının etkisini sorgum bitkisinin gelişimi ve

besin element alımlarına etkilerini incelemişlerdir. Araştırmalarının sonucunda mikoriza aşılamaının kök ve kök üstü aksam kuru madde verimine daha fazla etki ettiğı yetiştirme sürecinin kısa olması nedeni ile fosfat kayacının çözünemediğini bildirmişlerdir.

Baumgartner., (2003) ve Aguilera ve vd., (2022), Arbusküler mikorizal funguslar (AMF)'ler hifleri ile birlikte konukçu bitki ile toprak arasında fiziksel bağ kurarak topraktan bitkiye mineral iyonları ve karbon sağladığını, Biasi ve vd., (2023), hiflerin toprak agregatlarını ağ gibi çevrelediklerinden dolayı toprak özellikleri üzerinde de etkili olduğunu, Carpio ve vd., (2023), hiflerin hümik bileşiklerle beraber organik yapışıcı maddeler ürettiklerinden toprak porozitesini artırdığını, Moukarzel ve vd., (2023), toprağın havalanması ve toprak-su hareketi, bitki köklerinin büyümesi ve köklerin toprak içinde dağılımını teşvik ettiğinden dolayı toprak yapısını iyileştirdiğini bildirmişlerdir.

### 3. GEREÇ VE YÖNTEM

#### 3.1. Gereç

##### 3.1.1. Deneme yılı ve yeri

Deneme 2024 yılı yetiştirme sezonunda Şanlıurfa ili Ceylanpınar ilçesi sınırları içerisinde bulunan TİGEM Genel Müdürlüğü, Ceylanpınar Tarım İşletmesinde yürütülmüştür.

##### 3.1.2. Mikoriza dozları

Araştırma Tesadüf Blokları Deneme Deseninde Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre yürütülmüştür. Çalışmada Fosfor dozları ana parsellere, mikoriza uygulamaları da alt parsellere gelecek şekilde planlama yapılmıştır. Fosfor dozları 0, 5, 10 kg/da saf olarak uygulanmıştır. Çalışmada fosfor gübresi kaynağı olarak Triple Süper Fosfat gübresi kullanılmıştır. Mikorizanın 0 g/da, 1.5 g/da, 2.5 g/da, 3.5 g/da dozları uygulanmıştır. Fosfor dozları ekimden önce tarlaya uygulanmış, mikorizanın dozları ise bir kap içine konulup, tohuma yapışacak kadar sulandırılarak yayıcı-yapıştırıcı ile tohumlara yapışması sağlanmıştır. Mikoriza ile kaplanan ayçiçek tohumlarının ekimi gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ticari ismi Shubhodaya olan mikoriza kullanılmıştır ve bu mikoriza internet üzerinden trendyol adlı alışveriş sitesinden temin edilmiştir.

Deneme de kullanılan Shubhodaya Mikoriza Mantarının Özellikleri; Shubhodaya Mikoriza üç farklı Glomus Mikoriza mantarının (Glomus VAM) konsorsiyumudur. Bu türler saftır ve genetik olarak modifiye edilmemiştir (GDO yoktur). Mikorizanın iki türü vardır; ektomikoriza ve endomikoriza, "Shubhodaya" endomikoriza türüne dahildir. Shubhodaya mikoriza, kökün içinde depolama organı (vesikular) ve besin taşıyıcı kollar (arbuskular) oluşturarak yaşayan endomikoriza kategorisindedir. Mantar filamanları kolonizasyon sonrası toprak içinde yayılırlar. Bu durum mantarın, bitki köklerine göreceli olarak, 15 kat fazlasına kadar toprak hacmine ulaşmasını sağlar. Shubhodaya Mikoriza uluslararası patente sahip bir teknolojiyle modern laboratuvarıda (in-vitro) üretilmektedir. Shubhodaya Mikoriza ve seri üretim teknolojisi, Araştırma-Geliştirme maliyetleri Hindistan Hükümeti Biyoteknoloji Dairesi tarafından karşılanan ve TERI (The Energy and Resources Institute) tarafından 15 yıl süreyle yürütülen çalışmaların sonucudur. (Kaynak: [Mikorizalgubre.com/shubhodoya/shubhodaya-mikorizanin-faydalari/2022](http://Mikorizalgubre.com/shubhodoya/shubhodaya-mikorizanin-faydalari/2022)).

##### 3.1.3. Bitki materyali

PİONEER tek adet ayçiçeği çeşidi denemede bitki materyali olarak kullanılmıştır. Denemede kullanılan ayçiçeği çeşidinin özellikleri; Clearfield teknolojisine uygun bir ayçiçeği çeşididir. Köse hastalığının bilinen ırklarına karşı yüksek seviyede toleranslıdır. Orobanşın bilinen ırklarına karşı yüksek seviyede toleranslıdır. Orobanş için ilaç atma zorunluluğunu ortadan kaldırır. Tarlanın yabancı ot olmayan kısımlarını ilaçlamaya gerek yoktur. Orta erkencidir. Clearfield teknolojisine uygun ayçiçeği çeşitleri içerisinde çok yüksek verim potansiyeline sahiptir. Clearfield teknolojisine uygun ayçiçeği çeşitleri içerisinde yüksek yağ oranına sahiptir. Tabla yapısı eğik ve dış bükeydir. Taneleri dolgun ve ince kabukludur. Farklı toprak tiplerine adaptasyon kabiliyeti yüksek olup, toprak seçiciliği yoktur. Hem kurak şartlarda hem yağışlı ve sulanabilir koşullarda eşsiz bir verim potansiyeline sahiptir. Topraktan çıkış ve ilk gelişmesi hızlıdır. Yağ oranı, kendi grubundaki çeşitlerden oldukça yüksektir. Her türlü toprakta ekilebilir. Sap ve kök sistemi sağlamdır. (Pioneer Tarım Çözümleri Türkiye, 2022).

#### 3.1.4. Toprak özellikleri

Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri 2022 yılında TİGEM Toprak Analiz Laboratuvarında gerçekleştirilmiş ve sonuçları Çizelge 3.1 de belirtildiği gibi bulunmuştur.

Deneme yapılacak ayçiçeği alanları sulama aralığı ve sulama miktarlarının eşit ayarlanması bakımından center pivot sulama metoduyla sulanmıştır. Deneme alanının toprağı orta profilli, kumlu-tınlı, pH ayçiçeğine uygun, besin ve organik maddelerce yeterlidir.

**Çizelge 3.1.** Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal ve fiziksel özellikleri

| Analiz                                                                                                       | Sonuç       |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Suyla Doygunluk (%)                                                                                          | 62          |
| Bünye Sınıfı                                                                                                 | Killi-Tınlı |
| EC (ds m <sup>-1</sup> )                                                                                     | 0.644       |
| Toplam Tuz (%)                                                                                               | 0.018       |
| Suyla Doymuş Toprakta pH                                                                                     | 7.47        |
| Kireç (%)                                                                                                    | 36.88       |
| Organik Karbon (%)                                                                                           | 0.84        |
| Organik Madde (%)                                                                                            | 1.49        |
| Bitkiye Yararlı Besin Maddeleri (kg da <sup>-1</sup> ) Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )               | 4.56        |
| Bitkiye Yararlı Besin Maddeleri (kg da <sup>-1</sup> ) Potasyum (K <sub>2</sub> O)                           | 136.69      |
| Verilmesi Gereken Saf Besin Maddeleri (kg da <sup>-1</sup> ) Azot (N)                                        | 15          |
| Verilmesi Gereken Saf Besin Maddeleri Miktarı (kg da <sup>-1</sup> ) Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) | 8           |
| Verilmesi Gereken Saf Besin Maddeleri Miktarı (kg da <sup>-1</sup> ) Potasyum (K <sub>2</sub> O)             | 0           |

### 3.1.5. İklim Özellikleri

Ceylanpınar ilçesinde sıcak ve ılıman iklim görülmektedir. Kış aylarında yaz aylarından çok daha fazla yağış düşmektedir. Ceylanpınar ilçesinin yıllık ortalama sıcaklığı 17.9 °C 'dır. Yıllık ortalama yağış miktarı: 379 mm (Kaynak: tr.cilmate-data.org, 2022). Yılın en kurak ve en yağışlı ayı arasındaki yağış miktarı: 73 mm Yıl boyunca ortalama sıcaklık 25.2 °C dolaylarında değişim göstermektedir. (Kaynak: tr.cilmate-data.org ,2022). Aylara göre Ceylanpınar ilçesinin sıcaklık ve yağış miktarları Çizelge 3.2’de verilmiştir.

**Çizelge 3.2.** Ceylanpınar İlçesi Aylık İklim Verileri

|                             | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık |
|-----------------------------|------|-------|------|-------|-------|---------|--------|---------|-------|------|-------|--------|
| <b>Ort. Sıcaklık (° C)</b>  | 5.5  | 7.4   | 11.1 | 16    | 21.7  | 27.3    | 30.7   | 30.1    | 25.5  | 19.3 | 12.4  | 7.3    |
| <b>Min. Sıcaklık (° C)</b>  | 0.6  | 1.8   | 4.6  | 8.7   | 13.3  | 18.1    | 21.2   | 20.4    | 15.5  | 10.6 | 5.3   | 2.1    |
| <b>Maks. Sıcaklık (° C)</b> | 10.5 | 13    | 17.6 | 23.3  | 30.1  | 36.5    | 40.3   | 39.8    | 35.6  | 28.1 | 19.6  | 12.5   |
| <b>Yağış / Yağış (mm)</b>   | 73   | 53    | 54   | 50    | 31    | 2       | 0      | 0       | 1     | 21   | 36    | 58     |

### 3.2. Yöntem

Deneme 2024 yılı yetiştirme sezonunda Şanlıurfa ili Ceylanpınar ilçesi sınırları içerisinde bulunan TİGEM Genel Müdürlüğü, Ceylanpınar Tarım İşletmesinde yürütülmüştür. Deneme tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Denemede her bir parsel 12 m uzunluğundaki 6 sıradan oluşturulmuştur. Deneme alanında ayçiçeği bitkileri sıra arası mesafe 70 cm sıra üzeri mesafe 16 cm olacak şekilde ekim yapılmıştır. Denemede Bloklar arasında 3 m boşluk bırakılmıştır. Denemede Pioneer P64LC108 çeşidi bitki materyalini oluşturmuştur. Fosfor dozları ana parsellere, mikoriza uygulamaları ise alt parsellere gelecek şekilde denemede 2 faktörün etkisi incelenmiş olup, ele alınan faktörler ve seviyeleri aşağıdaki gibidir.

#### 1. Mikoriza

Kontrol : 0 g/kg

Birinci doz: 1.5 g/kg

İkinci doz : 2.5 g/kg

Üçüncü doz : 3.5 g/kg

#### 2. Fosfor

Kontrol: 0 kg/da

Birinci doz: 5 kg/da

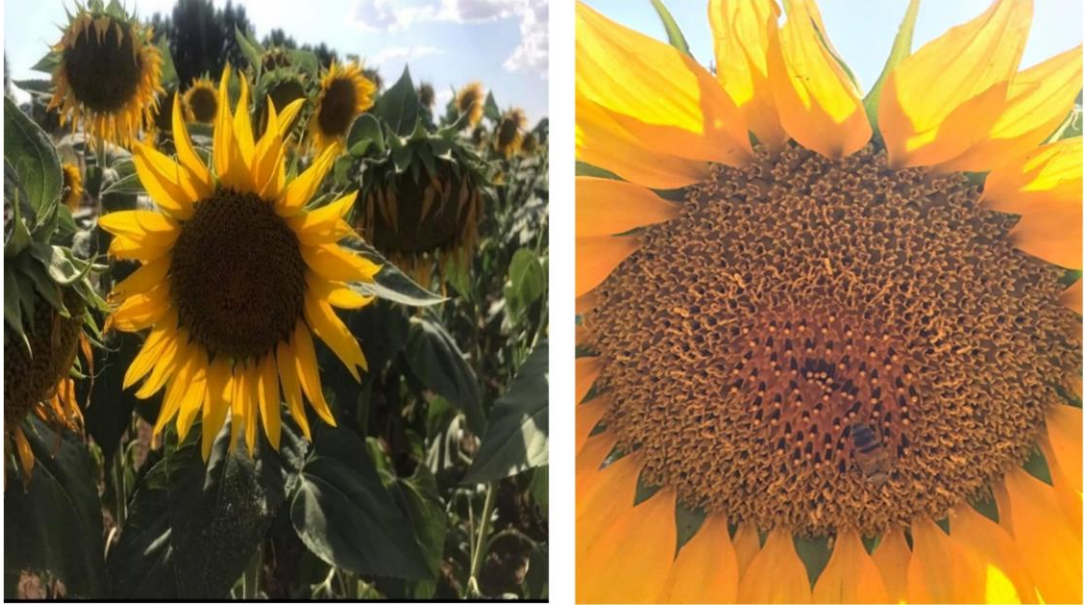
İkinci doz: 10 kg/da

Denemede kullanılacak olan 1 paket mikoriza paketi 50 g'dır. Mikorizanın 1 gramında 2 bin adet mikoriza bulunmaktadır. Mikoriza paketi açıldıktan sonra, 1 ay içinde kullanılabilir. Açık havaya, güneş ışığına ve sıcaklığa maruz bırakılmadığı, kuru ve serin bir ortamda saklanan Shubhodaya Mikoriza 4 hafta canlı kalır. Ekim mart ayının 20'si ile Nisan ayının 10'u arasında gerçekleştirilmiştir. Hasat ise temmuz ayının 15-25 arasında yapılmıştır. Ekilişten hasada kadar ortalama 500 mm belirli periyotlarla su verilmiştir. Denemede 25 kg/da üre kullanılmıştır

(11,5 kg/da saf azot). Azotun yarısı ekimle birlikte diğer yarısı da üst gübre olarak uygulanmıştır. Denemede tohumlar mikorizanın her bir dozu ile bulaştırıldıktan sonra nemli toprağa ekilmiştir. Yağışın durumuna göre bitkilerin su gereksinimi karık usulü sulama yöntemi ile sulama ihtiyacı karşılanmıştır. Çalışmada karşılaşılan zararlılara karşı gerekli görüldüğünde kimyasal mücadele yapılmıştır.



