



**T.C.  
RECEP TAYYIP ERDOĞAN ÜNİVERSİTESİ  
LİSANÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**KURAKLIK STRESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN  
PETUNYA (*Petunia hybrida* L.)'NİN GELİŞİMİ VE KALİTESİNE  
MİKORİZA VE RİZOBAKTERİ UYGULAMALARININ  
ETKİLERİ**

**(Yüksek Lisans Tezi)**

**Mustafa KARACA**

**Danışman  
Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL**

**RİZE  
2024**

## KABUL VE ONAY

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalında, Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL danışmanlığında, Mustafa KARACA tarafından hazırlanan *Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Petunya (Petunia hybrida L.)'Nin Gelişimi ve Kalitesine Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamalarının Etkileri* adlı bu tez çalışması 16/08/2024 tarihinde yapılan savunma sınavı sonucunda oy birliği/oy çokluğuyla başarılı bulunarak jürimiz tarafından **Yüksek Lisans Tezi** olarak kabul edilmiştir.

| Jüri Üyeleri | Ünvanı, Adı SOYADI             | İmza |
|--------------|--------------------------------|------|
| Başkan       | : Doç. Dr. Bahadır ALTUN       |      |
| Üye          | : Doç Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL |      |
| Üye          | : Doç. Dr. Hatice Filiz BOYACI |      |

## ETİK BEYAN

Bahçe Bitkileri Tezli Yüksek Lisans Programından mezun olmak üzere teslim ettiğim “Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Petunya (*Petunia hybrida* L.)’nın Gelişimi ve Kalitesine Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamalarının Etkileri” adlı tezim, bilim ve araştırma etiği prensiplerine riayet edilerek tarafımdan yazılmıştır.

Tez çalışmamda, başka kaynaklardan aktarılan bütün bilgi ve alıntılar, Enstitünüz Tez Yazım Kılavuzuna uygun olarak açıkça gösterilmiştir. Kaynağı gösterilenler dışında kalan bütün bilgiler uygun araştırma yöntemi kullanılarak tarafımdan edinilmiş ve esere bu şekilde yansıtılmıştır. Şahsıma ait olmayan hiçbir bilgi, kasıt veya kusurlar, şahsıma aitmiş gibi gösterilmemiştir. İnternet kaynakları dâhil, sahibine/kaynağına atıf yapılmaksızın hiçbir bilgi kullanılmamıştır. Aksinin ortaya çıkması halinde doğacak bütün hukuki, idari, akademik ve etik sorumluluk tarafıma ait olacaktır. Eserin tesliminden sonra herhangi bir zamanda, bilim etiğine aykırılık tespit edilmesi ve / veya eserimle ilgili intihal veya intihal şeklinde anlaşılabilecek bir durumun ortaya çıkması halinde; Üniversiteniz ve eğitim kadronuzun hiçbir şekilde sorumlu tutulmayacağını hür irademle kabul, beyan ve taahhüt ederim.

16/08/2024

**Mustafa KARACA**

## ÖN SÖZ

Kuraklık Stresi Koşullarında Yetiştirilen Petunya (*Petunia hybrida* L.)'nın Gelişimi ve Kalitesine Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamalarının Etkilerini inceleyen bu çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda “Yüksek Lisans Tezi” olarak hazırlanmıştır.

Çalışmanın planlanıp yürütülmesinde her türlü desteği sağlayan ve birikimlerini benimle paylaşan çok değerli tez danışmanım Sayın Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL' e ve tezimde jüri üyesi olup tecrübeleri ve bilgileriyle çalışmamı olgunlaştıran Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Hatice Filiz BOYACI hocama ve Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Doç. Dr. Bahadır ALTUN hocama, yüksek lisans eğitimimdeki ilk danışmanım olan Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden Sayın Dr. Öğr. Üyesi Arzu BAYIR hocama,

Çalışmam süresince bilgilerinden faydalandığım, arazi ve laboratuvar çalışmalarımın ilk gününden itibaren büyük bir özveri ile bana çok yardımcı olan Yüksek lisans Öğrencisi Sümeyye İSLAM, Yüksek Lisans Öğrencisi Merve ERBİL, Yüksek Lisans Öğrencisi Saadet Nur KASAP, Lisans Öğrencisi Ali KOÇAK, Lisans Öğrencisi Ali Kemal BAŞAK, Lisans Öğrencisi Sefa ÖZCEZAR başta olmak üzere tüm öğrenci arkadaşlarıma,

Tüm eğitimim boyunca maddi ve manevi destekleriyle yanımda olan, sabır gösteren, haklarını hiçbir zaman ödeyemeyeceğim aileme çok teşekkür ederim.

Mustafa KARACA

2024/RİZE

## İÇİNDEKİLER

|                                                                                                                   |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| KABUL VE ONAY .....                                                                                               | I    |
| ETİK BEYAN.....                                                                                                   | II   |
| ÖN SÖZ .....                                                                                                      | III  |
| İÇİNDEKİLER .....                                                                                                 | IV   |
| ÖZET .....                                                                                                        | VI   |
| ABSTRACT.....                                                                                                     | VII  |
| KISALTMALAR VE SEMBOLLER.....                                                                                     | VIII |
| TABLolar LİSTESİ.....                                                                                             | IX   |
| ŞEKİLLER LİSTESİ .....                                                                                            | X    |
| GİRİŞ .....                                                                                                       | 1    |
| 1. LİTERATÜR TARAMASI .....                                                                                       | 3    |
| 1.1. Petunya ile ilgili Genel Bilgiler .....                                                                      | 3    |
| 1.2. Sulama ve Su Kısıtı.....                                                                                     | 6    |
| 1.3. Bitkilerde Kuraklık Stresi .....                                                                             | 7    |
| 1.4. Mikorizal Mantarların Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar .....                           | 9    |
| 1.5. Rizobakterilerin Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar .....                                | 13   |
| 1.6. Birlikte Uygulanan Mikoriza ve Rizobakterilerin Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar ..... | 15   |
| 1.7. Petunya’da Kuraklık Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar.....                                                | 19   |
| 2. MATERYAL VE YÖNTEM.....                                                                                        | 22   |
| 2.1. Çalışmanın Yürütüldüğü Yer ve Yıl .....                                                                      | 22   |
| 2.2. Bitkisel Materyal .....                                                                                      | 23   |
| 2.3. Yöntem.....                                                                                                  | 24   |
| 2.3.1. Çimlendirme Ortamının Hazırlığı ve Tohum ekimi .....                                                       | 24   |
| 2.3.2. Tohumların Çimlenmesi .....                                                                                | 25   |
| 2.3.3. Çalışmada Kullanılan Mikoriza ve Rizobakterinin Hazırlanması ve Fidelere Uygulanması.....                  | 25   |
| 2.3.4. Fidelerin Şaşırtılması için Saksı Hazırlığı ve Uygulama Sonrası Fidelerin Dikimi .....                     | 26   |

|                                                                                           |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| 2.3.5. Kısıntılı Sulama Uygulaması.....                                                   | 27 |
| 2.3.6. Yapılan Ölçüm ve Gözlemler .....                                                   | 29 |
| 2.3.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiki Analiz .....                            | 31 |
| 3. BULGULAR VE TARTIŞMA .....                                                             | 32 |
| 3.1. Bitki Boyu .....                                                                     | 32 |
| 3.2. Yaprak sayısı.....                                                                   | 33 |
| 3.3. Çiçek Sayısı.....                                                                    | 34 |
| 3.4. Petal Uzunluğu .....                                                                 | 35 |
| 3.5. Petal Eni .....                                                                      | 36 |
| 3.6. Kök Uzunluğu .....                                                                   | 37 |
| 3.7. Kök Yaş Ağırlığı .....                                                               | 39 |
| 3.8. Kök Kuru Madde Ağırlığı.....                                                         | 40 |
| 3.9. Bitki Yaş Ağırlığı.....                                                              | 41 |
| 3.10. Bitki Kuru Madde Ağırlığı.....                                                      | 43 |
| 3.11. Petunya’da İncelenen Parametreler Arasında Elde Edilen Korelasyon<br>Bulguları..... | 44 |
| 4. SONUÇ .....                                                                            | 46 |
| KAYNAKÇA.....                                                                             | 48 |

**Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü**

**Anabilim Dalı** : Bahçe Bitkileri

**Tez Türü** : Yüksek Lisans Tezi

**Danışman** : Doç. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL

**Hazırlayan** : Mustafa KARACA

**Yıl** : 2024

**Sayfa Sayısı** : 55

## **ÖZET**

### **KURAKLIK STRESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN PETUNYA (*Petunia hybrida* L.)'NİN GELİŞİMİ VE KALİTESİNE MİKORİZA VE RİZOBAKTERİ UYGULAMALARININ ETKİLERİ**

Çalışma, Petunya (*Petunia hybrida* ‘Super Cascade White’)’da mikoriza ve rizobakteri uygulamalarının kuraklık stresine karşı etkilerinin belirlenmesi amacıyla, 2023-2024 yılları arasında Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkilerine ait polikarbon serada yürütülmüştür. Petunya tohumları torf: perlit: vermikulit (2:1:1) ortamında çimlendirilmiş, 5 gerçek yaprak oluşturduğunda ise, bahçe toprağı: torf: perlit (2:1:1) ortamı içeren saksılara şaşırtılmıştır. Şaşırtma öncesi fideler mikoriza (2.5 g/l), rizobakteri (50ml/l) ve mikoriza+rizobakteri (2.5 g/l+ 50ml/l) içeren solüsyonlara batırıldıktan sonra dikimleri gerçekleştirilmiştir. Kuraklık stresine yönelik bitkilere %100, %75, %50, %25 oranında kısıntılı sulama uygulanmıştır. Deneme bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve her tekerrürde 5 bitki kullanılmıştır.