**Şekil 3.1.** Ekim zamanına ait bir görüntü



**Şekil 3.2.** Deneme alanının görüntüsü

### **3.2.1. Araştırmada İncelenen Özellikler ve Yöntemleri**

Aşağıda incelenecek özellikler Yılmaz (1989)'un belirttiği yöntemler uyarınca saptanacaktır.

#### **3.2.1.1. Bitki Boyu (cm)**

Bitki boyunun hesaplanmasında her parseldeki tüm bitkilerin toprak seviyesinden başlayarak yaprağının en uç noktasına kadar cm olarak ölçümü gerçekleştirilmiş (Şekil 3.16.) ve bu ölçümlerin ortalamaları alınmıştır.

#### **3.2.1.2. Sap Çapı (mm)**

Bitkilerin hasattan bir hafta kadar önce dip, orta ve üst kısımlarındaki sap çapları kumpas yardımıyla ölçülerek, her bitki için ortalama bir değer bulunmuştur.

#### **3.2.1.3. Sap Boğum Sayısı (adet/bitki)**

Her bir parselde gelişmiş bitkilerden tesadüfen belirlenen 20 şer bitkide hasattan önce tüm sap boğum sayımı yapılarak saptanmıştır.

#### **3.2.1.4. Tabla Çapı (cm)**

Her bir parselde tesadüfen belirlenen 20 bitkinin tabla çapları cetvel yardımıyla ölçülerek cm olarak belirlenmiştir.

**3.2.1.5. Dekara Verim (kg/da)**

Her bir parselin kenar tesirleri atıldıktan sonra geriye kalan alandaki bitkiler hasat edilerek tohumlarına ayrılacak ve dekara verime çevrilmiştir.

**3.2.1.6. Kuru Madde Oranı (%)**

Parsellerden alınan 100'er g hava kurusu tohumun, etüvde 105 oC de sabit değer verinceye kadar bekletilmesi ile elde edilmiştir.

**3.2.1.7. Yağ Oranı (%)**

Yağ oranı Sokselet yöntemi ile saptanacak ve parsel tohum veriminin oranlanması ile dekara yağ verimine dönüştürülmüştür.

**3.2.1.8. Varyans Analizleri**

Deneme sonucunda elde edilen veriler JMP istatistik programına göre istatistiksel analizlere tabi tutulmuş ve gruplandırmalar LSD testine göre oluşturulmuştur.

#### 4. BULGULAR

##### 4.1. Bitki Boyu (cm)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen bitki boylarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.1’de yer almaktadır.

**Çizelge 4.1.** Çalışmadan elde edilen bitki boylarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 167.37500         | 573.8571 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 353.25000         | 368.6087 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 8.6250000         | 4.5000   | 6  | 0.0059**    |
| Hata                | 546.25000         |          | 35 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.1’de bitki boylarına, uygulanan farklı mikoriza, fosfor dozlarının ve fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p<0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Bitki boylarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.2’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.2.** Uygulamalara göre bitki boylarının değerleri (cm)

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |                |                 |                 |                 |
|---------------------------|-------------------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                           | 0                       | 1,5            | 2,5             | 3,5             |                 |
| 0                         | 151.0f                  | 152.5e         | 155.5d          | 155.0d          | <b>154.125C</b> |
| 5                         | 151.5f                  | 155.0d         | 157.5c          | 161.0b          | <b>156.250B</b> |
| 10                        | 157.5c                  | 157.5c         | 161.0b          | 164.0a          | <b>159.375A</b> |
|                           | <b>152.500D</b>         | <b>155.00C</b> | <b>158.000B</b> | <b>160.833A</b> |                 |

Uygulamaların bitki boyu (cm) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer 151.0 cm ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 164.0 cm ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulamasındaki artışta mikoriza uygulamasındaki artışta bitki boylarını paralel olarak artırdığı fosfor ve mikoriza uygulamasının en yüksek dozunda (3.5 kg/da Fosfor x 10 g/da mikoriza) en yüksek bitki boyu 164.0 cm olarak görülmüştür.

Akköprü vd. (2005), domates bitkisinde, Şen (2008), patlıcan bitkisinde ve Özgönen (2011), pamuk bitkisinde yaptıkları çalışmalarda AMF uygulamalarının bitki boyunu, fide uzunluğu, ürün çapı gibi özelliklerini olumlu şekilde etkilediğini

bildirmişlerdir.

Yapmış olduğumuz çalışma bu araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalar ile benzer olup bitki boyu yönünden çalışma değerlendirildiğinde en başarılı uygulama P uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozlarında tespit edilmiştir.

Parça, (2019) Arbusküler mikorhizal fungus (amf)' ların çerezlik ayçiçeğinde tarımsal özellikler üzerine etkisi adlı çalışmada bitki boyunu 189.75 cm ve 245.75 cm arasında değiştiğini bildirmiştir. Ergen ve Sağlam, (2005), yapmış oldukları çalışmada İnegöl Alası çerezlik ayçiçeği çeşidinde çalışmışlar ve bitki boyunun 139.25-157.0 cm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Yapmış olduğumuz çalışmada bitki boyları Ergen ve Sağlam, (2005)'in yapmış olduğu ile uyumlu olduğu Parça, (2019)'un bitki boyundan daha düşük olduğu bunun da farklı ekoloji ve kültürel uygulamalardan kaynaklığı söylenebilir.

#### 4.2. Sap Çapı (mm)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen bitkilerin sap çaplarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.3'te yer almaktadır.

**Çizelge 4.3.** Çalışmadan elde edilen bitki sap çaplarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 0.00788750        | 23.3704  | 2  | 0.0062**    |
| Mikoriza uyg.       | 0.03081875        | 178.2289 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 0.00036250        | 1.0482   | 6  | 0.4279      |
| Hata                | 0.00103750        |          | 18 |             |

\*\*: % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.3'te bitki sap çaplarının değerine, farklı mikoriza doz ( $p<0.01$ ), farklı fosfor doz ( $p<0.05$ ) uygulamalarının önem düzeyinde etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu ancak fosfor x mikoriza doz uygulamalarının interaksiyonlarının ise istatistiksel olarak etkide bulunmadığı ve farklılık oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Sap çapı değerlerine ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.4'te gösterilmiştir.

**Çizelge 4.4.** Uygulamalara göre Sap Çapı değerleri (mm)

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 0.00788750        | 23.3704  | 2  | 0.0062**    |
| Mikoriza uyg.       | 0.03081875        | 178.2289 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 0.00036250        | 1.0482   | 6  | 0.4279      |
| Hata                | 0.00103750        |          | 18 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Uygulamaların sap çapı değerleri (mm) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer 1.695 mm ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 1.810 mm ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça bitki sap çapı değerinde de paralel bir artışın gözlemlendiği ancak fosfor ve mikoriza uygulamasının en yüksek dozunda (3.5 kg/da Fosfor x 10 g/da mikoriza) en yüksek bitki sap çapı değeri (1.810 mm) elde edilmesine rağmen istatistiksel olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir.

Onat (2015) ve Yağmur ve Okur (2017) organomineralin farklı çeşitleriyle yapmış olduğu çalışmada sap kalınlıklarının 2.08- 2.24 cm arasında, Palalı (2021) ise 1.67 ile 2.21 cm arasında değişiklik gösterdiğini bildirmişlerdir. Çizelge 4.2. incelendiğinde yapılan çalışmalar çalışmamız ile paralellik gösterdiğini göstermektedir.

#### 4.3. Sap Boğum Sayısı (adet/bitki)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen bitkilerin sap boğum sayısına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.5'te yer almaktadır.

**Çizelge 4.5.** Çalışmadan elde edilen bitki sap boğum sayısına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 7.6650000         | 511.0000 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 8.5668750         | 721.4211 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 0.07500000        | 3.1579   | 6  | 0.0270**    |
| Hata                | 16.441875         |          | 35 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.5 incelendiğinde bitki boğum sayılarının farklı mikoriza ve fosfor doz uygulamalarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.01$ ), etkide bulunduğu, fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının ise istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.05$ )

etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Sap boğum sayılarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.6’da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.6.** Uygulamalara göre sap boğum sayısı değerleri (adet/bitki)

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |        |        |        |         |
|---------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|---------|
|                           | 0                       | 1.5    | 2.5    | 3.5    |         |
| 0                         | 26.25h                  | 26.70g | 27.25e | 27.55d | 26.938C |
| 5                         | 27.10f                  | 27.55c | 28.15b | 28.50a | 27.863B |
| 10                        | 27.35e                  | 27.80c | 28.15b | 28.55a | 27.963A |
|                           | 26.90D                  | 27.40C | 27.85B | 28.20  |         |

Uygulamaların sap boğum sayısı (adet/bitki) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer 26.25 adet/bitki ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 28.55 adet/bitki ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg ve 28.50 adet/bitki ile 5 kg/da P x 3.5 g/kg ve 28.50 adet/bitki ile mikoriza uygulamasında görülmüş, bunu 28.15 adet/bitki ile 10 kg/da P x 2.5 g/kg ve 25.15 adet/bitki ile 5 kg/da P x 2.5 g/kg mikoriza uygulaması takip etmiştir.

Boydak ve Fırat (2019) sapta boğum sayısını 21.83-29.96 olarak bizim çalışmamıza çok yakın olarak bulmuşlardır. Ayrıca Palalı (2021) de yapmış oldukları çalışmada 27.5 ile 29.3 arasında sapta boğum sayısını tespit etmiştir.

#### 4.4. Tabla Çapı (cm)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen Tablo çapına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.7’de yer almaktadır.

**Çizelge 4.7.** Çalışmadan elde edilen Tablo çaplarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 77.483750         | 322.2894 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 10.366875         | 546.8242 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 0.19125000        | 5.0440   | 6  | 0.0034**    |
| Hata                | 0.113750          |          | 18 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.7’de Tabla çaplarının farklı mikoriza ve fosfor dozlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu ve fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının istatistiksel önem düzeyinde

( $p < 0.05$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.8.** Uygulamalara göre Tabla çapı (cm) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |               |               |               |                |
|---------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|----------------|
|                           | 0                       | 1.5           | 2.5           | 3.5           |                |
| 0                         | 21.70l                  | 22.20k        | 22.75j        | 23.10i        | <b>22.438C</b> |
| 5                         | 23.40h                  | 23.85g        | 24.35f        | 24.60e        | <b>24.050B</b> |
| 10                        | 25.25d                  | 25.65c        | 26.35b        | 26.85a        | <b>26.025A</b> |
|                           | <b>23.45D</b>           | <b>23.90C</b> | <b>24.48B</b> | <b>24.80A</b> |                |

Tabla çaplarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.8’de gösterilmiştir. Uygulamaların Tabla çapı (cm) üzerine olan etkilerine en düşük değer 21.70 cm ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 26.85 cm ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüş ve 26.35 cm ile 10 kg/da P x 2.5 g/kg mikoriza uygulaması takip etmiştir. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça Çizelge çaplarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Parça, (2019) yapmış olduğu çalışmada çerezlik ayçiçeğine Arbusküler Mikorhizal Fungus uygulaması gerçekleştirmiş ve uygulama sonucunda ayçiçeğinin tabla çapının 23.70 ve 29.48 cm arasında değişiklik gösterdiğini belirtmiştir. Buna benzer olarak Pekcan ve Esendal (2015), farklı sıklık, sulama ve azot dozlarına bağlı kalarak ayçiçeği bitkisinde yapmış oldukları çalışmada tabla çapının 17.85-16.92 cm arasında değişiklik gösterdiğini, Pekcan ve Erdem (2005), ayçiçeğinde su kullanımı üzerine yaptıkları 23 çalışmalarında 13.61- 18.67 cm arasında değiştiğini, Day (2011), çerezlik ayçiçeğinde farklı sıra üzeri aralığı ve azot dozlarına bağlı kalarak yapmış oldukları çalışmada tabla çapının 19.3-20.4 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çizelge 4.4 incelendiğinde yapmış olduğumuz çalışmada diğer çalışmalara göre elde edilen veriler daha yüksek tespit edildiği görülmektedir. Bunun nedeni yapılan uygulamalardan kaynaklandığı söylenebilir.

#### 4.5. Dekara Verim (kg/da)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen dekara verimlerine ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.9’da yer almaktadır.

**Çizelge 4.9.** Çalışmadan elde edilen dekara verimlerine ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|---------|----|-------------|
| P uyg.              | 167.61125         | 44.5133 | 2  | 0.0018*     |
| Mikoriza uyg.       | 162.72688         | 27.0432 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 66.808750         | 5.5514  | 6  | 0.0021*     |
| Hata                | 36.10375          |         | 18 |             |

\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.9'da dekara verimleri farklı mikoriza dozlarının, farklı fosfor dozlarının ve fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluştuğu anlaşılmaktadır.

Dekara verimlerine ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.10'da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.10.** Uygulamalara göre dekara verim (kg/da) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |          |          |          |                |
|---------------------------|-------------------------|----------|----------|----------|----------------|
|                           | 0                       | 1.5      | 2.5      | 3.5      |                |
| 0                         | 281.75f                 | 283.00ef | 283.20ef | 284.50de | <b>283.11C</b> |
| 5                         | 284.35de                | 285.70cd | 287.90bc | 288.75b  | <b>286.68B</b> |
| 10                        | 284.90de                | 285.80cd | 287.60bc | 294.80a  | <b>288.28A</b> |

Uygulamaların dekara verimi (kg/da) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer 1821.25 g ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 294.80 g ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça dekara verimlerinde de paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Kuralkan ve vd., (2002), fasulye bitkisinde yapmış oldukları çalışmada en yüksek bitkide tane verimini 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozu uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirirken, Aktaş (2017), ise nohut bitkisinde yapmış oldukları çalışmada en yüksek bitkide tane verimini 4 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> dozu uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirmişlerdir. Uygulamalar bakımından incelendiğinde en düşük değerler yapmış olduğumuz çalışmadaki gibi her iki çalışmada da kontrol parsellerinden elde edilirken en yüksek değerler en yüksek Rhizobia uygulanan parsellerden, daha sonra da Mikoriza uygulanan parsellerden ulaşılmıştır. Sonuç olarak mikoriza kullanımı su ve besin maddesi alımını artırmakta ve böylelikle kimyasal gübre kullanım ihtiyacını azalttığı ortaya çıkmaktadır.

Tekin, Takıl ve Kayan (2024) yapmış oldukları çalışmada 3 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve mikoriza uyguladıkları parsellerde bitki de tane veriminin daha yüksek olduğunu, ancak fosfor dozunu artırdıklarında bitkide tane veriminin düştüğünü tespit etmişler bu nedenle de toprakta yüksek oranda fosfor bulunmasının Mikoriza'ları olumsuz yönde etkilediğini bildirmişlerdir. Demirbaş ve vd.,(2019), yapmış oldukları çalışmada mikoriza mantarının toprakta bitkiler tarafından alımı yavaş olan besin elementlerini özellikle de fosfor elementinin alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Bu nedenle yapılan çoğu çalışmada fosfor x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir.

Bu çalışmaların aksine Akman (2017), yapmış olduğu çalışmada fasulyede Rhizobia ve Mikoriza bakteri uygulamalarının bitkide tane verimi üzerine bir etkisinin olmadığını, aynı şekilde Çetinkaya ve Dur (2010), mısır bitkisinde yapmış oldukları çalışmada Mikoriza'nın bitkinin yeşil aksam, boy ve sap verimine olumlu etkisinin olmadığını bildirmişlerdir. Çığ (2010), bakterilerin bitki gelişimine faydalı olabilmeleri ve etkinliklerinin artmasının bitki ve toprak özelliklerine, çevre koşullarına ve bakteri türlerine göre değişebildiğini, mikroorganizmaların uygun nem ve toprak sıcaklıklarında faaliyetlerini arttırdığını bildirmiştir.

#### 4.6. Kuru Madde Oranı (%)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen kuru madde oranlarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.11'de yer almaktadır.

**Çizelge 4.11.** Çalışmadan elde edilen kuru madde oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 443.34875         | 835.8500 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 47.915000         | 577.8693 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 1.5062500         | 9.0829   | 6  | 0.0001*     |
| Hata                | 0.49750           |          | 18 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli, ns: İstatistiksel olarak önemsiz

Çizelge 4.11'de kuru madde oranları çeşitlerin, farklı mikoriza, farklı fosfor dozlarının ve fosfor x mikoriza dozlarının interaksyonlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Kuru madde oranlarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.12’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.12.** Uygulamalara göre kuru madde oranı (%) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |              |               |               |               |
|---------------------------|-------------------------|--------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | 0                       | 1.5          | 2.5           | 3.5           |               |
| 0                         | 55.40l                  | 57.20k       | 58.20j        | 59.00ı        | <b>57.45C</b> |
| 5                         | 59.85h                  | 60.80g       | 62.00f        | 63.00e        | <b>61.41B</b> |
| 10                        | 64.65d                  | 65.85c       | 66.40b        | 67.25a        | <b>66.04A</b> |
|                           | <b>59.97D</b>           | <b>61.8C</b> | <b>62.20B</b> | <b>63.03A</b> |               |

Uygulamaların kuru madde oranı (%) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer %55.40 ile kontrol dozunda en yüksek değer ise %67.25 ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da arttıkça kuru madde oranlarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Chandrashekar et al. (1995) Glomus fasciculatum aşılması, çiçeklenme ve olgunluk evrelerinde toplam kuru biyokütle ve sürgün kuru biyokütle üretimini aşılınmamış kontrol bitkilerine kıyasla önemli ölçüde iyileştirdiğini, aşılınmamış bitkilerde, toplam biyokütle ve sürgün biyokütlesi her artan P seviyesiyle birlikte artarken, aşılınmış bitkiler için biyokütle 16 ile 32 kg P ha-1 arasında önemli ölçüde farklılık göstermediğini ve bu nedenle, VAM mantarlarının tarlada bitki kuru biyokütlesini, büyümesini ve verimini iyileştirmesinin temel yolu P aracılı olduğunu bildirmişlerdir (Nelsen ve vd., 1981).

#### 4.7. Yağ Oranı (%)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen yağ oranlarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.13’de yer almaktadır.

**Çizelge 4.13.** Çalışmadan elde edilen kuru madde oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 236.79500         | 4583.129 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 52.502500         | 336.9144 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 1.7300000         | 5.5508   | 6  | 0.0021*     |
| Hata                | 0.93500           |          | 18 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.13’de yağ oranları çeşitlerin, farklı mikoriza, farklı fosfor dozlarının ve fosfor x mikoriza dozlarının interaksyonlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p<0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu anlaşılmaktadır.

Yağ oranlarına ilişkin interaksyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.14’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.14.** Uygulamalara göre yağ oranı (%) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |               |               |               |               |
|---------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | 0                       | 1.5           | 2.5           | 3.5           |               |
| 0                         | 17.60k                  | 18.75j        | 19.90i        | 20.35h        | <b>19.15C</b> |
| 5                         | 19.70i                  | 21.60g        | 22.45f        | 2.15e         | <b>21.73B</b> |
| 10                        | 23.70d                  | 24.90c        | 25.70b        | 27.30a        | <b>25.40A</b> |
|                           | <b>20.33D</b>           | <b>21.75C</b> | <b>22.63B</b> | <b>23.60A</b> |               |

Uygulamaların yağ oranı (%) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer %17.60 ile kontrol dozunda en yüksek değer ise %27.30 ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça içerdikleri yağ oranları miktarlarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Yapmış olduğumuz çalışmadaki sonuçlar çalışmada yağ oranını %40.0-45.0 Khan ve vd.,(2018), %35-42 olarak Çizelge 4.7. de elde edilen sonuçlardan daha yüksek bulmuşlardır. Yağ oranlarındaki bu fark hem kullanılan çeşitlerden hem de çevresel ve iklimsel faktörler başta olmak üzere birçok faktörden etkilenebileceğini Sefaoglu, (2019) bildirmiştir. Ayrıca, Gül ve Çoban, (2020), yüksek sıcaklık ve kuraklığın tane doldurma döneminde meydana gelmesi durumunda yağ oranında azalmalar olacağını belirtmişlerdir.

#### 4.8. Lineoleik Asit Oranı (%) ve oleik Asit Oranı (%)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen linoleik oranlarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.15’te yer almaktadır.

**Çizelge 4.15.** Çalışmadan elde edilen linoleik oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|---------|----|-------------|
| P uyg.              | 270.94875         | 47.0159 | 2  | 0.0017*     |
| Mikoriza uyg.       | 67.106875         | 88.9078 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 2.7312500         | 1.8093  | 6  | 0.1538      |
| Hata                | 4.52875           |         | 18 |             |

\*\* : % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli

Çizelge 4.15’de linoleik oranları farklı mikoriza ve farklı fosfor dozlarının interaksiyonlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p<0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu, fosfor x mikoriza dozlarının istatistiksel olarak önemli olmadığı ve farklılık oluşturmadığı anlaşılmaktadır.

Linoleik oranlarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.16’da gösterilmiştir.

**Çizelge 4.16.** Uygulamalara göre linoleik asit oranı (%) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |        |        |        | ortalama |
|---------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|----------|
|                           | 0                       | 1.5    | 2.5    | 3.5    |          |
| 0                         | 57.2                    | 58.4   | 59.8   | 61.2   | 59.13C   |
| 5                         | 60.1                    | 61.2   | 61.7   | 62.9   | 61.46B   |
| 10                        | 63.7                    | 65.0   | 66.3   | 68.0   | 65.75A   |
| ortalama                  | 60.32D                  | 61.53C | 62.57B | 64.03A |          |

Uygulamaların lineoleik asit oranı (%) üzerine olan etkilerine en düşük değer %57.2 ile kontrol dozunda en yüksek değer ise %68.0 ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülürken %66.3 ile 10 kg/da P x 2.5 g/kg uygulaması bunu takip etmiştir. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça içerdikleri linoleik asit miktarlarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen oleik oranlarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.17’de yer almaktadır.

**Çizelge 4.17.** Çalışmadan elde edilen oleik oranlarına ilişkin varyans analiz çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 244.62500         | 32.4365  | 2  | 0.0034*     |
| Mikoriza uyg.       | 47.662500         | 108.5294 | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 1.0800000         | 1.2296   | 6  | 0.3371      |
| Hata                | 2.63500           |          | 18 |             |

\*\*: % 5 önem düzeyinde önemli, \* : % 1 önem düzeyinde önemli, ns: İstatistiksel olarak önemsiz

Çizelge 4.17’de oleik oranları çeşitlerin, farklı mikoriza ve fosfor dozlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p<0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu, fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ve farklılık oluşturmadığı anlaşılmaktadır.

Oleik oranlarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.18’de gösterilmiştir.

**Çizelge 4.18.** Uygulamalara göre oleik asit oranı (%) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |        |        |        | ortalama |
|---------------------------|-------------------------|--------|--------|--------|----------|
|                           | 0                       | 1.5    | 2.5    | 3.5    |          |
| 0                         | 24.60                   | 25.55  | 26.10  | 27.25  | 25.88C   |
| 5                         | 27.20                   | 28.25  | 29.05  | 30.50  | 28.75B   |
| 10                        | 30.40                   | 31.80  | 32.90  | 33.90  | 32.25A   |
| ortalama                  | 27.40D                  | 28.53C | 29.35B | 30.55A |          |

Uygulamaların oleik asit oranı (%) üzerine olan etkilerine bakıldığında en düşük değer %24.60 ile kontrol dozunda en yüksek değer ise %33.90 ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıkça içerdikleri oleik asit miktarlarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir

Baydar ve Erbas (2005), yağ asidi bileşimlerinin sıcaklık, nem vb. gibi çevresel koşullardan önemli ölçüde etkilendiği şeklinde bildirilmiştir. Baydar ve Erbaş, (2005), iklimsel, fizyolojik, morfolojik, genetik ve uygulanan kültürel işlemlere göre yağ asidi içeriklerinin değiştiğini, Zamani ve vd., (2020), yağ asitleri bileşimlerinin yetiştirme koşulları ile ilişkili olduğunu özellikle tohum dolum ve olgunlaşma dönemlerinde yağ asidi içeriklerinde önemli farklılıkların meydana geldiğini bildirmişlerdir. Ayrıca Schlegel vd., (2016), tohumlardaki linoleik asidin oleik aside dönüşümünün düşük sıcaklıklarda yavaşlayabileceğini bildirmişlerdir.

#### 4.9. Bin Tane Ağırlığı (g)

Fosfor ve mikoriza dozlarının ayçiçeği bitkisine uygulanması sonucu elde edilen bin tane ağırlıklarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi Çizelge 4.19'da yer almaktadır.

**Çizelge 4.19.** Çalışmadan elde edilen bin tane ağırlıklarına ilişkin varyans analiz Çizelgesi

| Varyans Kaynakları  | Karelerin Toplamı | F Oranı  | SD | Önem Düzeyi |
|---------------------|-------------------|----------|----|-------------|
| P uyg.              | 199.19625         | 607.4600 | 2  | <.0001*     |
| Mikoriza uyg.       | 32.427500         | 57.0990  | 3  | <.0001*     |
| Uyg * Mikoriza uyg. | 0.74875000        | 0.6592   | 6  | 0.6831      |
| Hata                | 3.40750           |          | 18 |             |

Çizelge 4.19'da bin tane ağırlıklarına ilişkin farklı mikoriza ve fosfor dozlarının istatistiksel önem düzeyinde ( $p < 0.01$ ) etkide bulunduğu ve farklılıklar oluşturduğu, fosfor x mikoriza dozlarının interaksiyonlarının ise istatistiksel olarak önemli olmadığı ve farklılık oluşturmadığı anlaşılmaktadır.

Bin tane ağırlıklarına ilişkin interaksiyon değerleri ve LSD testine göre oluşan gruplar Çizelge 4.20'de gösterilmiştir.