Stres koşulları altındaki bitkilerin gelişme döneminde sera koşullarında (bitki boyu, yaprak sayısı, çiçek sayısı, petal uzunluğu, petal eni) ve söküm sonrası laboratuvar koşullarında (bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök uzunluğu) ölçüm ve gözlemler gerçekleştirilerek aralarındaki istatistiksel ilişkiler araştırılmıştır. Yapılan analizler sonucu, su stresi miktarı arttıkça incelenen tüm parametrelerde negatif yönde bir etki ortaya çıkmıştır. Mikoriza ve rizobakterinin ayrı ayrı ve birlikte kullanımları sonucunda ise bu olumsuz etki azalmıştır. Mikroorganizma uygulamaları ve kuraklık stresi interaksyonu, kök kuru madde ağırlığı hariç diğer parametrelerde istatistiksel olarak önemli etkiye sahip olup kuraklığa dayanım göstermede önemli bir uygulama olduklarını göstermiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Petunya, Mikoriza, Rizobakteri, Kısıntılı sulama, Abiyotik stres

**Recep Tayyip Erdogan University Institute of Graduate Studies**

**Department** : Horticulture

**Thesis Type** : Master's Thesis

**Supervisor** : Assoc. Prof. Dr. Ümmü Özgül KARAGÜZEL

**Author** : Mustafa KARACA

**Year** : 2024

**Pages** : 55

## **ABSTRACT**

### **EFFECTS OF MYCORRHIZA AND RHIZOBACTERIA TREATMENTS ON GROWTH AND QUALITY OF PETUNIA (*Petunia hybrida* L.) GROWN UNDER DROUGHT STRESS CONDITIONS**

The study was carried out between 2023 and 2024 in polycarbonate greenhouse of Recep Tayyip Erdoğan University Faculty of Agriculture Department of Horticulture to determine the effects of mycorrhiza and rhizobacteria applications against drought stress in Petunia (*Petunia hybrida* 'Super Cascade White'). Petunia seeds were germinated in peat: perlite: vermiculite (2:1:1) and when they formed 5 true leaves, they were transplanted into pots containing garden soil: peat: perlite (2:1:1). Seedlings were planted by dipping them in solutions containing mycorrhiza (2.5 g/l), rhizobacteria (50 ml/l) and mycorrhiza+rhizobacteria (2.5 g/l+50 ml/l) prior to transplanting. For drought stress, deficit irrigation was applied to the plants at the rates of 100%, 75%, 50% and 25%. The experiment was established according to the split plots experimental design with 3 replications and 5 plants were used in each replication.

Measurements and observations were carried out in greenhouse conditions (plant height, number of leaves, number of flowers, petal length, petal width) and in laboratory conditions (plant wet weight, plant dry weight, root wet weight, root dry weight, root length) during the growth period of plants under stress conditions and the statistical relationships between them were investigated. As a result of the analyses, as the amount of water stress increased, there was a negative effect on all parameters examined. This negative effect was reduced when mycorrhiza and rhizobacteria were used separately and combined. The interaction of microorganism treatments and drought stress had a statistically significant effect on all parameters except root dry matter content and showed that they were an important treatment in drought resistance.

**Keywords:** Petunia, Mycorrhiza, Rhizobacteria, Deficit irrigation, Stress



## KISALTMALAR VE SEMBOLLER

|                |   |                                                    |
|----------------|---|----------------------------------------------------|
| \$             | : | Dolar                                              |
| %              | : | Yüzde                                              |
| ±              | : | Artı veya eksi                                     |
| A.B.A.         | : | Absisik Asit                                       |
| AWs            | : | Her sulamada uygulanacak su miktarı (su kısıntısı) |
| cc             | : | Santimetre küp                                     |
| cm             | : | Santimetre                                         |
| dk.            | : | Dakika                                             |
| ERS            | : | Endomikoriza Roots Soluble (Mikoriza mantarı)      |
| g              | : | Gram                                               |
| kg             | : | Kilogram                                           |
| KSTK           | : | Kullanılabilir su tutma kapasitesi                 |
| L/l            | : | Litre                                              |
| m              | : | Metre                                              |
| M.S.           | : | Murashige ve Skoog                                 |
| m <sup>2</sup> | : | Metre kare                                         |
| ml             | : | Mililitre                                          |
| mm             | : | Milimetre                                          |
| oC             | : | Derece santigrat                                   |
| Ort            | : | Ortalama                                           |
| P              | : | Potasyum                                           |
| PGB            | : | Peptidoglikan bağlayıcı                            |
| PGPR           | : | Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler        |
| pH             | : | Hidrojen iyonu konsantrasyonu                      |
| Ps             | : | Su uygulama katsayısı                              |
| Pw             | : | Suyun yoğunluğu (1kg/L)                            |
| UV             | : | Ultraviyole                                        |
| vb             | : | Ve benzeri                                         |
| Wa             | : | Sulama öncesi saksı ağırlığı                       |
| Wfc            | : | Saksı tarla kapasitesi ağırlıkları                 |
| WT             | : | Ağırlık                                            |

## TABLÖLAR LİSTESİ

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tablo 1.</b> Çalışmanın yürütüldüğü seranın teknik özellikleri .....                                        | 22 |
| <b>Tablo 2.</b> Çalışmada kullanılan çeşidin katalog özellikleri.....                                          | 23 |
| <b>Tablo 3.</b> Denemede kullanılan sulama düzeyi ve sembolleri .....                                          | 27 |
| <b>Tablo 4.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların bitki boyu (cm) üzerine etkileri..                    | 32 |
| <b>Tablo 5.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların yaprak sayısı (adet) üzerine etkileri .....           | 33 |
| <b>Tablo 6.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların çiçek sayısı (adet) üzerine etkileri .....            | 35 |
| <b>Tablo 7.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların petal uzunluğu (cm) üzerine etkileri .....            | 36 |
| <b>Tablo 8.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların petal eni (cm) üzerine etkileri ....                  | 37 |
| <b>Tablo 9.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök uzunluğu (cm) üzerine etkileri .....              | 38 |
| <b>Tablo 10.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök yaş ağırlığı (gr) üzerine etkileri .....         | 39 |
| <b>Tablo 11.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök kuru madde ağırlığı (gr) üzerine etkileri .....  | 40 |
| <b>Tablo 12.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların bitki yaş ağırlığı (gr) üzerine etkileri .....       | 42 |
| <b>Tablo 13.</b> Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların bitki kuru madde ağırlığı (gr) üzerine etkileri..... | 43 |
| <b>Tablo 14.</b> Petunyada incelenen parametreler arasında elde edilen korelasyon katsayıları .....            | 45 |

## ŞEKİLLER LİSTESİ

- Şekil 1.** Petunya çeşitlerine ait çiçek tipleri (a) grandiflora (b) floribunda (c) milliflora (d) sürünücü/yayılıcı (e) multiflora (Kilgore, 2024)..... 4
- Şekil 2.** Petunya tür ve çeşitlerinin bitki büyüme özellikleri (A) Şehir peyzajında sepetlerde sıklıkla kullanılan bitkiler (Vienne, Fransa). (B,C) Güney Amerika'ya özgü iki doğal tür olan *Petunia axillaris* ve *P. inflata* (D–E-F) En popüler petunya çeşitleri. Mitchell, V26 ve W138 (G,H) W138 çeşidinin kompakt büyüme durumu (G) Genç bitkiler; (H) Çiçekli bitkiler; (I) Arabidopsis çiçeğinin yanında fotoğraflanan tek bir petunya başçığı (J) her biri yaklaşık 60-200 tohum içeren kuru meyveler (Vandenbussche vd., 2016) ..... 5
- Şekil 3.** Mikorizaların fonksiyonlarının şematik gösterimi (Kuila ve Ghos, 2022). . 10
- Şekil 4.** Rizobakteri ve mikorizaların bitkilerde stres mekanizması üzerine etkileri (Nadaem vd., 2014)..... 16
- Şekil 5.** Kuraklık stresine karşı bitkilerin bazı morfolojik, anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri (Hanaka vd., 2021)..... 17
- Şekil 6.** Yabani petunya çeşidi (Mirage rose) ile Phaco 1 (91-1 ve 36-4) ve Phaco 3 (14-10 ve 32-15) petunya mutantlarının A. kuraklık öncesi B. kuraklık sonrası gelişme durumları ..... 19
- Şekil 7.** Kuraklık stresinden sonra transgenik petunya bitkilerinin geri kazanım durumları. 14 gün sulanmayan genç (10 günlük) yabani petunya ve transgenik petunya bitkilerinin (AtP5CS ve OsP5CS) sulamadan 7 gün sonraki geri kazanımda canlılık yüzdeleri. (Rakamlar geri kazanım bitkilerinin yaşama yüzdelerini WT: yabani petunya bitkisini göstermektedir)..... 20
- Şekil 8.** Petunyalarda kontrol bitkileri ile rd29A geni aktarılan bitkilerin kuraklık stresine dayanıklılıkları ..... 20
- Şekil 9.** Çalışmanın yürütüldüğü polikarbon seranın görünümü..... 22
- Şekil 10.** Çalışmada kullanılan peletlenmiş petunya (*Petunia hybrida* ‘Supercascade White’) tohumları (a) ve çiçeklerine ait görseller (b) ..... 23
- Şekil 11.** Çalışmada kullanılan Mikoriza mantarı (a) ve Rizobakteriye (b) ait görseller ..... 24
- Şekil 12.** Harç hazırlığı ve tohum ekimi..... 24

|                                                                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 13.</b> Tohumların çimlenme aşaması .....                                                             | 25 |
| <b>Şekil 14.</b> Mikoriza ve rizobakteri solüsyonu hazırlıkları .....                                          | 25 |
| <b>Şekil 15.</b> Su içerisinde bekletilip kurutulan fideler (a) fidelerin solüsyonlarda bekletilmesi (b) ..... | 26 |
| <b>Şekil 16.</b> Saksı harcının hazırlanması.....                                                              | 26 |
| <b>Şekil 17.</b> Uygulama yapılan fidelerin saksılara şaşırtılması.....                                        | 27 |
| <b>Şekil 18.</b> Kısıntılı sulama uygulamasından genel görünüm .....                                           | 28 |
| <b>Şekil 19.</b> Köklerin temizlenmesi ve yıkanması .....                                                      | 30 |
| <b>Şekil 20.</b> Köklerin kaba kurutma kâğıdıyla kurutulması ve hassas teraziyle ölçülmesi .....               | 30 |
| <b>Şekil 21.</b> Etüvde kurutulması ve kuru ağırlıklarının ölçülmesi .....                                     | 30 |
| <b>Şekil 22.</b> Bitki kök uzunluğu ölçümleri.....                                                             | 39 |

## GİRİŞ

Çiçekler, tarih boyunca sevgi ve güzelliği ifade etmiştir. Günümüzde ise hızlı nüfus artışı, plansız kentleşme ve endüstrileşme, var olan açık ve yeşil alanların hızla tükenmesine, insanların doğaya olan özleminin giderek artmasına neden olmuştur. İnsanların doğaya olan özlemlerini gidermek ve çevreye estetiklik, canlılık ve işlevsellik kazandırmak için dış mekânlarda amaca uygun peyzaj düzenlenmelerinin yapılması önem arz etmektedir (Saygılı ve Şirin, 2010). Süs bitkileri, peyzaj düzenleme çalışmalarının en önemli unsurlarından birisidir. Süs bitkilerinin ticari olarak üretimi yirminci yüzyılın başlarında değer kazanmış ve günümüzde birçok ülkede, ekonomisine katkı bakımından süs bitkisi üretimi, bir sektör haline gelmiştir (Akgül, 2022).