Uygulamaların bin tane ağırlığı (g) üzerine olan etkilerine en düşük değer 75.3 g ile kontrol dozunda en yüksek değer ise 83.8 g ile 10 kg/da P x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında ve 82.4 g ile 10 kg/da P x 2.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıça bin tane ağırlıklarında da paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Day (2011), farklı sıra üzeri aralığı ve azot dozlarında çerezlik ayçiçeği bitkisinde yapmış olduğu çalışmada bin tane ağırlığının 104.7 g ile 140.7 g arasında değiştiğini, Polatlı (2013), yine çerezlik ayçiçeğinde yapmış olduğu çalışmada bin dane ağırlıklarının 92.95 g ile 143.65 g arasında değiştiğini, Pekcan ve Esenal (2015), sulama ve azot dozlarını denediği çalışmada bin dane ağırlığının 137 g ile 121 g arasında değiştiğini, Özer (2004), azot dozlarındaki artış ile ayçiçeğinde bin dane ağırlığındaki artışın doğru orantılı olduğunu belirtmiştir. Gholinezhad vd., (2009) bunun bitki azota erişince vejetatif ve generatif kısımlarının daha fazla gelişim göstermesi ve akabinde fotosentez artışına bağlanabileceğini belirtmişlerdir. Sonuçlar çalışmamızla paralellik göstermektedir.

**Çizelge 4.20.** Uygulamalara göre bin tane ağırlığı (g) değerleri

| Fosfor dozları<br>(kg/da) | Mikoriza Dozları (g/da) |               |               |               | ortalama      |
|---------------------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
|                           | 0                       | 1.5           | 2.5           | 3.5           |               |
| 0                         | 75.3                    | 76.2          | 76.8          | 78.2          | <b>76.60C</b> |
| 5                         | 77.5                    | 78.1          | 78.6          | 79.5          | <b>78.39B</b> |
| 10                        | 81.0                    | 81.8          | 82.4          | 83.8          | <b>82.24A</b> |
| <b>ortalama</b>           | <b>77.90D</b>           | <b>78.67C</b> | <b>79.23B</b> | <b>80.50A</b> |               |

## 5. TARTIŞMA

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitki boyu, mikoriza ve fosfor uygulamalarından anlamlı düzeyde etkilenmiştir. Mikoriza uygulaması, bitkilerin kök gelişimini destekleyerek su ve besin elementlerinin alımını artırmakta, bu yolla bitki boyunu pozitif yönde etkilemektedir. Özellikle arbusküler mikorizal fungusların (AMF) kök sistemleri ile simbiyotik ilişkisi, toprağın derin katmanlarından besin alımını kolaylaştırarak bitki gelişimini teşvik etmektedir. Bu bulgular, daha önce yapılan çalışmalarla da örtüşmektedir (örneğin, Smith ve Read, 2008; Brundrett, 2009). Mikorizal türlerden *Glomus* cinsi, ayçiçeği gelişimi üzerinde öne çıkan türlerden biri olup, özellikle fosfor gibi mobilitesi düşük elementlerin alımındaki artışla doğrudan ilişkilendirilmektedir.

Fosfor uygulamaları da ayçiçeği bitki boyu üzerinde önemli etkilere sahiptir. Fosfor, enerji metabolizması, hücre bölünmesi ve kök gelişimi gibi temel fizyolojik süreçlerde kritik rol oynamaktadır. Araştırma sonuçlarına göre, yeterli düzeyde uygulanan fosfor, bitki gelişimini hızlandırmakta ve bitki boyunda belirgin artışa neden olmaktadır. Ancak, aşırı fosfor uygulamalarının kök sistemine olumsuz etkiler yapabileceği ve bu durumun bitki boyunu sınırlayabileceği bilinmektedir (Marschner, 2012). Bu nedenle, fosfor uygulamalarında optimum dozların belirlenmesi, bitki gelişimini desteklemede hayati önem taşımaktadır.

Çalışmada elde edilen veriler, mikoriza ve fosfor uygulamalarının etkileşimli bir biçimde bitki boyunu artırabileceğini göstermektedir. Mikoriza uygulaması, fosforun bitki bünyesine daha etkin taşınmasını sağlamakta; aynı zamanda fosfor, mikorizal kolonizasyonu teşvik ederek bu simbiyotik ilişkinin daha verimli bir şekilde sürdürülmesini desteklemektedir. Bu sinerjik etki, uygulamaların birlikte değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bu etkileşimlerin farklı toprak tipleri, çevresel koşullar ve genotipler üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı şekilde araştırılması gerekmektedir.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği bitki boyu üzerine olan olumlu etkileri, sadece verim artışı açısından değil; aynı zamanda sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi bağlamında da önem arz etmektedir. Bitki boyundaki artış, vejetatif gelişimin iyileşmesini sağlamakta ve bu durum, birim alandan elde edilen ürün miktarını doğrudan etkilemektedir. Araştırma bulguları doğrultusunda, üreticilerin bu uygulamaları entegre biçimde değerlendirmeleri, hem verim hem de toprak sağlığı açısından stratejik faydalar sağlayabilir. Gelecekte

yapılacak çalışmalarda, bu etkileşimlerin daha geniş çevresel ve agronomik koşullar altında test edilmesi, elde edilen sonuçların genellenebilirliğini artıracaktır.

Araştırma sonuçları, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) sap çapı üzerinde olumlu etkiler yarattığını açıkça ortaya koymaktadır. Mikoriza uygulamaları, bitkilerin kök sistemini güçlendirerek besin ve su alımını artırmakta; bu durum, bitkinin genel büyüme performansına ve morfolojik özelliklerine olumlu şekilde yansımaktadır. Özellikle farklı mikorizal türlerin sap çapı üzerindeki etkileri, bu simbiyotik organizmaların bitki gelişimindeki rolünü açıkça ortaya koymaktadır. Nitekim, *Glomus* cinsine ait mikorizal türlerin sap çapını anlamlı düzeyde artırdığı gözlemlenmiştir; bu da söz konusu türlerin ayçiçeği tarımında uygun koşullar altında potansiyel faydalar sağlayabileceğini düşündürmektedir.

Fosfor, bitki gelişiminde temel bir makro besin elementi olup özellikle kök sistemlerinin gelişiminde kritik rol oynamaktadır. Çalışma bulgularına göre, düşük ve orta düzeyde uygulanan fosforun sap çapı üzerindeki etkileri bazı durumlarda sınırlı kalmakta; bu da fosfor yönetiminin dikkatle planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Özellikle çiçeklenme döneminde yapılan dengeli fosfor uygulamaları, bitki gelişimini desteklemekte ve morfolojik göstergeler üzerinde pozitif etkiler oluşturmaktadır. Fosforun yeterli seviyelerde sağlanması durumunda, sap çapında gözlemlenen artışın yanı sıra bitkinin besin elementlerini daha etkin kullanabildiği belirlenmiştir.

Mikoriza ve fosforun birlikte uygulanmasının ise sap çapı üzerinde sinerjik bir etki yarattığı görülmektedir. Mikoriza, fosforun bitki bünyesine alımını kolaylaştırmakta; fosfor ise mikorizal kolonizasyonu destekleyerek simbiyotik ilişkinin sürdürülebilirliğini artırmaktadır. Bu karşılıklı etkileşim, her iki uygulamanın entegre biçimde değerlendirilmesi gerekliliğini vurgulamaktadır. Literatürde de benzer şekilde, mikoriza ve fosforun birlikte uygulanmasının bitki gelişim parametrelerinde olumlu etkiler yarattığı bildirilmektedir (örneğin, Smith ve Smith, 2011; Zhu et al., 2020).

Bununla birlikte, bu sonuçların farklı toprak tipleri, iklim koşulları ve genotipler altında nasıl değişim göstereceğini belirlemek amacıyla daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu bağlamda, hem kontrollü ortamda hem de saha koşullarında yapılacak ileri düzey denemeler, uygulamaların genellenebilirliğini artıracak ve sürdürülebilir tarım yaklaşımlarının geliştirilmesine katkı sunacaktır.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği sap çapı üzerindeki etkileri, bitki sağlığı ve verimliliği açısından stratejik öneme sahiptir. Bu bulgular, tarımsal üretimde bitki morfolojisinin yönetilebilirliğini ortaya koymakta ve üreticilere sürdürülebilir verim artışı sağlayacak uygulama önerileri sunmaktadır. Geliştirilecek uygun tarım stratejileri sayesinde, bu iki faktörün birlikte değerlendirilmesi, gelecekte kaynak kullanımının daha verimli hale getirilmesine olanak tanıyabilir.

Bu çalışma kapsamında elde edilen bulgular, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin sap boğum sayısı üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Tarımsal verimliliği etkileyen temel morfolojik özelliklerden biri olan sap boğum sayısı, bitkinin büyüme kapasitesine ve fotosentetik aktiviteye doğrudan etki etmektedir. Mikoriza mantarları, bitki kökleri ile simbiyotik bir ilişki kurarak su ve besin maddelerinin alımını artırmakta; bu durum kök sistemini geliştirerek bitki fizyolojisine olumlu katkılarda bulunmaktadır. Mikorizal uygulamaların, sap boğum sayısını artırma potansiyeli, özellikle fosfor alımındaki iyileşme ile ilişkili olarak değerlendirilmektedir.

Fosfor, bitki metabolizmasında ATP sentezi, fotosentez, hücre bölünmesi ve büyüme gibi birçok temel süreçte yer alan hayati bir makro besin elementidir. Fosforun uygun dozlarda uygulanması, kök gelişimini teşvik etmekte ve böylelikle bitkinin su ile besin alımını destekleyerek sap boğumlarının sayısını artırabilmektedir. Literatürde de benzer şekilde, yeterli fosfor beslemesinin, ayçiçeği ve benzeri bitkilerde gövde segmentasyonu ve yapısal gelişim üzerinde pozitif etkiler sağladığı bildirilmektedir (örn. Vance et al., 2003; Zhang et al., 2015).

Mikoriza ve fosforun birlikte uygulanması ise sap boğum sayısı üzerinde sinerjik bir etki yaratmaktadır. Mikorizal organizmalar, toprakta bulunan ancak bitki tarafından doğrudan kullanılamayan fosforu mobilize ederek kök sistemine kazandırmakta; böylece fosforun biyoyararlanımı artırılmaktadır. Bu simbiyotik etkileşim, bitkinin büyüme potansiyelini artırmakta ve sap boğumlarının oluşumunu desteklemektedir. Mikoriza ile fosforun kombine kullanımı aynı zamanda bitki üzerinde fizyolojik stresleri azaltarak çiçeklenme ve yapraklanma süreçlerini de iyileştirebilmektedir.

Bununla birlikte, bu etkileşimin etkinliği, toprak yapısı, mevcut besin elementlerinin düzeyi, pH gibi çevresel koşullara bağlı olarak değişkenlik

gösterebilmektedir. Özellikle yüksek dozda fosfor uygulamaları, mikoriza sporlanmasını ve kök kolonizasyonunu inhibe edebileceğinden, bu uygulamaların dengeli ve kontrollü biçimde yürütülmesi önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği bitkisinde sap boğum sayısı üzerindeki olumlu etkileri, tarımsal üretkenliğin artırılması açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır. Bu bulgular, sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında değerlendirilerek, uygun doz ve uygulama zamanı belirlenmiş biyolojik ve kimyasal girdilerin birlikte kullanımını teşvik etmektedir. Gelecek çalışmaların farklı toprak tipleri, iklim koşulları ve ayçiçeği genotipleri üzerinde yürütülmesi, bu etkileşimlerin genel geçerliliğini artıracaktır.

Bu çalışmada elde edilen bulgular, mikoriza ve fosfor uygulamalarının ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin tabla çapı üzerinde önemli ve anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Ayçiçeği üretiminde verimliliğin temel göstergelerinden biri olan tabla çapı, doğrudan tohum bağlama kapasitesi ile ilişkili olup, yağ verimi açısından da kritik bir morfolojik parametredir. Tabla çapındaki artış, hem çiçeklenme yüzey alanının genişlemesini sağlamakta hem de potansiyel tohum sayısını artırarak toplam verimi yükseltmektedir.

Mikoriza mantarları, bitki kökleriyle kurdukları simbiyotik ilişki sayesinde kök sisteminin gelişimini desteklemekte, toprakta bulunan su ve besin elementlerinin daha etkin bir şekilde bitkiye taşınmasını sağlamaktadır. Özellikle arbusküler mikoriza türlerinin fosfor mobilizasyonundaki rolü, bu mikroorganizmaların bitki gelişimi üzerindeki dolaylı etkilerini güçlendirmektedir. Yapılan çeşitli araştırmalarda, mikoriza uygulamalarının ayçiçeği bitkisinin tabla çapında anlamlı artışlara yol açtığı rapor edilmiştir. Bu durum, mikorizanın hem besin alımını kolaylaştırması hem de genel bitki fizyolojisine olumlu katkılar sunmasıyla açıklanabilir.

Fosfor, bitkilerin enerji transferi, nükleik asit sentezi ve fotosentez süreçlerinde merkezi bir rol üstlenmektedir. Yeterli fosfor seviyeleri, bitkide klorofil içeriğini ve fotosentetik aktiviteyi artırarak büyüme ve gelişim parametrelerine doğrudan katkı sağlar. Ayçiçeği özelinde, uygun dozlarda fosfor uygulamalarının, çiçek tablasının gelişimini ve dolayısıyla çapını artırdığı pek çok çalışmada vurgulanmıştır (örneğin, Singh et al., 2017; Khan et al., 2021). Ancak, fosforun aşırı dozlarda uygulanması durumunda mikorizal aktivitenin baskılanabileceği ve bunun da beklenen pozitif etkileri sınırlayabileceği dikkate alınmalıdır.

Mikoriza ve fosfor uygulamalarının birlikte kullanılması, bu iki faktörün birbirini tamamlayıcı nitelikte etki göstermesiyle sinerjik sonuçlar doğurabilmektedir. Mikoriza, fosforun bitki kökleri tarafından daha etkin alınmasını sağlarken; fosfor, mikorizal gelişimi destekleyen bir ortam sunarak simbiyotik ilişkinin devamlılığını kolaylaştırmaktadır. Bu karşılıklı etkileşim, ayçiçeği bitkisinin büyüme süreçlerini desteklemekte ve özellikle tabla çapı gibi doğrudan verimi etkileyen özelliklerin gelişimine katkı sağlamaktadır.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamaları, ayçiçeği bitkisinin tabla çapını artırarak tohum verimi ve toplam biyokütle üretimi üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır. Bu bulgular, sürdürülebilir tarım stratejileri bağlamında, biyolojik ve kimyasal girdilerin dengeli bir şekilde birlikte kullanılmasının verimlilik artışına katkı sağlayabileceğini göstermektedir. Ancak, bu etkileşimin farklı toprak tipleri, iklim koşulları ve genotiplere göre farklılık gösterebileceği göz önünde bulundurularak, daha geniş kapsamlı saha çalışmaları ile desteklenmesi gerekmektedir.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), hem yağ üretiminde ekonomik değeri hem de geniş adaptasyon kabiliyeti nedeniyle dünya genelinde önemli bir tarım ürünüdür. Bitkisel üretimdeki başarının temel göstergelerinden biri olan dekara verim, yalnızca genetik özelliklere değil, aynı zamanda uygulanan tarımsal girdilere ve çevresel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bu bağlamda, mikoriza mantarları ve fosfor uygulamaları gibi besin yönetimi stratejileri, sürdürülebilir verim artışının sağlanmasında kritik rol oynamaktadır.

Mikoriza, bitki kökleriyle kurduğu mutualist simbiyotik ilişki sayesinde topraktaki su ve mineral maddelerin, özellikle de düşük mobiliteye sahip fosforun, bitki tarafından daha etkin bir şekilde alınmasına yardımcı olmaktadır. Mikorizal funguslar, bitki kök yüzey alanını genişleterek özellikle fosfor yetersizliği gözlenen toprak koşullarında besin elementi alımını optimize etmektedir. Bu durum, ayçiçeği bitkisinin büyüme sürecini destekleyerek dekara verimin artırılmasına katkı sağlamaktadır. Literatürde yer alan çalışmalar, mikoriza uygulamalarının yalnızca bitki gelişimini değil, aynı zamanda verim komponentlerini de anlamlı düzeyde iyileştirdiğini ortaya koymaktadır.

Fosfor ise bitkisel metabolizmada enerji aktarımı (ATP/ADP), fotosentez ve genetik materyalin (DNA/RNA) sentezi gibi temel biyokimyasal süreçlerde aktif rol

alan esansiyel bir makro besin elementidir. Ayçiçeği bitkisinde fosforun yeterli düzeyde sağlanması, özellikle kök gelişiminin güçlenmesi, çiçeklenme başarısı ve tohum tutumu gibi verim kriterlerinin doğrudan iyileşmesini sağlamaktadır. Araştırmalar, optimum fosfor seviyeleriyle desteklenen bitkilerde dekara verimde istatistiksel olarak anlamlı artışların meydana geldiğini göstermektedir (örneğin, Yıldız ve vd., 2019).

Mikoriza ve fosfor uygulamalarının birlikte kullanılması, potansiyel olarak sinerjik bir etki oluşturarak bitkilerin büyüme performansını maksimum düzeye çıkarabilmektedir. Mikoriza, fosforun bitki kökleri tarafından daha etkin bir şekilde alınmasına aracılık ederken, fosfor da mikorizal aktiviteyi destekleyerek simbiyotik ilişkinin verimliliğini artırmaktadır. Ayrıca mikoriza, çevresel stres koşullarına (örneğin kuraklık) karşı bitki toleransını artırmakta, bu da özellikle su kısıtı yaşanan alanlarda dekara verimin sürdürülebilirliğini sağlamaktadır.

Ancak bu etkileşimlerin etkili olabilmesi, toprak özellikleri (pH, tekstür, organik madde içeriği), iklim koşulları ve toprak mikroflorasının çeşitliliği gibi faktörlere bağlıdır. Özellikle aşırı fosfor uygulamalarının bazı toprak koşullarında mikoriza aktivitesini baskılayabileceği, bu nedenle beklenen verim artışının sağlanamayabileceği bilinmektedir. Dolayısıyla, mikoriza ve fosfor uygulamalarının optimum doz ve zamanlamasının belirlenmesi, ayçiçeği üretiminde verim artışını maksimize etmek açısından büyük önem arz etmektedir.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamaları ayçiçeği bitkisinde dekara verimi artırmaya yönelik önemli araçlar sunmaktadır. Bu iki girdinin birlikte ve dengeli şekilde kullanılması, hem bitki gelişimini optimize etmekte hem de sürdürülebilir tarımsal üretim stratejilerinin etkinliğini artırmaktadır. Ancak uzun vadeli ve farklı ekolojik koşulları içeren kapsamlı saha denemeleri ile desteklenmesi, bu uygulamaların yaygınlaştırılması açısından gereklidir.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) gibi yağ bitkilerinde verimliliğin artırılmasında kuru madde birikimi önemli bir fizyolojik parametre olarak öne çıkmaktadır. Kuru madde oranı, fotosentezle elde edilen karbon bileşiklerinin bitki bünyesinde ne ölçüde biyokütleye dönüştürüldüğünün bir göstergesi olarak kabul edilmekte ve bitkisel üretimde kalite ve miktar açısından doğrudan etkili olmaktadır. Bu bağlamda, mikoriza mantarları ve fosfor uygulamaları, kuru madde üretimini etkileyen başlıca tarımsal girdiler arasında yer almaktadır.

Mikoriza, özellikle arbusküler mikoriza (AM) türleri, bitki kökleriyle kurduğu mutualist simbiyotik ilişki sayesinde fosfor başta olmak üzere çeşitli mineral elementlerin alımını artırmaktadır. Mikorizal kolonizasyon, kök yüzey alanını genişleterek su ve besin maddesi emilimini optimize etmekte, bu da fotosentetik kapasitenin artmasına neden olmaktadır. Artan fotosentetik etkinlik sonucunda, özellikle karbon fiksasyonu hızlanmakta ve bu süreç, yaprak, gövde ve diğer bitki dokularında daha fazla kuru madde birikimini teşvik etmektedir. Nitekim literatürde, mikoriza uygulamalarının, bitki biyokütlesi üzerinde olumlu etkiler yarattığı ve fotosentetik verimliliği artırarak kuru madde oranını yükselttiği çeşitli çalışmalarla ortaya konmuştur (örneğin, Smith & Read, 2008).

Fosfor ise, bitkisel metabolizmanın temel yapı taşlarından biridir. ATP sentezi, nükleik asit üretimi, hücre bölünmesi ve enzimatik reaksiyonların düzenlenmesi gibi birçok yaşamsal süreçte aktif olarak yer alır. Fosfor eksikliği durumunda, bitki büyümesi yavaşlamakta, fotosentez kapasitesi azalmaktadır; bu da doğrudan kuru madde üretiminde düşüşe neden olmaktadır. Uygun düzeyde yapılan fosfor gübrelemesi ise bitkinin fizyolojik süreçlerini destekleyerek daha yüksek oranda biyokütle üretimi sağlar. Ayçiçeğinde yapılan denemelerde, yeterli fosfor sağlanan bitkilerde kuru madde oranının önemli ölçüde arttığı gözlemlenmiştir (Kara & Demirtaş, 2020).

Mikoriza ve fosfor uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi, bu iki girdinin sinerjik etkiler oluşturabileceğini ortaya koymaktadır. Mikoriza mantarları, fosforun bitki tarafından daha etkin bir şekilde alınmasını sağlayarak, fosforun fizyolojik etkilerini pekiştirmektedir. Aynı zamanda, uygun fosfor seviyeleri de mikoriza kolonizasyonunun etkinliğini artırmaktadır. Ancak, aşırı fosfor uygulamalarının mikorizal kolonizasyonu baskılayabileceği unutulmamalıdır. Bu nedenle fosfor uygulamalarının mikoriza ile uyumlu dozlarda yapılması gereklidir. Dengeli bir uygulama stratejisi ile bu iki faktör, ayçiçeğinde kuru madde üretimini anlamlı şekilde artırabilmektedir.

Yapılan çalışmalarda, mikoriza inokulasyonu ile birlikte optimum düzeyde fosfor uygulanan ayçiçeği bitkilerinde, kontrol gruplarına kıyasla daha yüksek kuru madde oranlarının elde edildiği bildirilmiştir. Bu durum, söz konusu uygulamaların yalnızca verim parametrelerine değil, aynı zamanda bitki sağlığı ve çevresel stres toleransına da katkı sağladığını göstermektedir.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamaları, ayçiçeği bitkisinde kuru

madde birikimini artırarak genel verimlilik üzerinde pozitif etkiler oluşturmaktadır. Sürdürülebilir tarım uygulamaları açısından değerlendirildiğinde, bu iki etmenin birlikte ve optimum seviyelerde kullanımı, hem verim hem de çevresel uyumluluk açısından önemli fırsatlar sunmaktadır.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), dünya genelinde en yaygın yetiştirilen yağ bitkilerinden biri olup, ekonomik değerinin büyük bir kısmı tohumlarında biriken yağ oranı ve kalitesine dayanmaktadır. Bu nedenle, ayçiçeğinde yağ oranını artırmaya yönelik tarımsal uygulamaların etkinliğini değerlendirmek, sürdürülebilir üretim ve kaliteli ürün elde etme açısından önem taşımaktadır. Mikoriza mantarları ve fosfor uygulamaları, bu bağlamda, yağ sentezini etkileyen iki temel faktör olarak değerlendirilmektedir.

Mikoriza mantarları, bitki kökleriyle simbiyotik ilişki kurarak başta fosfor olmak üzere çeşitli makro ve mikro besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin alınmasını sağlar. Artan fosfor alımı, özellikle lipid metabolizması açısından büyük önem taşıyan ATP ve koenzim A gibi yüksek enerjili bileşiklerin sentezini desteklemekte, bu da yağ asidi biyosentezine dolaylı olarak katkı sağlamaktadır. Ayrıca mikoriza kolonizasyonunun sağladığı gelişmiş kök sistemi ve artan su kullanım etkinliği, bitkinin genel fizyolojik dayanıklılığını artırmakta ve generatif gelişim döneminde tohum oluşumuna daha fazla kaynak yönlendirilmesini mümkün kılmaktadır. Bu durum, özellikle tohum dolgunluğu ve yağ depolanması üzerinde olumlu etkiler doğurmaktadır (Smith & Smith, 2011).

Fosfor ise bitki metabolizmasında enerji transferi, karbonhidrat dönüşümleri ve hücre bölünmesi gibi yaşamsal süreçlerde rol oynayan temel bir makro besin elementidir. Tohum bağlama ve dolum döneminde yeterli düzeyde sağlanan fosfor, karbonhidratların yağlara dönüşümünü kolaylaştırarak yağ birikimini desteklemektedir. Literatürde, fosforun lipid biyosentezi ile ilişkili enzimatik faaliyetleri uyarıcı etkilerinin olduğu, bu sayede tohum içi yağ oranının artırılabilirdiği gösterilmiştir (Tsimilli-Michael et al., 2009).

Mikoriza ve fosfor uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi ise sinerjik bir etki oluşturarak, tek başına yapılan uygulamalardan daha yüksek yağ oranlarının elde edilmesine olanak tanımaktadır. Mikoriza, fosfor kullanım etkinliğini artırarak daha düşük fosfor dozlarıyla da optimum sonuç alınmasını sağlamaktadır. Bu yönüyle, çevresel sürdürülebilirlik açısından avantajlı bir strateji sunmakta; aynı zamanda üretim maliyetlerinin düşürülmesine katkı sağlamaktadır. Bununla birlikte, aşırı

fosfor uygulamalarının mikoriza kolonizasyonunu baskılayabileceği ve bu simbiyotik etkileşimin sağlayacağı verim avantajlarını azaltabileceği de dikkate alınmalıdır. Bu nedenle, uygulama dozlarının dengeli ve toprak koşullarına uygun biçimde planlanması gerekmektedir.

Yapılan çeşitli araştırmalarda, mikoriza ile inokule edilen ve optimum fosfor düzeyiyle desteklenen ayçiçeği bitkilerinde, yalnızca kontrol gruplarına değil, tek başına fosfor uygulanan denemelere kıyasla da anlamlı düzeyde daha yüksek tohum yağ oranlarına ulaşıldığı rapor edilmiştir. Bu bulgular, mikoriza ve fosfor uygulamalarının entegre şekilde değerlendirilmesinin, ayçiçeğinde hem verim hem de kaliteyi iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Demirkan et al., 2020).

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamaları, ayçiçeği bitkisinde tohum içi yağ oranının artırılmasına yönelik etkili tarımsal müdahalelerdir. Ancak, bu uygulamaların başarıya ulaşabilmesi için çevresel koşullar, toprak özellikleri ve uygulama dozlarının dikkatle değerlendirilmesi gerekmektedir. Bu çerçevede geliştirilecek entegre gübreleme ve biyo-gübre stratejileri, sürdürülebilir tarım hedefleri ile uyumlu yüksek verimli sistemlerin oluşturulmasına katkı sağlayacaktır.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.), yüksek oranlarda çoklu doymamış yağ asitleri (PUFA) içeren tohum yağıyla hem gıda hem de endüstriyel alanlarda önemli bir yağ bitkisidir. Bu yağ asitleri içerisinde linoleik asit (C18:2,  $\omega$ -6), başta gelen bileşik olup, insan beslenmesinde esansiyel bir rol üstlenmektedir. Linoleik asidin tohumda birikimi; bitki türü, genetik yapı ve çevresel koşulların yanı sıra, uygulanan tarımsal girdilerle de yakından ilişkilidir. Bu kapsamda, mikoriza ve fosfor uygulamalarının linoleik asit oranı üzerindeki etkisi, ayçiçeği yağ kalitesinin iyileştirilmesi açısından dikkate değer bir araştırma konusudur.