Dünyada dış ve iç mekanların düzenlenmesinde en çok tercih edilen süs bitkileri arasında Petunya (*Petunia hybrida* L.) yer almaktadır. Çiçek ve yaprak güzelliği ile saksı ve sepetlerde salon, oda gibi kapalı; balkon, teras gibi yarı açık; avlu, meydan, havuz başı, yol kenarı gibi tam açık alanlarda kullanılan dekoratif çiçek türlerinden birisidir. Hemen hemen her türlü iklim koşullarına uyum sağlamışlardır. Ilıman iklimlerde çok yıllık bitki olarak, sıcak bölgelerde ise tek yıllık olarak yetiştirilirler (Chamani vd., 2008). Dünya süs bitkileri sektöründe iç ve dış mekân süs bitkilerini içine alan ve ihracat hacminin % 48'ini oluşturan canlı bitkiler grubunda yer almaktadır (Anonim, 2023). ABD'de 2018 yılı verilerine göre 142 milyon \$'lık satış değeri ile en önemli bitkilerden birisidir (Tran vd., 2024). Pazarda çok sayıda (Grandiflora, Multiflora, Milliflora, Waves, Hedgifloras, vb.) seri ve çeşitleri bulunmakta olup, tohumla ve vejetatif olarak çoğaltılmaktadırlar (Griesbach, 2007). Ülkemizde petunya tohumlarının tamamı yurt dışından ithal edilmekte ve üretimleri yapıldıktan sonra özellikle birçok belediye tarafından saksı ve peyzaj düzenlemelerinde oldukça fazla miktarda kullanılmaktadırlar.

*Petunia hybrida* L., çiçeklenme döneminde su kıtlığına karşı yüksek hassasiyet göstermektedir (Tran vd., 2024). Bitkiler genellikle en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi olan kuraklık stresine karşı, büyümeyi yavaşlatarak ve çiçeklerini geciktirerek tepki vermektedirler. Kısıntılı sulama, bitkilerin belirli süre veya tüm büyüme mevsimi boyunca kuraklık stresine maruz kaldığı bir tarımsal su yönetimi

stratejisi olarak bilinmektedir. Bitkilerde kuraklık stresi morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal birçok değişikliğe neden olur (Dere, 2021; Topcu vd., 2007). Kuraklık stresinin olumsuz etkisini azaltmak için yapılan çalışmalar, kullanılan yöntem ve uygulamalar önem arz etmektedir. Ancak su stresine karşı petunya’da yapılan çalışmalar oldukça sınırlıdır (Tran vd., 2024). Bunun yanında mikorizanın daha etkin su kullanımı için hipleri aracılığı ile bitkiye kökün ulaşamadığı alanlardan su temin ederek bitkinin su stresine dayanıklılığını arttırdığı rapor edilmiştir (Demirel, 2019. Drüge ve Schönbeck, 1992). Bitkilerin köklerinde gelişen ve kolonize olan Rhizobakteriler de su stresinden etkilenirler. *Acetobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Pseudomonas* ve *Rhizobium* gibi bakteri türlerinin bitki büyümesini teşvik edici bakteriler (PGPB) olduğu bilinmektedir (Forchetti vd., 2010).

Aynı zamanda son yıllarda tüm dünyayı etkileyen küresel iklim değişikliği nedeniyle dünyanın birçok bölgelerinde kuraklık dönemlerinin görülme sıklığı artmış, suyun sınırlı olduğu koşullar altında bitki büyümesinin iyileştirilmesi, tüm bitki yetiştiricileri için en zorunlu durum haline gelmiştir.

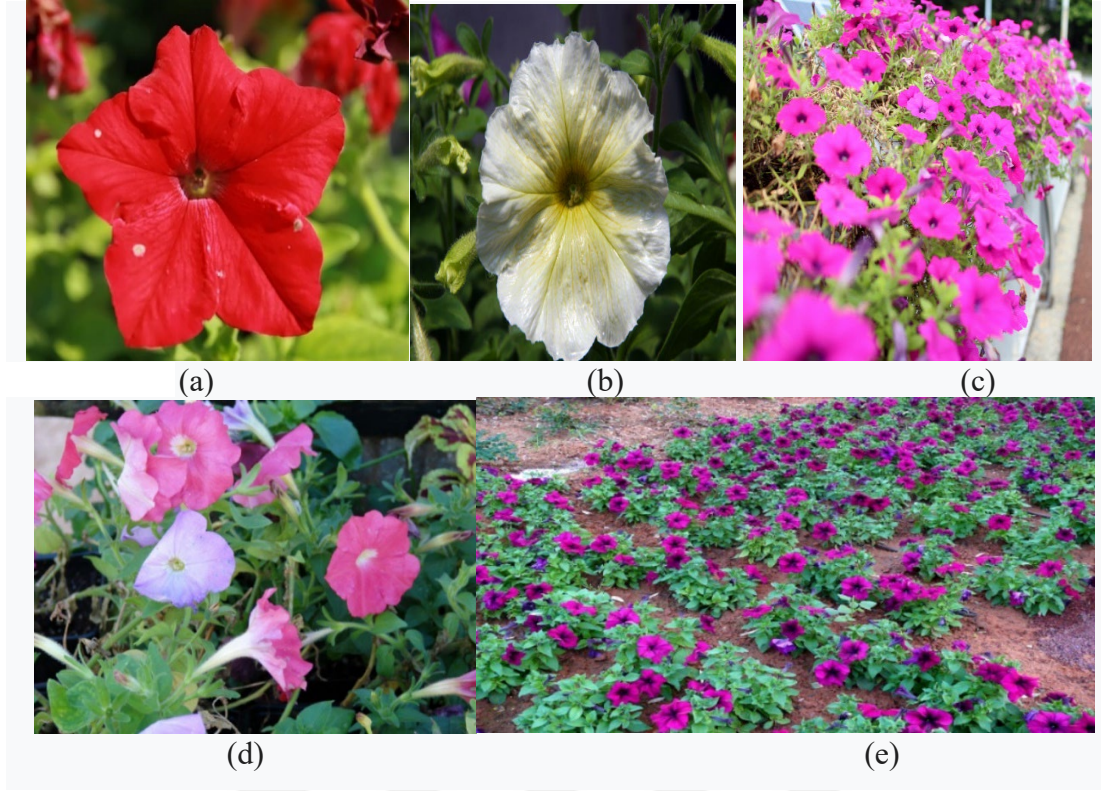
Yukarıda bildirilen bilgiler ışığında bu çalışma, dünyada ve ülkemizde süs bitkileri içerisinde yüksek ticari değere sahip olan petunya’da kuraklık stresine karşı mikoriza ve rizobakteri uygulamalarının etkisini araştırmak amacıyla yürütülmüştür.

## 1. LİTERATÜR TARAMASI

### 1.1. Petunya ile ilgili Genel Bilgiler

Petunya'nın geçmişi 19. yüzyılın ilk yıllarına kadar uzanmaktadır. Petunya cinsi, domates ve tütün ile aynı familyadan olan Solanaceae familyasında yer almaktadır. Güney Amerika'nın ılıman ve subtropikal bölgelerinde doğal olarak yetişmekte ve 35 doğal tür içermektedir (Sink, 1984; Stehmann vd., 2009; Anonymous, 2024; Firdous vd., 2023). En çok bilinen türü, *P. integrifolia* ve *P. axillaris* arasında melezlemeyle sonuçlanan *Petunia hybrida*'dır (Bombarely vd., 2016).

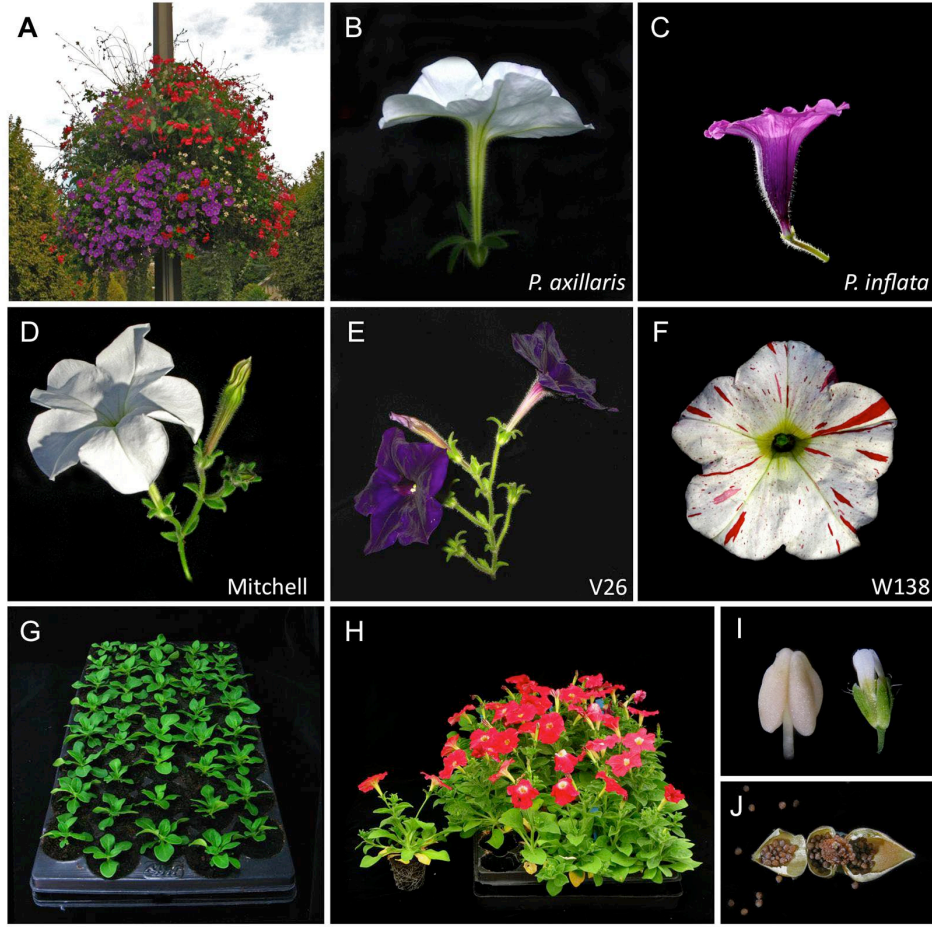
Petunya çeşitlerinin büyüme ve çiçeklenme karakterlerine göre yakın zamana kadar sadece iki tipi bulunmaktaydı (grandiflora ve multiflora) (Dole ve Wilkins, 2004). Daha sonra floribunda, milliflora, sürünücü/yayılıcı tipleri geliştirilmiştir. Grandiflora tipi az sayıda açık çiçekli, daha büyük yapraklı kompakt bitkiler oluşturur ve en büyük çiçeklere sahiptir. Ancak nemli ve sıcak iklimlerde pek başarılı olamazlar. Grandiflora çiçek tipinde pembe, gül, somon ve kırmızı renkler en popüler olanlarıdır (Şekil 1.a). Floribunda tipi çiçekler daha orta büyüklükte çiçeklere sahiptir ve grandiflora tiplerine göre daha fazla çiçek üretme eğilimindedirler (Şekil 1.b). Multiflora tiplerinin çiçekleri hem grandiflora hem de floribunda'dan daha küçüktür, ancak diğer iki çeşitten daha fazla çiçek üretirler. Çok sayıda küçük çiçekli, geniş dallı, küçük yapraklı bitkiler oluşturmaktadırlar. Özellikle nemli koşulların olduğu bir bölgede, bu grup çiçekler diğer iki gruptan daha iyi sonuç vermektedir (Şekil 1.c). Başlangıçta multiflora tipi hybrida olarak isimlendirilmekteydi. Milliflora tipi çiçeklerin çapı beş santimden daha küçüktür. Ancak çiçekleri oldukça fazladır ve uzun süre dayanır (Şekil 1.d). Sürünücü/yayılıcı tipleri yere doğru gelişen, yayılan özelliklere sahiptir (Şekil 1.e) (Bose T.K. vd., 2021).