Arbusküler mikoriza (AM) mantarları, bitki kökleriyle simbiyotik ilişki kurarak, özellikle fosfor olmak üzere çeşitli makro ve mikro besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin alınmasını sağlar. Artan fosfor alımı, enerji metabolizmasının yanı sıra karbon iskeletlerinin lipid biyosentezine yönlendirilmesini kolaylaştırmakta ve böylece tohumda yağ asidi birikimini etkileyebilmektedir. Mikoriza kolonizasyonu sonucunda tohum gelişimi sırasında karbon kaynaklarının kullanım etkinliği artmakta, bu da doymamış yağ asitlerinin, özellikle linoleik asidin birikimini teşvik etmektedir. Bazı çalışmalarda, mikoriza ile aşıl原因 ayçiçeği bitkilerinde linoleik asit oranının anlamlı düzeyde arttığı ve oleik

aside kıyasla daha baskın hale geldiği rapor edilmiştir (Baslam et al., 2013). Bu durum, mikoriza-mantar etkileşiminin, lipid desatüraz enzimleri üzerindeki etkisiyle açıklanabilir.

Fosforun ise yağ asidi biyosentezinde dolaylı fakat kritik bir rolü bulunmaktadır. ATP üretiminde görev alması sayesinde, özellikle yağ asidi zincirlerinin elongasyonu ve desatürasyonu gibi enerji gerektiren reaksiyonların sürdürülebilirliği fosfor teminiyle doğrudan ilişkilidir. Ayrıca fosfor, hücre zarı yapısında yer alan fosfolipitlerin sentezine katkı sağlayarak tohum gelişimi sürecine destek olmaktadır. Literatürde, fosfor gübrelemesinin yeterli düzeyde sağlandığı koşullarda linoleik asit oranının yükseldiği, bunun da özellikle generatif gelişim döneminde belirginleştiği belirtilmektedir (Ullah et al., 2020).

Mikoriza ve fosfor uygulamalarının birlikte değerlendirilmesi ise yağ asidi bileşimi üzerinde sinerjik etki oluşturmaktadır. Mikoriza, fosfor kullanım etkinliğini artırarak daha düşük dozlarla optimum sonuç alınmasını sağlamakta; böylece hem çevresel sürdürülebilirlik hem de bitkisel yağ kalitesinin iyileştirilmesi açısından avantaj sunmaktadır. Ancak fosforun aşırı dozda uygulanması, mikoriza kolonizasyonunu baskılayarak simbiyotik ilişkinin verimini azaltabilmektedir. Bu da dolaylı olarak linoleik asit sentezinde düşüşe neden olabilmektedir. Dolayısıyla fosfor uygulamasının miktarı, mikoriza etkinliğiyle dengeli bir biçimde planlanmalıdır.

Araştırmalarda, mikoriza ile aşıl原因 ve uygun dozda fosforla desteklenen ayçiçeği bitkilerinde, hem toplam yağ oranının hem de linoleik asit yüzdesinin tek başına yapılan uygulamalara göre daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Demirkan et al., 2022). Bu bulgular, mikoriza ve fosforun birlikte uygulanmasının linoleik asit sentezini pozitif yönde etkileyebileceğini ve bu etkinin lipid metabolizması üzerindeki fizyolojik düzenlemelerden kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, ayçiçeğinde mikoriza ve fosfor uygulamaları yalnızca tohum yağ miktarını değil, aynı zamanda yağ kalitesini belirleyen linoleik asit oranını da önemli ölçüde etkilemektedir. Mikoriza destekli, dengeli fosfor gübrelemesi ile yağ asidi kompozisyonunun iyileştirilmesi mümkün olmakta ve bu yaklaşım, yüksek kaliteli bitkisel yağ üretiminin yanı sıra sürdürülebilir tarım sistemlerinin geliştirilmesine de katkı sağlamaktadır.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) yağı, besinsel değeri yüksek bir bitkisel yağ

olup, içerdği doymamış yağ asitleri sayesinde insan sağlığı açısından önemli bir konuma sahiptir. Bu yağ asitleri arasında oleik asit (C18:1,  $\omega$ -9), özellikle oksidatif stabilitesi yüksek ve kardiyovasküler sağlık üzerinde olumlu etkileri bulunan tekli doymamış bir yağ asididir. Ayçiçeğinde oleik asit miktarı; genotip, çevresel koşullar ve tarımsal uygulamalara bağlı olarak önemli ölçüde değişebilmektedir. Bu bağlamda, mikoriza ve fosfor uygulamalarının oleik asit düzeylerine olan etkisi, hem kalite hem de fonksiyonel yağ üretimi açısından değerlendirilmesi gereken önemli bir husustur.

Arbusküler mikoriza (AM) mantarları, bitkilerin kök sistemleri ile simbiyotik ilişki kurarak başta fosfor olmak üzere çeşitli besin maddelerinin alımını artırmakta, böylece bitkinin genel fizyolojik performansını iyileştirmektedir. Bu gelişmiş beslenme durumu, özellikle karbon metabolizmasının daha verimli işlemesine olanak tanımakta ve sonuç olarak lipid biyosentezinde değişikliklere yol açabilmektedir. Ancak yapılan bazı çalışmalarda, mikoriza uygulamasının oleik asit oranını azaltırken, linoleik asit oranını artırabildiği gözlemlenmiştir. Bu durum, mikoriza ile artan fosfor alımının lipid desatürasyon enzimlerinin (özellikle  $\Delta$ 12-desatüraz) aktivitesini artırarak, oleik asidin linoleik aside dönüşümünü teşvik etmesiyle açıklanabilir. Dolayısıyla, mikoriza uygulaması, oleik asit oranını doğrudan artırmak yerine, yağ asidi bileşiminin daha çok linoleik aside yönelmesine neden olabilmektedir.

Fosfor uygulaması ise, yağ asidi bileşimini hem doğrudan hem de dolaylı yollarla etkilemektedir. Fosfor, ATP üretimi ve koenzimlerin oluşumu gibi enerjiye bağlı süreçlerde yer alarak, lipid sentezinde görev yapan enzimlerin aktivitesini destekler. Fosforun yeterli düzeyde uygulanması durumunda, oleik asit sentezinde görev alan oleat sentaz ve elongaz enzimlerinin daha aktif çalıştığı, böylece oleik asit birikiminin teşvik edildiği bildirilmektedir. Ancak burada dikkat çekici olan nokta, fosforun dozajıdır. Yüksek fosfor uygulamaları, mikoriza kolonizasyonunu baskılayarak yukarıda belirtilen simbiyotik katkıyı azaltabilirken, düşük fosfor dozları mikoriza ile sinerji oluşturabilir ve bu durum yağ asidi dengesini doğrudan etkileyebilir.

Çeşitli araştırmalarda, fosfor uygulamasının tek başına oleik asit oranını belirli ölçüde artırdığı, ancak mikoriza ile birlikte uygulandığında bu artışın daha sınırlı kaldığı veya oleik asidin linoleik aside dönüşümünün hızlandığı gözlemlenmiştir. Bu bulgular, özellikle yüksek oleik ayçiçeği çeşitleri dışında kalan standart çeşitlerde, mikoriza ve fosfor uygulamalarının oleik asit oranı üzerinde

genellikle azaltıcı yönde etkili olabileceğini ortaya koymaktadır.

Sonuç olarak, mikoriza ve fosfor uygulamaları ayçiçeği bitkisinin yağ asidi kompozisyonunu önemli ölçüde değiştirebilmekte olup, oleik asit oranı bu etkileşimlerden doğrudan etkilenmektedir. Mikoriza uygulaması, fosforun daha etkin kullanılmasını sağlarken, bu durum yağ asidi desatürasyonunu artırarak oleik asidin linoleik aside dönüşümünü teşvik edebilir. Fosforun tek başına uygulanması ise oleik asit birikimini artırma potansiyeline sahiptir; ancak bu etki, uygulama dozu, toprak fosfor düzeyi ve bitki genotipi gibi faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

## 6. SONUÇLAR

Deneme 2024 yılı yetiştirme sezonunda Şanlıurfa ili Ceylanpınar ilçesi sınırları içerisinde bulunan TİGEM Genel Müdürlüğü, Ceylanpınar Tarım İşletmesinde yürütülmüştür. Denemede Pioneer P64LC108 ayçiçeği çeşidi bitki materyalini oluşturmuştur. Fosfor dozları ana parsellere, mikoriza uygulamaları ise alt parsellere gelecek şekilde denemede 2 faktörün etkisi incelenmiş ve verim ve kalite parametreleri açısından çeşitler arasında farklılıklar olduğu belirlenmiştir. En yüksek bitki boyu (164 cm), sap çapı (1.81 mm), sap boğum sayısı (28.55-28.50 adet/bitki), Tabla çapı (26.85), kuru madde oranı (%67.25), dekara verim (294.80 kg/da), bin tane ağırlığı (83.8 g), yağ oranı (%27.30) ve oleik asit (%33.90), linoleik asit (%68) miktarı olarak tespit edilmiştir.

Genellikle uygulamalarda en düşük parametre kontrol uygulamasında (0 kg/da P uygulaması x 0 g/kg) en yüksek doz ise fosfor ve mikoriza uygulamalarının en yüksek parametre olan 10 kg/da P uygulaması x 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında görülmüştür. Kısacası fosfor uygulaması da mikoriza uygulaması da artıça verim ve kalite parametrelerinde de paralel bir artış meydana geldiği en yüksek artışın ise fosfor uygulaması x mikoriza uygulamasının en yüksek dozundan elde edildiği belirlenmiştir.

Verim ve yağ içeriklerindeki farklılıklar çeşidin özelliğinden kaynaklandığı söylenebilir. Yağ asitleri açısından değerlendirildiğinde ise linoleik asidin oleik aside göre yüksek değerlerinin çeşidin genetik yapısından kaynaklandığını söyleyebiliriz.

Mikoriza uygulaması bakımından değerlendirdiğimizde en yüksek verim parametrelerini 3.5 g/kg mikoriza uygulamasında elde edildiği belirlenmiştir. Mikoriza uygulamaları ülkemizde henüz yeni başlamış olup, üretim içerisinde çok az bir alanda uygulanmaktadır. Bu kimyasal gübrenin kullanımının fazla olduğunu göstermektedir. Tek başına fosfor uygulamasının en yüksek dozu ile tek başına mikoriza uygulamasının en yüksek dozu kıyaslandığında kimyasal gübre uygulanması ile mikoriza uygulamasının eş değer olduğu söylenebilir. Fakat kimyasal gübre uygulaması ile birlikte mikoriza uygulaması birlikte yapıldığında mikoriza uygulamasının toprak yapısını iyileştirdiğinden, toprakta bulunan bitki besin elementi miktarını arttırdığından kimyasal gübrenin etkinliğini de arttırmaktadır.

Tüm bunlar değerlendirildiğinde her açıdan mikoriza uygulamalarının

yaygınlaştırılması ile kimyasal gübre kullanımlarının azaltılabileceği söylenebilir. Mikoriza uygulamaların artırılarak bu uygulamalara yönelik araştırmalar fazlaştırılmalıdır.

Bu sonuçlar, rakım, iklim, çevre ve toprak özelliklerinden doğrudan etkilenen bu bölgelerde yüksek verimli ve kaliteli ürünler yetiştirmek için uygun yağlık ayçiçeği çeşitlerinin seçimi ve ülkemiz ve dünya topraklarının temizliği insanların sağlığı ve verimin uzun vadede arttırılması için kimyasal gübre kullanımları azaltılmaya yönelik uygulamaların belirlenmesinde bu tür çalışmaların önemini göstermektedir.

## 7. ÖNERİLER

Bu çalışmada, ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinde mikoriza ve fosfor uygulamalarının kuru madde oranı, toplam yağ içeriği ve yağ asidi kompozisyonu üzerindeki etkileri değerlendirildi. Elde edilen bulgulara göre aşağıdaki öneriler sunuldu:

Mikoriza ve fosforun birlikte kullanımı, verim ve kalite parametreleri açısından olumlu etkilere sahipti. Bu nedenle, fosfor kullanım etkinliğini artırmak ve düşük gübre dozlarıyla istenen sonuçlara ulaşmak amacıyla mikoriza uygulamaları tarımsal üretim sistemlerine entegre edilmelidir.

Fosfor gübrelemesinde doz kontrolü, mikoriza etkinliğini sürdürülebilir kılmak için önemlidir. Optimum fosfor düzeylerinin belirlenmesi gerekmektedir, çünkü yüksek fosfor dozları mikoriza kolonizasyonunu baskılayabilir.

Oleik ve linoleik asit oranları, mikoriza ve fosfor düzeylerinden farklı şekillerde etkilenmiştir. Mikoriza uygulaması linoleik asit oranını artırırken oleik asit oranını azaltma eğilimindedir. Bu nedenle, yağ asidi profili için belirlenen hedefler uygulanacak mikoriza ve fosfor stratejileriyle uyumlu olmalıdır.

Mikoriza uygulamalarının etkisi, kullanılan mikoriza türüne, toprak yapısına ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebilir. Bu nedenle, farklı mikoriza türlerinin karşılaştırmalı olarak değerlendirilmesi ve uygulamaların bölgesel agro-ekolojik koşullara göre uyarlanması önemlidir.

Tek yıllık verilerin kullanıldığı bu çalışma, mikoriza ve fosfor etkileşiminin uzun vadeli etkilerini belirleyebilmek için çok yıllı tarla denemelerine ihtiyaç olduğunu ortaya çıkarmıştır. Ayrıca, bu uygulamaların toprak mikrobiyal yapısı ve sürdürülebilir tarım üzerindeki etkilerinin izlenmesi gerekmektedir.

Elde edilen yağların linoleik ve oleik asit düzeyleri, tarımsal üretimin yanı sıra gıda endüstrisi, raf ömrü ve insan sağlığı açısından da önemlidir. Bu nedenle, gelecekte yapılacak çalışmalarda yağların oksidatif stabilitesi, fonksiyonel özellikleri ve endüstriyel kullanım potansiyeli gibi konuların da değerlendirilmesi gerekmektedir.

Bu öneriler, sürdürülebilir ayçiçeği üretiminde verim ve kalite parametrelerini

geliştirme ve mikrobiyal gübrelerin daha verimli kullanımı konusunda katkıda bulunacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abbadi, J., & Gerendás, J., (2011). Effects of phosphorus supply on growth, yield, and yield components of safflower and sunflower. *J. Plant Nutr.* 34, 1769–1787.
- <-block\_nghost-ng-c1853190694="" class="ng-star-inserted">Mikorizalgubre.com /shubhodoya/shubhodaya-mikorizanin-faydalari/2022).
- Adebayo, A.G., Akintoye, H.A., Olatunji, M.T., Shokalu, A.O., & Aina, O.O., (2010). Growth response and flower yield of sunflower to phosphorus fertilization in Ibadan, southwestern Nigeria. *Rep. Opin.* 2, 29–33.
- Adeke, B.S., & Babalola, O.O., (2020). Oilseed crop sunflower (*Helianthus annuus*) as a source of food: Nutritional and health benefits. *Food Sci. Nutr.* 8, 4666–4684.
- Adewole, M.B., Awotoye, O.O., Ohiembor, M.O., & Salami, A.O., (2010). Influence of mycorrhizal fungi on phytoremediating potential and yield of sunflower in Cd and Pb polluted soils. *J Agric Sci* 55 (1): 17-28.
- Aguilera, P., Ortiz, N., Becerra, N., Turrini, A., Gaínza-Cortés, F., Silva-Flores, P., Aguilar-Paredes, A., Romero, J.K., Jorquera-Fontena, E., Mora, M., & Borie, F. (2022). Application of arbuscular mycorrhizal fungi in vineyards: Water and biotic stress under a climate change scenario: New challenge for Chilean grapevine. *Crop Front Microbiol.* 13: 826571. doi:10.3389/fmicb.2022.826571
- Akköprü, A., Demir, S. & Özaktan, H., (2005). Farklı Floresant *Pseudomonas* (FP) izolatları ve Arbusküler Mikorhizal Fungus (AMF) *Glomus intraradices*'in Domates'teki Bazı Morfolojik Parametrelere ve *Fusarium Solgunluğuna* Etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(2): 131-138.
- Akman., (2017). Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri, II. Bitki Analizleri, Ankara Üniv. Zir. Fak. Eğt. Araş. Yay. No: 453, Ankara, s. 255.
- Akpınar, Ç., Demirbaş, A., & Ortaş, İ., (2020). Farklı Mikoriza Türleri, Kompost ve Fosfat Kayacı Uygulamalarının Sorgum Bitkisinin Gelişimine Etkileri, *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology* 8(12):2583-2589. <-block\_nghost-ng-c1853190694="" class="ng-star-inserted">https://www.researchgate.net/publication/348000715\_Farkli\_Mikoriza\_Tu rleri\_Kompost\_ve\_Fosfat\_Kayaci\_Uygulamalarinin\_Sorgum\_Bitkisinin\_Geli simine\_Etkileri
- Aktaş, H. (2017). Tarım 4.0 bağlamında dijital tarım uygulamaları. *Tarım makineleri Ekonomi Finans ve Muhasebe Dergisi*, 4 (2), 186-193.
- Ali, A., & Ullah, S., (2012). Effect of nitrogen on achene protein, oil, fatty acid profile, and yield of sunflower hybrids. *Chil. J. Agric. Res.* 72, 564.
- Arif, M.S., Riaz, M., Shahzad, S.M., Yasmeen, T., Akhtar, M.J., Riaz, M.A., & Buttler, A., (2016). Associative interplay of plant growth promoting

- rhizobacteria (*Pseudomonas aeruginosa* QS40) with nitrogen fertilizers improves sunflower (*Helianthus annuus* L.) productivity and fertility of aridisol. *Appl. Soil Ecol.* 108, 238–247.
- Auge, R.M., (2001). Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Mycorrhiza*, 11: 3-42.
- Banerjee, H., Dutta, S.K., Pramanik, S.J., Ray, K., Phonglosa, A., & Bhattacharyya, K., (2014). Productivity and profitability of spring planted sunflower hybrid with nitrogen, phosphorus and potassium fertilizer. *Ann. Plant Soil Res.* 16, 250–256.
- Barkın, K., & Ç., Burçin, (2016). Biyostimülantların Sınıflandırılması ve Türkiye’deki Durumu. *Çukurova Tarım Gıda Bil. Der.* 31(3):185-200.
- Baskaran, R., & Kavimani, R., (2014). Productivity of sunflower as influenced by tillage and weed management. *Indian J. Weed Sci.* 46, 138–141.
- Baslam, Doğan, K. T. (2013). Bazı yabani ayçiçeği türlerinin (*Helianthus* spp.) morfolojik özelliklerinin belirlenmesi ve kültürü yapılan türler ile melezleme olanaklarının araştırılması (Master's thesis, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Baydar, H., & Erbaş, Ş., (2005). Yağ Bitkileri Bilimi ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 97, Isparta.
- Blair, G., (1993). Nutrient efficiency—What do we really mean? In *Genetic Aspects of Plant Mineral Nutrition*, Springer: Dordrecht, The Netherlands, pp. 205–213.
- Boydak, E., & Fırat, R. (2019). Bazı Farklı Ayçiçeği (*Helianthus annuus*) Genotiplerinin Geçit Bölgelerindeki Performanslarının Belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 9(1), 288-294. <https://doi.org/10.21597/jist.438776>
- Brundrett, M. C. (2009). Mikorizal ve mikorizal olmayan bitkilerin küresel çeşitliliği ve önemi. *Mikorizal simbiyozun biyocoğrafyası* (s. 533-556). Cham: Springer International Publishing.
- Carpio, M. J., Andrades, M. S., Herrero-Hernández, E., Marín-Benito, J. M., Sánchez-Martín, M. J., & Rodríguez-Cruz, M. S. (2023). Changes in vineyard soil parameters after repeated application of organic-inorganic amendments based on spent mushroom substrate. *Envir Res.* 221: 115339. doi:10.1016/j.envres.2023.115339
- Chanclud E., & Morel J.B., (2016). Plant hormones: A fungal point of view. *Mol Plant Pathol.* 17:1289–1297.
- Chandrashekhara, C.P., Patil, V.C., & Sreenivasa, M.N., (1995). VA-mycorrhiza mediated P effect on growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.) at different P levels. *Plant and Soil.* 176: 325-328.

- Çetinkaya & Sami (2009), Dicle Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü MU Diyarbakır, Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, Cilt II s. 52-56.
- Çetinkaya, N., & Dur, N.S., (2010). Mısır vejetatif gelişimi ve verimi üzerinde bir endomikorizal preparatın etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47 (1): 53-59.
- Çığ, F., (2010). Mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim ve verim ile ilgili karakterlere etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 137s, Van.
- Davies, F.T., (2001). Benefits and Opportunities with Mycorrhizal Fungi in Nursery Propagation and Production System, Combined Proceedings International Plant Propagator Society, 50: 482-489.
- Day, S., (2011). Ankara koşullarında yerli ve hibrit çerezlik ayçiçeği genotiplerinde farklı sıra üzeri aralığı ve azot dozlarının verim ve verim öğelerine etkisi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara.
- Demirbaş, A., Kaya, Z., & Ortaş, İ., (2019). Fertigasyon ve Mikoriza Uygulamalarının Tarla Koşullarında Bibier Bitkisinin (*Capsicum annum* L.) Verimine ve Besin Elementleri Alımına Etkileri. Turkish Journal of Agriculture- Food Science and Technology, 7(1):152-161.
- Demirkan, A., Gözener, B., & Ünal, C. (2020). Şanlıurfa İli Pamuk Üretiminde Bitki Koruma Sorunları. ve fostor uygulamaları Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology, 12(5), 795-802.
- Demirkan, AK, Aktimur, SH, Genç, NG ve Sen, A. (2022). İyileşme Plazma Temini/Konvalesan Plazma Tedarikini Artırmada Donörlerin Psikolojik Durumlarının ve Verilen Yapılandırılmış Bilgilerin Rolü. İstanbul Avrasya Güney Klinikleri (SCIE), 34 (4), 358-365.
- Douds, D.D., & Johnson., (2003). Inoculation with Mycorrhizal Fungi Increases the Yield of Green Peppers in a High P soil. Biol. Agric. Hortic. 21 (1), 91–102.
- Eberhardt, D.S., da Silva, P.R., & Rieffel Neto, S.R., (1999). Uptake efficiency and nitrogen utilization by rice plants and two red rice ecotypes. Weed, 17, 309–323.
- Ergen ve Sağlam (2005) "Bazı çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinin tekirdağ koşullarında verim ve verim unsurları." Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi 2.3 (2005): 221-227.
- Ergin, F., (2006). Mikorizanın Marul Bitkisinde Bitki Gelişimi ve Fosfor Alımı Üzerine Etkileri. Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 25s.
- Fageria, N.K., & Barbosa Filho, M.P., (1982). Preliminary evaluation of irrigated rice cultivars for greater nitrogen utilization efficiency. Braz. Agric. Res. 17, 1709–1712.

- Gholamhoseini, M., Ghalavand, A., Dolatabadian, A., Jamshidi, E., & KhodaeiJoghan, A. (2013). Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation on growth, yield, nutrient uptake and irrigation water productivity of sunflowers grown under drought stress. *Agricultural Water Management*, 117, 106-114.
- Gholinezhad, E., Aynaband, A., Ghorthapeh, A. H., Noormohamadi, G. & Bernousi, I., (2009). Study of the effect of drought stres on yield, yield components and harvest index of sunflower hybrid Iroflor at different levels of nitrogen and plant population. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 37(2): 85-94.
- Godfray, H.C.J., Beddington, J.R., Crute, I.R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J.F., & Toulmin, C., (2010). Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* ., 327, 812–818.
- Grant, C., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., & Morel,C., (2005). Soil and Fertilizer Phosphorus: Effects on Plant P Supply and Mycorrhizal Development. *Canadian Journal of Plant Science*, 85:3-14.
- Grant, C.A., Flaten, D.N., Tomasiewicz, D.J., & Sheppard, S.C., (2001). The importance of early season phosphorus nutrition. *Can. J. Plant Sci.* 81, 211–224.
- Gül, V. ve Coban, F. (2020). Türkiye'de yetiştirilen yağlık ayçiçeği genotiplerinin verim ve kalite parametrelerinin belirlenmesi. *Türkiye Tarla Bitkileri Dergisi*, 25 (1), 9-17.
- Güzel, S. (2020). Bolivya’da yetişen Chia (*Salvia hispanica* L.) tohumlarının yağ asidi, sterol, tokoferol ve mineral kompozisyonları; toplam fenol ve flavonoit miktarları ve antioksidan aktivitesi. *Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi*, 13(3), 428-436.
- Helgason, T. H. O. R. U. N. N., & Fitter, A. (2005). The ecology and evolution of the arbuscular mycorrhizal fungi. *Mycologist*, 19(3), 96-101.
- Johansson, J. F., Paul, L. R., & Finlay, R. D. (2004). Microbial interactions in the mycorrhizosphere and their significance for sustainable agriculture. *FEMS microbiology ecology*, 48(1), 1-13.
- Kalaiyarasan, C., Vaiyapuri, V., Suseendran, K., & Jawahar, S., (2019). Response Of Sunflower To Integrated Nutrient And Weed Management Practices On Weeds, Growth And Yield, Quality And Nutrient Uptake, *Plant Archives Vol. 19, Supplement 1*, 2019 pp. 526-
- Kara ve Demirtaş. (2020). *Organik Gübreler: Sürdürülebilirliğin Temeli*. Akademisyen Kitabevi.
- Khan, A., Zhu, D. ve Zhang, Z. (2021). İki yaşam tarihi stratejisi kapsamında ısı sınırlı bölgelerde mikorizal gübrelerle pamuğunun verimliliğinin artırılması. *Çevre Yönetimi Dergisi*, 363, 121374.
- Khan, H., Safdar, A., Ijaz, A., Khan, I., Hussain, S., Khan, B.A., & Suhaib, M., (2018). Agronomic and qualitative evaluation of different local sunflower