**Şekil 1.** Petunya çeşitlerine ait çiçek tipleri (a) grandiflora (b) floribunda (c) milliflora (d) sürünücü/yayılıcı (e) multiflora (Kilgore, 2024).

Petunya çeşitlerine ait çiçekler trompet şeklinde, büyük veya küçük, fırfırlı ya da saçaklı, tek veya çift olabilir. İlkbahardan donların görüldüğü zamana kadar çiçek açarlar. Özellikle beyaz ve mor renk çeşitleri çok tatlı bir kokuya sahiptir. Petunyanın yaprakları oval şekilli ve pürüzsüzdür. Gelişmiş bir petunya bitkisinde yaprak boyutu 5 cm ila 10 cm arasında değişir, yaprakların merkezi bir sapı yoktur, bu nedenle yapraklar sapsızdır (Sabitha vd., 2009; Petruzzello, 2024). Petunya tür ve çeşitlerinin bitki büyüme özelliklerine ait görseller Şekil 2. 'de verilmiştir (Vandenbussche vd., 2016).





**Şekil 2.** Petunya tür ve çeşitlerinin bitki büyüme özellikleri (A) Şehir peyzajında sepetlerde sıklıkla kullanılan bitkiler (Vienne, Fransa). (B,C) Güney Amerika'ya özgü iki doğal tür olan *Petunia axillaris* ve *P. inflata* (D–E–F) En popüler petunya çeşitleri. Mitchell, V26 ve W138 (G,H) W138 çeşidinin kompakt büyüme durumu (G) Genç bitkiler; (H) Çiçekli bitkiler; (I) Arabidopsis çiçeğinin yanında fotoğraflanan tek bir petunya başçığı (J) her biri yaklaşık 60-200 tohum içeren kuru meyveler (Vandenbussche vd., 2016)

Petunya fakültatif (zorunlu olmayan) uzun gün bitkisi. Ancak petunya ‘Wave purple’ çeşidi obligatif (zorunlu) uzun gün bitkisi olarak tanımlanmıştır. Genellikle, ışık seviyelerinin düşük ve fotoperiyodun kısa olduğu kuzey iklimlerinde, çiçeklenmeyi teşvik etmek için kış sonu ve ilkbahar aylarının başında üretilirler (Warner, 2010). Petunya’nın büyümesi hızlıdır. 16 saatlik uzun gün koşullarında ve 23-35 °C sıcaklıklarda bitki iyi uyum sağlar. Soğuklar çiçeklenmenin gecikmesine neden olabilir. (Deborah ve Kristine, 2018).

## 1.2. Sulama ve Su Kısıtı

Yaşamın varlığı ve sürekliliği için özel bir öneme sahip olan suyun, insan ve insanın şekillendirdiği, inşa ettiği mekânlar üzerinde, her dönemde farklı öncelikleri konusunda belirleyici bir etkisi mevcuttur (Hattapoğlu, 2004). Geçmişten günümüze su, insan hayatının temel elemanlarından birisidir. Bu bağlamda su kenarları çoğunlukla yerleşke seçimlerinde önemlidir (Evyapan ve Tokol, 2000). Suyun doğal çevreyi biçimlendirici özelliği, canlıların hayatına etkileri, onu yaşam alanının en önemli bileşeni yapar (Karakaya, 2021). Suyun toprağa girişi ya doğal yağışlarla ya da sulama ile sağlanmaktadır. Sulama, bitki tarafından ihtiyaç duyulan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun değişik yöntemlerle toprağa verilmesi biçiminde tanımlanmaktadır (Hancıoğlu, 2012). Kuraklığın daha belirgin olduğu alanlarda tarımsal üretimdeki artışın fazla olmasını sağlayan en büyük faktör sulamadır. Su, bitkinin ihtiyacı olan nemi sağlayarak verimin yüksek olmasını sağlamaktadır. Tarımsal üretim alanlarında su eksikliği, toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen ve bitkisel verimi kısıtlayan en önemli faktörlerden birisidir. Bitkiler yaşamlarını devam ettirirken topraktan kendileri için gerekli olan besin elementlerini kökleri aracılığıyla almaktadır. Bitkilerin bu elementlerden faydalanabilmeleri için, toprak içinde bulunan uygun nem düzeyleri ile doğrusal ilişki bulunmaktadır (Kılınç, 2011). Gelişme mevsimi boyunca bitki kök bölgesinde yeterli nemin bulunması bitki gelişimi açısından çok önemlidir. Bu nemi sağlayan kaynaklardan ilki doğal yağışlardır. Nemli bölgelerde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışların miktarı ve dağılımı genellikle bitki su ihtiyacını karşılayacak düzeydedir. Ancak, kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde bitki büyüme mevsimi boyunca düşen yağışlar hem miktar hem de dağılım açısından yetersiz kalmakta ve bitki su ihtiyacı karşılanamamaktadır. Dolayısıyla, bitki kök bölgesindeki eksik nem, sulama suyu ile tamamlanmaktadır (Gürgülü ve Ul, 2017). Sulama suyu, sıcak ve kurak yaz dönemlerinde bitkisel üretimde en önemli kısıtlayıcı faktörlerden biri olmaktadır. Bitkisel üretimde yüksek verim alınması için, bitkiler için mutlak gerekli suyun en iyi şekilde kullanımının sağlanması gerekir. Bu, farklı gelişme koşullarında suyun bitki gelişimi ve verimi üzerine etkisinin yeterince anlaşılmasıyla mümkün olabilir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Mevcut sulama suyunun kısıtlı oluşu, sulama yönteminde köklü değişimler yapılmasını veya sudan tasarruf etme yöntemlerinin uygulanmasını gerektirmektedir.

Bazen, elde bulunan su kaynağı, olağan koşullarda hizmet götürülebilecek alana yeterli olmayabilir. Bu gibi durumlarda birim sudan en yüksek gelirin elde edilmesini amaçlayan kısıntılı sulama gibi bazı uygulamalara gidilmektedir. Kısıntılı sulamada olağandan daha az su uygulanarak, aynı miktardaki su ile daha fazla alanın sulanması sağlanır. Kısıntılı sulama düzeylerinin düşürülmesi, sulama aralıklarının artırılarak sulama sayılarının azaltılması, bazı sulamaların terk edilmesi, düşük verim düzeyine sahip alanlar sulama dışı bırakılıp suyun diğer alanlara kaydırılması gibi değişik uygulamaları içermektedir. Kısıntılı sulama yönetimine ilişkin uygulamaların belirlenmesi ve değerlendirilmesinde, su eksikliğinin bitkilerde oluşturduğu strese karşı verimde meydana gelen tepkiyi tanımlayan su-verim fonksiyonları büyük önem taşırlar.

Bitkiler tarla kapasitesiyle solma noktası arasındaki toprak neminden istifade edebilmektedirler. Serbest drenaj koşullarında, yoğun sulama veya yağış sonrasında, topraktan fazla su kök bölgesi altına sızmakta ve toprak tarla kapasitesine erişmektedir. Tarla kapasitesindeki nem, hem bitki transpirasyonu hem de toprak yüzeyinden buharlaşmayla azalmakta ve solma noktasına doğru yaklaşmaktadır. Solma noktasına doğru yaklaştıkça topraktaki nem azalmasından dolayı toprak tanecikleri tarafından su daha kuvvetle tutulmakta ve bitkilerin su alımı gittikçe güçleşmektedir. Tarla kapasitesi ile solma noktası arasında belirli bir eşik nem düzeyi aşıldığında bitkiler su alımında zorlanmaktadır. Bu durumda bitkiler, büyümeleri için harcamaları gerekli enerjiyi su alımı için sarf etmekte ve dolayısıyla verimde azalmalar meydana gelmektedir. Söz konusu eşik nem düzeyi bitkilerin suya duyarlılıklarına göre değişiklik göstermektedir. Verimli ve kaliteli bir yetiştiricilik için sulamalar, toprak nem düzeyi söz konusu eşik değeri altına düşmeden yapılmalıdır (Hancıoğlu, 2012).

### **1.3. Bitkilerde Kuraklık Stresi**

Kuraklık; büyümeyi ve verimi etkileyen en önemli çevresel faktörlerdendir (Asraf vd 2002, Gong vd 2005, Martinez vd 2007, Sankar vd 2008). Fotosentez, solunum, su ve besin elementlerinin alımını, enzimatik faaliyetler, organik madde metabolizması ve stres proteinlerini, transkripsiyon faktörlerini kodlayan genlerin baskılanmasını genetik ve moleküler düzeyde, karmaşık bazı fizyolojik, biyokimyasal ve metabolik faaliyetleri etkileyerek onların sınırlı koşullara adapte olmasını

sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirmesine de sebep olmaktadır (Hancıoğlu, 2012).

Kuraklık stresi şartlarında toprağın su potansiyeli azalarak ozmotik stres oluşmakta, dolayısıyla bitki topraktan besin alamadığı için gelişmesi yavaşlamaktadır (Abdel-Salam vd., 2018).