- hybrids. *Pakistan Journal of Agricultural Research*. 31(1): 1-10.
- Kuralkan, M., Çiftçi, V., Karakuş, M., & Togay, N., (2002). Van-Gevaş ekolojik koşullarında farklı fosfor dozlarının fasulye(*Phaseolus vulgaris* L.)'de verim ve verim öğelerine etkisi. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 17 (4): 107-116.
- Li, S.T., Yu, D.U.A.N., Guo, T.W., Zhang, P.L., Ping, H.E., & Majumdar, K., (2018). Sunflower response to potassium fertilization and nutrient requirement estimation. *J. Integr. Agric.* 17, 2802–2812.
- Luty L., Musiał K., & Zioło M., (2021). The role of selected ecosystem services in different farming systems in Poland regarding the differentiation of agricultural land structure. *Sustainability*. 13:6673. doi: 10.3390/su13126673
- Maggio, A., Malingreau, J., Bock, A., Eva, H., Scapolo, F., & Ruiz Fabra, H., (2012). NPK: Will There Be Enough Plant Nutrients to Feed a World of 9 Billion in 2050, *Jrc Science And Policy Reports*, Publications Office of the European Union: Luxembourg, pp. 978–992.
- Marschner, P.(2012). Toprağa organik ve inorganik P kaynaklarının eklenmesi - P havuzları ve mikroorganizmalar üzerindeki etkiler. *Toprak Biyolojisi ve Biyokimyası*, 49, 106-113.
- Martinez, H.P., Novais, R.D., Sacramento, L.S., & Rodrigues, L.A., (1993). Behavior of soybean varieties grown under different phosphorus levels. II: Absorbed phosphorus translocation and nutritional efficiency. *Braz. J. Soil Sci.*, 17, 239–244.
- McGill, S.M., (2012). ‘Peak’phosphorus? The implications of phosphate scarcity for sustainable investors. *J. Sustain. Financ. Investig.* 2, 222–239.
- Mohammadi, K., Heidari, G., Javaheri, M., Rokhzadi, A., Nezhad, M.T.K., Sohrabi, Y., & Talebi, R., (2013). Fertilization affects the agronomic traits of high oleic sunflower hybrid in different tillage systems. *Ind. Crops Prod.* 44, 446–451.
- Motamedi M., Zahedi M., Karimmojeni H., Motamedi H., & Mastinu A., (2022). Effect of rhizosphere bacteria on antioxidant enzymes and some biochemical characteristics of *Medicago sativa* L. subjected to herbicide stress. *Acta Physiol. Plant.* 44:84.
- Moukarzel, R., Ridgway, H. J., Waller, L., Guerin-Laguette, A., Cripps- Guazzone, N., & Jones, E. E. (2023). Soil arbuscular mycorrhizal fungal communities differentially affect growth and nutrient uptake by grapevine rootstocks. *Microb*
- Nafady, N.A., Hashem, M., Hassan, E.A., Ahmed, H.A., & Alamri, S.A., (2019). The combined effect of arbuscular mycorrhizae and plant growth-promoting yeast improves sunflower defense against *Macrophomina phaseolina* diseases. *Biol. Control* 138, 104049.
- Nasim, W., Ahmad, A., Amin, A., Tariq, M., Awais, M., Saqib, M., & Ali, S.,

- (2018). Radiation efficiency and nitrogen fertilizer impacts on sunflower crop in contrasting environments of Punjab, Pakistan. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 25, 1822–1836.
- Nelsen, CE, Bolgiano, NC, Furutani, SC, Safir, GR ve Zandstra, BH (1981). Toprak fosfor düzeylerinin tarlada yetiştirilen soğan bitkilerinde mikorizal enfeksiyon ve mikorizal üreme üzerine etkisi. *Amerikan Bahçe Bitkileri Bilimi Derneği Dergisi*, 106 (6), 786-788.
- Nendel, C., Melzer, D., & Thorburn, P.J., (2019). The nitrogen nutrition potential of arable soils. *Sci. Rep.* 9, 1–9
- Onat, M. (2015). Organomineral Gübre Uygulamalarının Ayçiçeği Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, 37s.
- Özer, H., Polat, T. & Öztürk, E., 2004. Response of irrigated sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrids to nitrogen fertilization growth, yield and yield components. *Plant Soil Environment*, 50(5): 205-211.
- Özeren, M.E. Kaya, S., & Türkmen, C. (2019). Altın Oran (Leonardo Fibonacci) Dikimi ve Mikoriza Uygulamasının Domatesin Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi*, 7(2), 279-288.
- Özgönen, (2011). Pamukta verticillium solgunluğu (*Verticillium dahliae* Kleb.)'na karşı bazı bitki aktivatörlerinin etkilerinin araştırılması (Master's thesis).
- Palalı, F. A. (2021). Güneydoğu anadolu bölgesi ekolojisinde organomineral gübre uygulamalarının bazı ayçiçeği (*helianthus annuus* l.) çeşitlerinde verim ve verim öğelerine etkisi (doctoral dissertation).
- Parça, F. (2019) Arbusküler mikorhizal fungus (AMF)'ların çerezlik ve ayçiçeğinde tarımsal özellikleri üzerine etkisi, Aydın Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı, Y.Lisans Tezi.
- Pekcan, V. & Erdem, T., 2005. Edirne Koşullarında Destekleme Sulamanın Ayçiçeğinin Su Kullanımı ve Verimine Etkileri, *Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi* 6 (2): 59-66.
- Pekcan, V. & Esandal, E., 2015. Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nde Sulama, Azot Dozu ve Bitki Sıklığının Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü ANADOLU*, 25 (2): 24 – 36.
- Peterson, R. L., Piche, Y., & Peterson, R. H., (1989). Mycorrhiza and Their Potential Use in the Agriculture and Forestry Industries. *Biotechnol. Avdan.*, 2: 101-120. Pioneer Tarım Çözümleri Türkiye.
- Polatlı, O. & Ünay A., 2013. Çerezlik Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Populasyonlarında dane özellikleri ve özellikler arası ilişkiler *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi* 25 (2): 59-64.
- Prado, R.D.M., & Moreira Leal, R., (2006). Desordens nutricionais por deficiência em girassol var. Catissol-01. *Pesqui. Agropecuária Trop.* 36, 187–193

- Rocha-Filho, D., Alves, P., Maruno, M., Ferrari, M., & Topan, J.F., (2016). Liquid crystal formation from sunfloweroil: Long term stability studies. *Molecules*, 21, 680.
- Sadozai, G.U., Farhad, M., Khan, M.A., Khan, E.A., Niamatullah, M., Baloch, M.S., & Wasim, K., (2013). Effect of different phosphorous levels on growth, yield and quality of spring planted sunflower. *Pak. J. Nutr.* 12, 1070.
- Salih, M.N.T., (2013). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to phosphorus and nitrogen fertilization under rainfed conditions, *Blue Nile State-Sudan. Helia* , 36, 101–110.
- Schlegel, A.J., Assefa, Y., O'Brien, D., Lamm F.R., & Haag, L.A., (2016). Comparison of corn, grain sorghum, soybean, and sunflower under limited irrigation. *Agronomy Journal* 108: 670–679.
- Sefaoglu, F. (2019). Determination of adaptation capabilities of some oil sunflower genotypes in Igdir wet conditions. *Journal of Igdir Uni*
- Seiler G.J. (2007) Wild annual *Helianthus anomalous* and *H. deserticola* for improving oil content and quality in sunflower. *Industrial Crops and Products*. 25(1), 95-100.
- Singh, MD (2017). Nano gübreler, bitkisel üretimde besin kullanım verimliliğini artırmanın yeni bir yoludur. *Uluslararası Tarım Bilimleri Dergisi*, ISSN, 9 (7), 0975-3710.
- Smith, S. E. ve Smith, F. A. (2011). Arbüsküler mikorizaların bitki beslenmesi ve büyümesindeki rolleri: Hüreselden ekosistem ölçeklerine yeni paradigmlar. *Mith, S. E. ve Smith, F. A. (2011). Arbüsküler mikoriza.*
- Smith, SE ve Read, DJ (2008). Mikorizal simbiyoz. Akademik basın.
- Soleimanzadeh, H., (2012). Response of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to inoculation with Mycorrhiza under different phosphoruslevels. *Am. Eurasian J. Agric. Environ. Sci.* 12, 337–341. 12.
- Souri, M.K., & Hatamian, M., (2019). Aminochelates in plant nutrition: A review. *J. Plant Nutr.* 42, 67–78.
- Şen, (2008) . Mikoriza konusunda Türkiye’de yapılan çalışmalar. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (2), 55-65. Türkiye’de kayıtlı anaçlık patlıcan tiplerinde morfolojik karakterizasyon ve anaç-kalem performanslarının karşılaştırılması (Doctoral dissertation, Bursa Uludag University (Turkey)).
- Tarbell, T.J., & Koske, R.E., (2007). Evaluation of commercial arbuscular mycorrhizal inocula in a sand/peat medium. *Mycorrhiza* 18, 51–56.
- Tekin, G., Takıl E., & Kayan, N. (2024). Fosforlu gübre uygulanmış toprakta *Rhizobia* ve Mikoriza ile aşılamanın fasülye (*Phaseolus vulgaris* L.) bitkisinin gelişim ve verimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilim Dergisi*, 39(1),29-44. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1370027seolus>.

- Tsimilli-Michael et al. (2009). Tarımda bitki besleme amaçlı Cu ve Mn içeren şelat bileşiklerinin hazırlanması ve etkinliklerinin araştırılması (Master's thesis, Sakarya Üniversitesi (Turkey)).
- Uğur, M., (2018). Mikoriza aşılması ve mantar kompostu uygulamalarında fasulyenin bitki gelişimi ve verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50s, Şanlıurfa.
- Ullah ,Güzel, S. (2020). Bolivya’da yetişen Chia (*Salvia hispanica* L.) tohumlarının yağ asidi, sterol, tokoferol ve mineral kompozisyonları; toplam fenol ve flavonoit miktarları ve antioksidan aktivitesi. Mersin Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi, 13(3), 428-436.
- Ullah, S., & Akmal, M., (2018). Response of sunflower to integrated management of nitrogen, phosphorus and sulphur. *Sarhad J. Agric.* 34, 740–748.
- Ultra, V.U., Tanaka, S., Sakurai, K., & Iwasaki, K., (2007). Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on arsenic toxicity in sunflower (*Helianthus annuus* L) and on the transformation of arsenic in the rhizosphere. *Plant Soil.* 290(1-2):29-41.
- Ultra Jr, V. U., Tanaka, S., Sakurai, K., & Iwasaki, K. (2007). Arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus aggregatum*) influences biotransformation of arsenic in the rhizosphere of sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Soil Science and Plant Nutrition*, 53(4), 499-508.
- Vance, J. E., & Vance, D. E. (2003). Toprak hücrelerinde fosfolipid biyosentezi. *Biyokimya ve hücre biyolojisi*, 82(1), 113-128.
- Veneklaas, E.J., Lambers, H., Bragg, J., Finnegan, P.M., Lovelock, C.E., Plaxton, W.C., & Raven, J.A., (2012). Opportunities for improving phosphorus-use efficiency in crop plants. *New Phytol.* 195, 306–320.
- Viena, T.D.A., Lima, A.D., Marinho, A., Duarte, J.D.L., Azevedo, B.M., & Costa, S.C., (2012). Irrigation depths and soil coverings in sunflower crop under semiarid conditions. *Irriga* 17, 126–136.
- Vilvert, E., Lana, M., Zander, P., & Sieber, S., (2018). Multi-model approach for assessing the sunflower food value chain in Tanzania. *Agric. Syst.* 2018, 159, 103–110.
- Wang, Y. & Zhang, X., (2008). Diversity and infectivity of arbuscular mycorrhizal fungi in agricultural soils of the Sichuan Province of mainland China. *Mycorrhiza*, 18, 59-68.
- Yağmur, B., & Okur, B., (2017). Potasyum ve Humik Asit Uygulamalarının Yağlık Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) Bitkisinin Gelişimine Etkisi *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi* 4(3): 210-217.
- Yaseen, T., Burni, T., & Hussain, F., (2012). Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and productivity of chickpea (*Cicer*

- arietinum) varieties. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3(9): 334-345.
- Yıldız, Y. Ş., Yılmaz, Ş., & Yılmaz, D. D. (2019). Ficus carica (ortak incir) kurutulmuş meyve özü kullanılarak demir oksit ve fosfor nanopartiküllerinin yeşil sentezi ve karakterizasyonu. Emirezen, A., Yıldız, Y. Ş., Yılmaz, Ş. Yılmaz, D-245.
- Yılmaz, (2020). İki farklı lokasyonda 12 ayçiçeği (heliantus annus L.) çeşidinin verim ver verim unsurlarının belirlenmesi. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 2, (3), 63-69.
- Yılmaz, (1989) Orobanş (orobanche cumana wallr.)'a dayanıklı ayçiçeği hatları ile erkek kısır hatların açıkta tozlanmış melezleri ve heterosis Ege Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarla Bitkileri Ana Bilim Dalı Tarım Bilimleri Dergisi, ISSN 28(6),455-520.
- Yılmaz, M., (2020). Topraksız biber yetiştiriciliğinde mikoriza ve bakteri biyogübreleri kullanılarak mineral gübrelerin azaltılması (Yüksek Lisans Tezi). Adana: Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Zamani, S., Naderi, M.R., Soleymani, A., & Nasiri, B.M., (2020). Sunflower (Helianthus annuus L.) biochemical properties and seed components affected by potassium fertilization under drought conditions. Ecotoxicology and Environmental Safety 190: 110017.
- Zhang, Baohong. (2015) MikroRNA: Bitkilerin abiyotik strese karşı toleransını artırmak için yeni bir hedef. Deneysel botanik dergisi, 2015, 66.7: 1749-1761.
- Zhu, N., Zhang, D., Wang, W., Li, X., Yang, B., Şarkı, J... & Tan, W. (2020). Çin'de tarım dergileri ziraat makaleleri yeni bir, 2019. hu, N., Zhang, D., Wang W., Li X., Yang733.