Kuraklık, ağır (akut), sürekli (kronik) ve fizyolojik kuraklık olmak üzere üçe ayrılmaktadır. Akut kuraklık; sıcaklıkta meydana gelen artış ve nemde hızlı bir düşüş neticesi bitkilerde hızlı bir şekilde oluşan su kayıplarıdır. Bu tip atmosferik değişikliklerle, transpirasyon oranı artmakta ve akut kuraklık sonucunda bitkilerin genç ve yaşlı yapraklarında solma, sürgün uçlarında kuruma, verimde azalma ve büyümede yavaşlama gibi belirtiler ortaya çıkmaktadır. Kuraklığın en erken belirtisi solgunluktur. Solma noktası aşılmadığı sürece, bitkiye su verildiğinde solgunluk belirtileri ortaya çıkmaz. Kronik kuraklık; toprakta taban suyunun düşmesi sonucu görülür. Sürekli kuraklık etkisinde kalan bitkilerde önce solgunluk ve ilerleyen dönemlerde ise kuruma görülmektedir. Toprakta yeterli su varlığına karşın, çeşitli nedenlerle bitkinin sudan yararlanamaması, fizyolojik kuraklık olarak tanımlanmaktadır. Toprakta yeterli miktarda su bulunmasına rağmen, toprağın su tutma kapasitesinin, bitkinin suyu emme kuvvetinden 9 kat daha fazla olması durumunda bitkiler suyu alamayarak kuraklık stresine girmektedirler (Hancıoğlu, 2012).

Bitkilerde fotosentezin engellenmesi sonucunda klorofil içeriği ve bileşenlerinde çeşitli değişmelere sebep olmakta ayrıca bitkideki fotosentetik düzeyde de birtakım zararlanmalar meydana getirmektedir. Kuraklık stresinin ortaya çıkması durumunda, turgor kaybı nedeniyle hücre büyümesi ve dolayısıyla hücre çeperinin sentezi olumsuz yönde etkilenmekte ve hücreler küçük kalmaktadır. Yani kuraklık stresinin bitki hacmini azaltıcı etkisinin olduğu görülmektedir. Stres durumunda tohumların çimlenme yetenekleri yok olmakta, fotosentez ve solunum yavaşlamakta ya da tamamen durmaktadır. Çünkü hücre büyümesindeki gerileme yaprak alanının azalmasına yol açmakta ve bu nedenle fotosentez üretiminde de düşüş meydana gelmektedir. Yeterli miktarda suyun bulunmaması, ksilem ve floemde madde iletiminin olumsuz etkilenmesine, meyvelerin küçük kalmasına, tahıllarda ise tohumların dolgunlaşamamasına ve böylelikle ürün kalitesinin de düşmesine neden

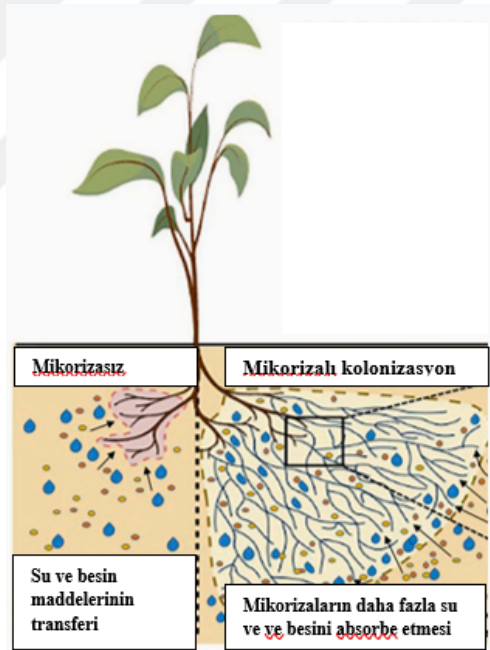
olmaktadır. Bitki kök ve gövde gelişimi, kuraklık stresi uzun süre devam ettiğinde durmakta, bazı yapraklar sarararak, yaprak alanı ve yaprak sayısı azalmaktadır. (Hancıoğlu, 2012; Dere, 2021).

Yakın zamanda küresel ısınmanın ortaya çıkmasıyla birlikte, sıcaklık stresinin bitki üretimini sınırlandırması önemli bir endişe kaynağı halini almıştır. Bu nedenle dünya çapında abiyotik stresle başa çıkmak amacıyla kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi, üretim takvimlerinin değiştirilmesi ve kaynak yönetimi gibi stratejilerin geliştirilmesi için kapsamlı araştırmalar yürütülmektedir (Venkateswarlu ve Shanker, 2009). Bu stratejilerden birisi olan mikorizaların kullanımı maliyetli olsa da, son araştırmalar mikroorganizmaların, bitkilerin abiyotik streslerle başa çıkmasına yardımcı olabileceğini göstermektedir (Grover vd., 2011).

#### **1.4. Mikorizal Mantarların Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar**

Mikoriza kelimesi kök mantarı anlamındadır. Mikoriza, bitki kökleri ve mantarlar arasındaki simbiyotik bir ilişki oluşturmaktadır. İki farklı oluşumun birleşerek bitkinin mantarı, mantarın da bitkiyi beslediği tek bir morfolojik organ olarak tanımlanmaktadır. Bazı orman ağaçları ile bazı meyve ağaçlarında “Ektomikoriza” tipi bir simbiyotik yaşam görülürken, hemen hemen tüm kültür bitkilerinde ve diğer meyve ağaçlarında “Endomikoriza” tipi simbiyotik yaşam görülmektedir. En geniş gruba sahip olan Endomikorizaların en çok bilineni Arbusküler Mikoriza (AM)’dir (Çelik vd., 2019). Arbusküler mikoriza tarımsal topraklarda en yaygın bulunan mantarlardır. Birçok tarımsal ürünlerde ve ağaç türleri de dahil olmak üzere bitkilerin yaklaşık %80’inde bu karşılıklı ilişki bulunmaktadır. Bu mantarlar kök korteks hücrelerine nüfuz eder ve mantar ile konukçu bitkinin sitoplazması arasında metabolit alışveriş ile arbuskül adı verilen özel bir lif benzeri yapı oluştururlar. AM fungal hifleri ayrıca toprakta da çoğalır, bu da bitkilerin topraktaki mineral besin maddeleri ve su, ayrıca toprak yapısının iyileştirilmesine katkıda bulunur (Nadaem vd., 2014). Yakın zamana kadar toprakta alınabilirliği yavaş olan besin elementlerinin alımının yalnızca bitki kökleri tarafından sağlandığı kabul görmüş iken, yürütülen çalışmalarda bitki besin elementlerinin alımının, köklerin yanı sıra mikoriza olarak adlandırılan ve mikroskopla teşhis edilen, birim cm kök başına

yüzlerce metre uzunluğunda hif üreten bazı mantar türleri tarafından da olduğu ortaya konulmuştur (Koide, 1991; Ortaş, 1997; Smith ve Read, 1997). Mikorizal mantarlar, bitkilerin topraktan daha fazla su ve besin maddesi alımını sağlamaktadırlar (Çelik vd., 2019). Kökteki, rizosferdeki ve topraktaki mikroorganizmalar ile ilişki içindedir. Bu ilişkiler bazen engelleyici bazen teşvik edici olabilmektedir. Aralarında bazı durumlarda rekabet, bazı durumlarda karşılıklı ilişki bulunmaktadır. Mikoriza bitki köklerini etkili bir şekilde infekte ettiği zaman bitkiye daha fazla besin ve su taşımaktadır. Mikoriza, oluşturduğu uzun ve ince hifleri vasıtası ile bitki köklerinin bir uzantısı gibi işlev kazanmaktadır. Böylece daha derinlere ulaşma ve daha çok yüzey alanı kapsama suretiyle toprakta daha çok bitki kökü için temas yüzeyi sağlamaktadır. Böylece bitkinin topraktan daha fazla su ve mineral maddeyi etkin bir şekilde kullanmasını sağlamaktadır. Bu bağlamda, mikoriza uygulaması bitki kuru madde verimini arttırmayı sağlamaktadır (Şekil 3).



**Şekil 3.** Mikorizaların fonksiyonlarının şematik gösterimi (Kuila ve Ghos, 2022).

Bununla birlikte, toplam yaprak alanının artması, çiçeklenmenin başlama süresinin kısılması, toplam çiçeklenme süresinin artması, üretilen çiçek sayısı ve meyve tutan çiçek oranının artması, meyve başına tohum sayısının artması gibi bitki kalitesi üzerine de faydası olduğu, ayrıca mikorizal uygulama yapılmış bitkilerin tohumlarının N ve P içeriğinin daha yüksek olduğu görülmüştür (Lu ve Koide, 1994).

Mikorizaların, fosfor bakımından fakir topraklarda yetişen birçok üründe, başta fosfor ve biyokütle birikimi olmak üzere besin alımını artırır ve etkili olduğu bilinmektedir (Mohammadi, 2011). Mikoriza ve infekte olmuş bitki kökleri, rizosfer pH' sını değiştirerek P ve diğer besin elementlerinin alımını (N, K, Mg, Cu ve Zn) arttırmaktadır (Bolat, 2006; Ghorchiani vd., 2018; Nadaem vd., 2014).

Bunların yanında mikorizanın daha etkin su kullanımı için hifleri aracılığı ile ya da kök büyümesi sonucu oluşan kılcal kök ile bitkiye kökün ulaşamadığı alanlardan su temin ederek bitkinin kuraklığa karşı dayanıklılığını artırdığı bildirilmektedir (Drüge ve Schönbeck, 1992; Çelik vd., 2019).

Mikorizaya bağımlılığın belirlenmesi, bu bağımlılığın hem ıslah programlarında hem de kültürel uygulamalarda kullanılması, artan çevre kirliliği ve ekolojik dengeler bakımından önem arz etmektedir. Dolayısıyla mikoriza-bitki beslenmesinin küresel iklim faktörlerine karşı önemli bir faktör olarak bilimsel çalışmalarda yerini alabileceği belirtilmiştir (Pınar, 2009). Kuila ve Ghosh (2022) mikorizal mantarların, bitkinin alkalilik streslerine karşı toleransını arttırdığını ve bitki büyümesini kısıtlayan düşük pH'lı asidik toprakta stresi hafiflettiğini bildirmişlerdir.

Suyun sınırlı olduğu ortamlarda bitkide absisik asit miktarı artmakta ve stomaları kapatarak kuraklık stresine karşı mekanizma geliştirmektedir. Mikorizal mantarların daha fazla absisik asit içeriğine sahip olduğu ve bu nedenle kuraklık koşullarında bitki büyümesi ve gelişmesi üzerinde olumlu etkisi olduğu görülmüştür AM mantarlarının tuzluluk toleransını artırdığı da gözlemlenmiştir (Nadaem vd., 2014).

Yine mikorizal fungusların hastalıklara karşı etkileri, mikorizal fungusların köke nüfuz etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşikler ile sitokinin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olduğu yönünde görüş bildirilmektedir (Çelik vd., 2019).

Kuraklık stresi altında, bitkinin su alımında azalma meydana gelir. Bu su alımının azalması azot ve karbon metabolizmasını azaltır. Mikorizal mantarların kurak koşullarda azot miktarını arttırdığı ve bitkilerin su eksikliği ortamında suyu daha verimli bir şekilde emerek kök bölgesinde modifikasyon yaratarak çok sayıda dallanma ve kök büyümesine yol açtığı düşünülmektedir (Nadaem vd., 2014).



Mikorizal mantarlar aynı zamanda çiçekçilik sektöründe büyük bir paya sahip olan kesme çiçeklerde vazo ömrünün uzatılmasını sağlamaktadır (Olgaç vd., 2022).

Asrar vd. (2012), aslanağzı bitkisinde arbusküler mikorizal mantar uygulayarak normal sulama koşullarında ve su stresi altında büyüme, çiçek verimi ve su ilişkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonunda mikoriza uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde kuraklık stresi altında kök ve sürgün kuru ağırlığı, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, kök çapı ve yaprak alanı değerlerinin normal sulama koşullarındakilerden daha düşük olduğu belirlenmiştir. Mikoriza uygulanmayan bitkilerde uygulananlara göre daha az büyüme meydana geldiği bildirilmiştir. Kuraklık stresi koşullarında, mikoriza uygulanan aslanağzı bitkilerinin mikoriza uygulanmayanlara göre önemli ölçüde daha yüksek değerlerde kök ve sürgün kuru ağırlığına, yaprak sayısı ve alanına, kök çapına, sürgün uzunluğuna, klorofil içeriğine, N, P, K, Ca, Mg elementlerine ve yaprak su potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kuraklık stresi altındaki aslanağzı bitkilerinde normal sulama koşullarındaki bitkilere göre daha düşük oranda mikorizal kolonizasyon olduğu; mikorizal kolonizasyonun aslanağzı bitkisini kuraklık stresinin etkilerinden koruduğu görülmüştür.

Güney Afrika'da yaygın olarak yetiştirilen 4 farklı süs bitkisi türü (*Petunia hybrida*, *Dianthus chienensis barbatus*, *Impatiens walleriana*, *Viola x wittrockiana*)'nde arbusküler mikoriza'nın bitki büyümesi üzerine etkilerinin araştırıldığı bir çalışmada, tüm bitkilerde bitki boyunda farklı sonuçlar görülmüştür. Mikoriza aşılanmış bitkilerde *Dianthus* ve *Impatiens* bitkilerinin bitki uzunluğu % 6-7 oranında artmıştır. *Viola* bitkisinin bitki uzunluğu 30. günde % 30 oranında artmış, ancak 90. günde kademeli olarak % 13 oranında azalmıştır. Mikoriza, petunya üzerinde en az etkiye sahip olmuş ve inoküle edilmiş ve inoküle edilmemiş bitkiler arasında bitki uzunluğunda hiçbir fark göstermemiştir. Çiçek sayısı bakımından mikoriza uygulamaları tüm türlerde de önemli bir etki göstermemiştir. Sürgün ve kök ağırlık oranları bakımından mikoriza aşılanmış ve aşılanmamış bitki grupları arasında sürgün/kök oranları farklılık göstermiştir. Aşılanan *Dianthus* ve *Impatiens* bitkilerinin oranları, aşılanmamış bitkilerle karşılaştırıldığında önemli ölçüde azalmıştır (sırasıyla %30,8 ve %24,8). Ancak *Petunia* ve *Viola*'da aşılanmış bitkilerde sürgün/ kök oranı aşılanmamış bitkilere kıyasla artmış ve özellikle *Petunia*'da önemli bir artış (%19,3) kaydedilmiştir (Gouveia, 2016).



### 1.5. Rizobakterilerin Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar

Su stresinde bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGBR), bitkinin hayatta kalmasını sağlayan yaygın endofitik bakterilerdir. Bunlar genellikle rizosferde (kök ya da onu çevreleyen birkaç cm'lik kısım) veya kök üzerinde bulunan bir grup mikroorganizmalardır. Rizobakteriler (PGPR -plant growth promoting rhizobacteria), hem sinerjistik hem de yakın çevrede yaşayan mikroorganizma ile antagonist etkileşim göstererek bitkiye olumlu etki etmektedirler.

*Acetobacter*, *Achromobacter*, *Azotobacter*, *Azospirillum*, *Bacillus*, *Burkholderia*, *Herbaspirillum*, *Rhizobium*, *Pseudomonas* ve *Enterobacter* gibi bakterileri içeren farklı PGPB, bitki büyümesi ve metabolizması üzerindeki yararlı etkilerinden dolayı stres koşulları altında kullanılmaktadırlar (Kohler vd.,2008). Kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmek için bitkilere bakteri aşılmasının yapılmasının su stresi nedeniyle oluşan verim kayıplarını azaltacağı ve su stresine toleransı arttıracığı yapılan çalışmalarda bildirilmiştir (Forchetti vd., 2010; Nadaem vd., 2014; Dere, 2021).

Rizobakteriler oksin üretimini teşvik ederler (Şekil 2.6.1), ancak oksinin konsantrasyonu önemlidir. Düşük konsantrasyonlarda rizobakteri uygulamasının bitki büyümesini arttırdığı, yüksek konsantrasyonlarda ise kök büyümesini engellediği bildirilmektedir (Nadaem vd., 2014).

Etilen düşük konsantrasyonda bitki büyümesini artıran bir fitohormondur. Genellikle stres koşulları altında etilen biyosentezinin öncüsü olan karboksilik asit (1-aminosiklopropan-1-karboksilik asit) in artması ile etilen seviyesi yükselir. Karboksilik asitin bitki büyümesi üzerinde özellikle kök üzerinde olumsuz etkiye neden olduğu düşünülmektedir. Rizobakteriler etilen seviyesinin düşüren ana mekanizmalardan birisidir (Şekil 2.6.1). Rizobakteriler karboksilik asiti amonyak ve  $\alpha$ -ketobütirata parçalayabilir. Karboksilik asit seviyesindeki bu azalma, kök çevresindeki etilen konsantrasyonunun azalmasıyla sonuçlanır, bu da kök büyümesinin desteklenmesine yardımcı olur (Nadaem vd., 2014).

Rizobakterilerin bir diğer mekanizması, konukçu bitkinin hassasiyetini azaltır ve hastalıklara karşı sistemik olarak direncini artırır (Nadaem vd., 2014).

Bakteriyel, fungal hastalıklar ile nematod zararlarını engelleyerek, viral hastalıkların gelişimini inhibe ederler (Akhtar ve Sıddiqui, 2010).

*Pseudomonas* türlerinin dünyada en önemli biyo-aşılایıcılar ve en etkili fosfat çözücü bakteriler olarak bilindiğı ve kuraklık stresi gibi bazı çevresel streslere karşı toleransları yanında topraktaki mevcut fosforu (P) arttırarak fosforlu gübre uygulamasını azalttığı, çevre kirliliğini en aza indiren yararlı biyo-gübre olduğu, sürdürülebilir tarımı teşvik ettiği bildirilmektedir (Ghorchiani vd., 2018)

Bazı süs bitkilerinin gelişimi üzerine olumlu etkisi bulunan bakteriler; *Rosa canina*'da; *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas flourescens* bakterilerinin kullanımı en yüksek köklenme oranını oluşturmaktadır (Kınık 2014). *Ficus benjamine* L.'de, *Bacillus subtilis* bakterisi kök oluşumunu teşvik etmekte, *Pseudomonas putida* bakterisi yaprak sayısını arttırmaktadır (Sezen vd 2014). Kalanşo (*Kalanchoe blossfeldiana*)'da yapılan bir çalışmada rizobakteri uygulamalarının kalanşo yeşil çeliklerinde köklenme ve fide kalitesi üzerine olumlu etkileri olduğu tespit edilmiştir. Köklenme oranı, kök boyu, fide boyu, fide yaprak sayısı ve fide yaş ağırlığı üzerine kontrole kıyasla, istatistiksel olarak önemli seviyede artışlar elde edilmiştir. Yeşil çelik köklenme oranı kontrole göre %30 artarken, fide boyu ve yaprak sayısında 2 kat, fide yaş ağırlığında ise kontrole kıyasla yaklaşık 4 kat artış sağlanmıştır.

Yaban mersini bitkisinde *Bacillus pumilus* ve *Pseudomonas fluorecens* bakterileri gövde çapı ve yaprak alanını arttırmaktadır (De Silva et al. 2000).

Manisa ili Saruhanlı ilçesindeki "Chandler" ceviz çeşidinin meyve özellikleri, verim ve sürgün uzunluğu üzerine etkilerinin belirlenmesi üzerine yapılan bir çalışmada ağaçlara tekli (*Bacillus subtilis*) ve kombine (*Pantoea agglomerans*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Pseudomonas fluorecens*) preparatlar uygulanmıştır. Sonuçta iç ağırlığı, kabuk kalınlığı, büzülme oranı, sürgün uzunluğu ve verim açısından bakteri uygulamalarının kontrol grubuna göre daha etkili olduğu, kombine bakteri uygulamasının ise tekli bakteri uygulamasına göre en yüksek verim ve özelliklere sahip olduğu bulunmuştur (Özbudak ve Bilgin, 2024).

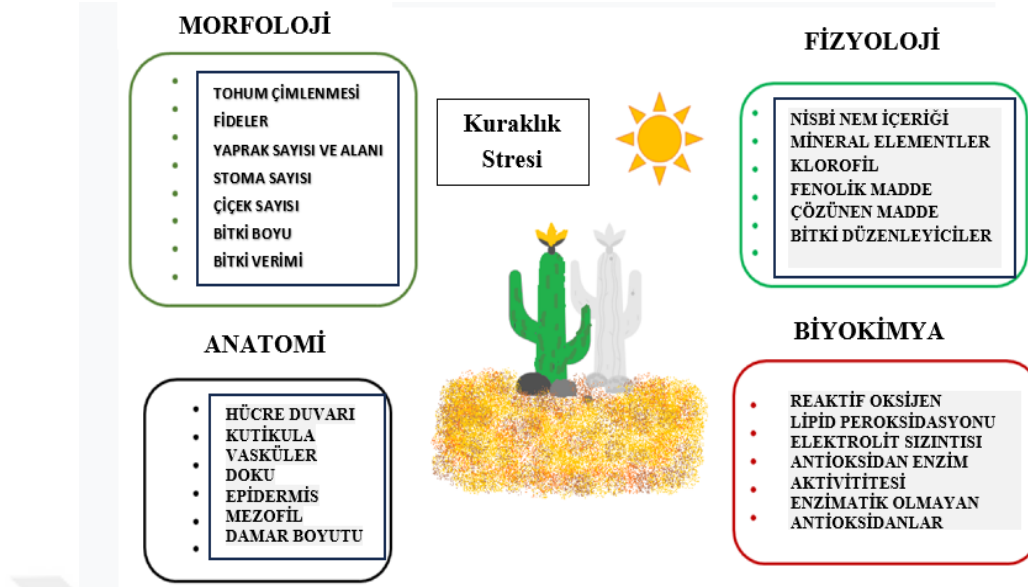
### **1.6. Birlikte Uygulanan Mikoriza ve Rizobakterilerin Kuraklık Stresi Üzerine Etkileri ve Yapılan Çalışmalar**

Pestisit, biyosit, kimyasal gübre kullanımının azaltılması ve organik (ekolojik) tüketimin artması ile doğal biyolojik preparatlar (biyogübreler) üzerinde özellikle Avrupa ülkelerinde araştırmalar artmıştır. Çeşitli mikroorganizmalar içeren biyo preparatların kullanılmasındaki temel problemler mikrobiyal aşının uygun koşullara getirilmesinin sınırlanması ve tekrarlanabilirliğinin düşük olmasıdır. Bunun nedeni optimum koşullarda test edilen mikroorganizmalara kıyasla vegetatif dönemde olan kuraklık stresi olabilir. Kuraklık koşullarında mikroorganizmalarla etkileşime giren bitkilerin direnci biyotik ve abiyotik faktörler tarafından etkilenir. Birçok kültür bahçe bitkisi kendi sayısız mekanizmalarını (morfolojik, fizyolojik, anatomik, biyokimyasal veya moleküler) kullanarak (Şekil 4) olumsuz etkilere karşı koyar ve sürekli olarak yaşayan endofitler ve köklerin çevresinde bulunan rizosferik mikroorganizmalar tarafından desteklenir (Hanaka vd., 2021). Mantar ve bakteri suşlarının tek bir preparatta birleştirilmesi daha iyi etkinlik ve güvenilirlik sağlamak ve daha fazla ürün özelliğini dikkate almamıza olanak tanımakta ve umut verici görünmektedir (Hanaka vd., 2021).

Şekil 4’de de görüldüğü gibi rizobakteri ve mikorizaların birlikte kullanımının kümülatif ve sinerjistik bir etki gösterdiği, bu faydalı mikroorganizmaların, besin eksikliği olan bölgelerde sürdürülebilir bitki büyümesi açısından daha iyi bir performans sergilediği, gübrelerin besin verimliliğini, mahsul verimini, meyve kalitesini arttırdığı ve kimyasal gübrelerin daha az uygulanmasına izin verdiği birçok araştırmacı tarafından belirtilmektedir (Ghorchiani vd., 2018).

Aynı zamanda rizobakterilerin varlığının mikorizal mantarın köklere nüfuz etmesini kolaylaştıracak şekilde hücre geçirgenliğini arttırarak hif büyümesini teşvik ettiği ve bitki köklerinin mikorizal mantarlar tarafından kolonizasyonunun sağlandığı bildirilmektedir (Nadaem vd., 2014). Örneğin, yonca’da *Paenibacillus brasilensis* bakteri inokülasyonu ile *G. mosseae* mikorizal mantar tarafından kolonizasyonun artarak kök büyümesini artırdığı görülmüştür. Yine mikorizal mantarların azot sabitleyici ve fosfor çözücü bakterilerin aktivitesini artırdığını ve böylece bitki büyümesini desteklediği bildirilmiştir (Nadaem vd., 2014).





**Şekil 5.** Kuraklık stresine karşı bitkilerin bazı morfolojik, anatomik, fizyolojik ve biyokimyasal tepkileri (Hanaka vd., 2021).

Alkaç ve Güneş (2022) lale çeşitlerinde (Jan van Nes'), kompost gübrenin tek başına ve mikoriza + bakteri ile birlikte uygulanmasının büyüme, gelişme ve soğan kalitesi üzerine etkilerini araştırdıkları çalışmada, bakteri ve mikoriza tek başına uygulandığında herhangi bir önemli etki yaratmazken, farklı kompost oranları ile birlikte uygulandıkları zaman daha etkili sonuçlar verdiğini bildirmişlerdir.

Kuraklık stresi altında yetiştirilen çuha çiçeğinde kimyasal gübre ile mikoriza ve bakterinin etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada, çiçeklenmeden 15 gün sonra 3 farklı sulama rejimi (toprak seviyesindeki su miktarı % 50, % 60 ve % 70 azaldığında) uygulanmıştır. Sonuçta arbusküler mikorizalar, su stresi altında çuha çiçeğinin antioksidan pigment konsantrasyonunu, toplam biyokütlesini ve kök/sürgün oranını artırarak fizyolojik stres tepkisini bakterilerden veya kimyasal gübreden daha fazla hafifletmiştir. Bu nedenle araştırmacılar arbusküler mikorizaların kurak veya yarı kurak iklimlerde orta ve şiddetli su açığını hafifletmek için çuha çiçeği yetiştiriciliğinin önemli bir bileşeni olarak düşünülmesi gerektiğini bildirmişlerdir (Mohammadi vd., 2019).

Tahiri vd. (2022) tarafından, domateste su stresi toleransı için kompost gübre, mikoriza ve bakteri uygulamaları yapılarak büyüme, gelişme ve meyve kalitesi özellikleri araştırılmıştır. Su stresi bitki büyüme özelliklerini ve verimi olumsuz etkilemiş, ancak biyogübre uygulamaları (kompost +mikoriza+bakteri) kuraklık

stresinin olumsuz etkisini hafifletmiştir. Kompostun tek başına, PGPR + kompost ve AMF + kompost uygulamalarıyla kontrole kıyasla sürgün taze ağırlığında sırasıyla %160, %120 ve %156 oranında önemli bir artış elde edilmiştir. Tüm uygulamalar (her iki koşulda PGPR + AMF + Kompost hariç) bitki başına meyve sayısını önemli ölçüde arttırmıştır. Meyve verimi açısından Komp, PGPR + Komp, AMF + Komp, PGPR ve PGPR + AMF uygulamaları sırasıyla %179, %149, %111, %203 ve %181 artışla sonuçlanan en etkili uygulamalar olmuştur.

Ceviz üzerine yapılan bir çalışmada iki farklı sulama koşulunda (normal ve kuraklık stresi) mikorizal mantar (*Glomus mosseae*, *G. etunicatum*, her ikisinin karışımı (*G. mix*) ve kontrol) ve rizobakteri uygulaması (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipofrum* karışımı ve kontrol) yapılmıştır. Ceviz fideleri dikilmeden önce toprağa 10 g mikoriza mantarı (80 aktif propagül/g) ve 10 mL (108 bakteri karışımı/mL) rizobakteri aşılanmıştır. Mikoriza mantarı ve rizobakteri uygulamalarından beş ay sonra, 20 gün boyunca su kesintisi ile kuraklık stresi uygulanmıştır. Sonuçta kuraklık stresi cevizde yaprak dökümüne neden olmuş, en fazla döküm mikorizal mantar uygulanmayan kontrol bitkilerinde (18 yaprak/bitki) görülmüş, mikorizal mantar uygulamaları yaprak dökümünü önemli ölçüde engellemiştir. En fazla kök uzunluğu *G. etunicatum* mikorizal mantar uygulamasından (26 cm), en kısa kök uzunluğu ise kontrol bitkilerinden (5 cm) elde edilmiştir. Rizobakteri uygulaması ile hem kuraklık stresi hem de normal sulama koşullarında kök uzunluğunu, kontrole göre arttırmıştır. *G. etunicatum* mikoriza mantarı ve rizobakterinin eş zamanlı uygulanması kök uzunluğunu önemli ölçüde artırmıştır. En kısa kök uzunluğu kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. *G. etunicatum* mantarları hem normal hem de kuraklık stresi altında taze ağırlığı arttırmış, *G. mosseae* mantarı normal sulama koşullarında *G. mix* karışımından daha fazla taze ağırlığa, ancak *G. mix* uygulaması sonuç olarak kuraklık koşulu altında *G. mosseae*'den daha fazla bitki ağırlığına sahip olmuştur. En düşük taze ağırlık kontrolde gözlenmiştir. Taze ağırlık, bitkilerin normal ve kuraklık stresi koşullarında rizobakteri uygulamasıyla artmıştır. *G. etunicatum* ve *G. mosseae* mantarları hem normal hem de kuraklık stresi koşulları altında bitki boyunu önemli ölçüde artırmıştır. En kısa bitki boyu (26,70 cm) kuraklık stresi koşulları altında kontrolde (AM mantarları olmadan) gözlenirken, rizobakteri tek başına (*Azotobacter chroococcum* + *Azospirillum lipofrum*) ceviz bitkisi boyunu

geliştirirken en uzun bitki boyu *G. mosseae* mikorizal mantarı ve rizobakteri ile *G. etunicatum* mikorizal mantarı+ rizobakteri kombine uygulamaları kullanılarak elde edilmiş ve bunlar birbirlerinden önemli ölçüde farklılık göstermemiştir (Behrooz vd.,2019).

### 1.7. Petunya’da Kuraklık Stresi ile İlgili Yapılan Çalışmalar

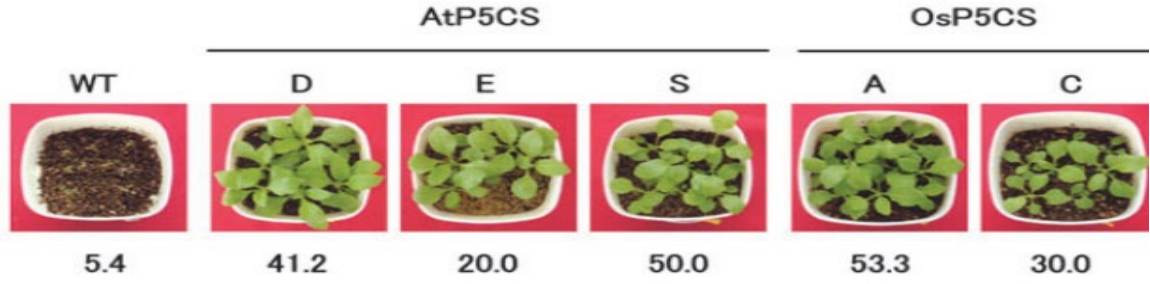
Petunya’nın kuraklık stresine toleransta etilen biyosentezinin rolünün araştırıldığı bir çalışmada yabani petunya çeşidi (Mirage rose) ile 2 mutant (phaco1 and phaco3) petunya, bitkisel materyal olarak kullanılmıştır. Kuraklık stresine karşı bitkilerin vermiş olduğu tepkiler Şekil 6’da gösterilmiştir (Naing vd., 2022).



**Şekil 6.** Yabani petunya çeşidi (Mirage rose) ile Phaco 1 (91-1 ve 36-4) ve Phaco 3 (14-10 ve 32-15) petunya mutantlarının A. kuraklık öncesi B. kuraklık sonrası gelişme durumları

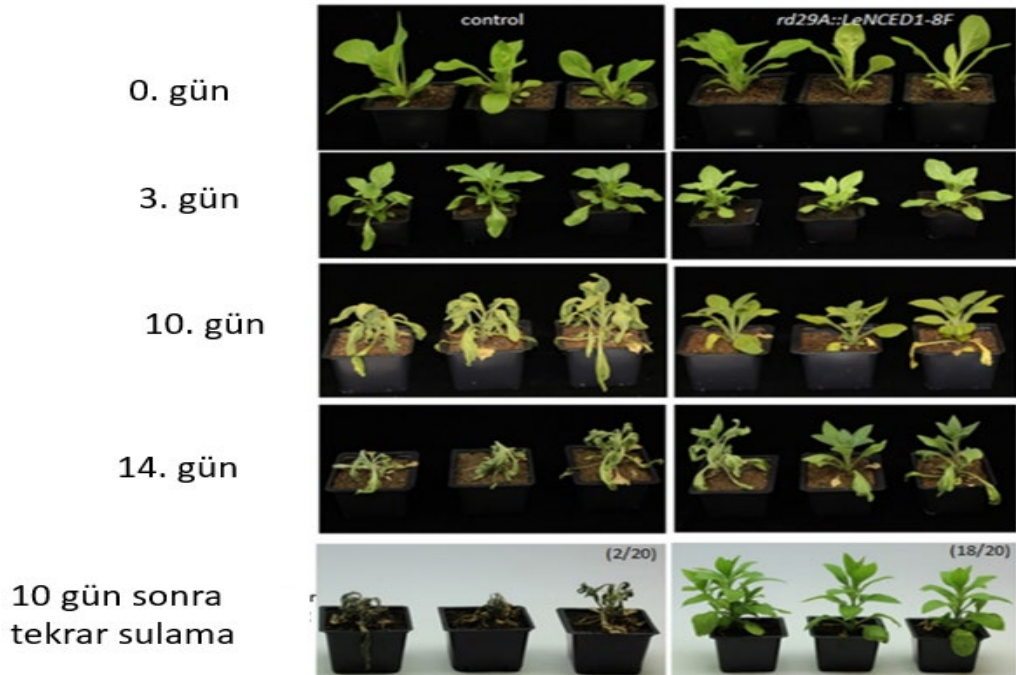
Yabani petunya (*Petunia hybrida* cv. Mitchell)’da kuraklık stresi üzerine prolinin etkilerinin araştırıldığı başka bir çalışmada ise *Arabidopsis thaliana* (AtP5CS) ve *Oryza sativa* (OsP5CS)’dan prolin genleri aktararak bitkilere kuraklık uygulanmıştır. Öncelikle yabani petunya tohumları kanamycin ( $70 \text{ mg L}^{-1}$ ) içeren katı M.S. (%3 sükröz, %0,8 agar) ortamında çimlendirilmiş, 7 gün sonra genç bitkiler saksı başına 10 adet olacak şekilde toprağa aktarılmış,  $25^{\circ}\text{C}$ ’lik 16/8 saat’lik gündüz/ gece ve %60 nem içeren kültür odasında susuz koşullarda büyütülmüştür. 14 günün sonunda bitkiler sulanarak geri kazanım (recover)’ları sağlanmıştır (Şekil 7). Kontrol bitkilerinde prolin birikimi olmamış en fazla birikim 14 gün kuraklık stresindeki bitkilerde gözlenmiştir (Yamada vd., 2005).





**Şekil 7.** Kuraklık stresinden sonra transgenik petunya bitkilerinin geri kazanım durumları. 14 gün sulanmayan genç (10 günlük) yabani petunya ve transgenik petunya bitkilerinin (AtP5CS ve OsP5CS) sulamadan 7 gün sonraki geri kazanımda canlılık yüzdeleri. (Rakamlar geri kazanım bitkilerinin yaşama yüzdeleri WT: yabani petunya bitkisini göstermektedir)

Petunyalara A.B.A (Absisik asit) biyosentezi geni (rd29A) aktarılarak kuraklığa dayanıklılıklarının araştırıldığı bir başka çalışmada bitkiler 10 gün susuz bırakıldıktan sonra sulanarak geri kazanımları sağlanmıştır (Estrada-Melo vd., 2015). Şekil 8’de bitkilerin kuraklık stresine dayanımları gösterilmiştir.



**Şekil 8.** Petunyalarda kontrol bitkileri ile rd29A geni aktarılan bitkilerin kuraklık stresine dayanıklılıkları

Organik gübrelerin kuraklık stresi altındaki İran petunya’sının (*Petunia hybrida*) morfo fizyolojik özellikleri üzerindeki etkisini araştırmak için yapılan çalışmada, 3 farklı (%100, %50, %25) kısıntılı sulama uygulaması denenmiştir. 360 cc (D1) sulama ile tarla kapasitesinin %100’ü, 180 cc (D2) ile tarla kapasitesinin



%50'si ve 90 cc (D3) kadar tarla kapasitesinin %25'i sulama ve dört farklı gübre (kontrol, kompost, vermikompost ve gübre) uygulaması yapılmıştır. Gövde taze ağırlığı, yaprak taze ağırlığı, çiçek taze ağırlığı, bitki boyu, çapı ve çiçek sayısı, yaprak alanı, bağıl su içeriği ve membran stabilite indeksi gibi bazı özellikler ölçülmüştür. Bitki başına tek bir çiçeğin ağırlığı; vermikompost, kompost ve gübrenin uygulanmasıyla %100 kapasitedeki kontrole göre sırasıyla %16/26, %65/9 ve %40/8 oranında artmıştır. %25 tarla kapasitesinde sulama (D3) ile gübre uygulaması, kontrole kıyasla çiçek uzunluğunu %14'ün üzerinde arttırmıştır. Vermikompostlu %50 (D2) sulama düzeyinde, membran stabilite indeksi %62 olup, aynı sulama düzeyindeki kontrol uygulamalarıyla karşılaştırıldığında %67 oranında artış göstermiştir. Gübre ve vermikompost kullanımının kuraklık stresinin olumsuz etkilerini iyileştirdiği görülmüştür (Goldani ve Kamali, 2016).

Petunya da yürütülen bir başka çalışmada *Azospirillum lipoferum* ve *Bacillus polymxa* türü rizobakteri uygulamaları ile bitki boyu, yaprak alanı, çiçek/dal sayısı, sürgün ve kök kuru ağırlığında artış gösterdiği bulunmuştur (Hoda ve Mona, 2014).

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

### 2.1. Çalışmanın Yürütüldüğü Yer ve Yıl

Çalışma, Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümüne ait Ar-Ge niteliğindeki polikarbon sera ile aynı kuruma ait laboratuvarında 2023-2024 yılları arasında yürütülmüştür. Polikarbon seranın görünümü Şekil 9’da özellikleri Tablo 1.’de verilmiştir.



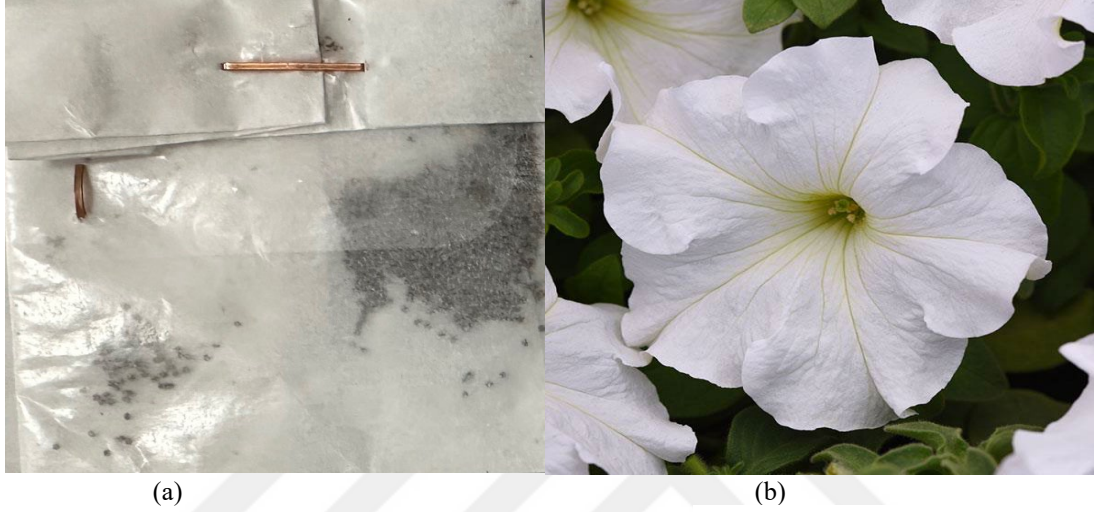
Şekil 9. Çalışmanın yürütüldüğü polikarbon seranın görünümü

Tablo 1. Çalışmanın yürütüldüğü seranın teknik özellikleri

|                           |                                                |
|---------------------------|------------------------------------------------|
| Sera Tipi                 | Gotik çatılı                                   |
| Çatı Havalandırma Sistemi | Çift kelebek havalandırma                      |
| Çatı Örtü Sistemi         | Polikarbonat (10 mm kalınlığında, UV korumalı) |
| Alın ve Yanal Yüzeyler    | Polikarbonat (10 mm kalınlığında, UV korumalı) |
| Oluk Altı Yükseklik       | 4.25 m                                         |
| Sera Yüksekliği           | 6.80 m                                         |
| Sera Uzunluğu             | 8.3 m                                          |
| Sera Genişliği            | 9.60 m                                         |
| Sera Alanı                | 60 m <sup>2</sup>                              |
| Sera Tabanı               | Porselen karo (mat, sırsız)                    |

## 2.2. Bitkisel Materyal

Araştırmada bitkisel materyal olarak Tasaco firmasından temin edilmiş olan *Petunia hybrida* ‘Super cascade White’ çeşidine ait peletlenmiş tohumlar (1000 dane ağırlığı;0.101 gram) (Şekil 10.a) ve tohumların ekiminden elde edilen fideler kullanılmıştır. Çalışmada kullanılan çeşide ait görsel (Şekil 10. b) ve özellikleri ise Tablo 2’de sunulmuştur.



Şekil 10. Çalışmada kullanılan peletlenmiş petunya (*Petunia hybrida* ‘Supercascade White’) tohumları (a) ve çiçeklerine ait görseller (b)

Tablo 2. Çalışmada kullanılan çeşidin katalog özellikleri

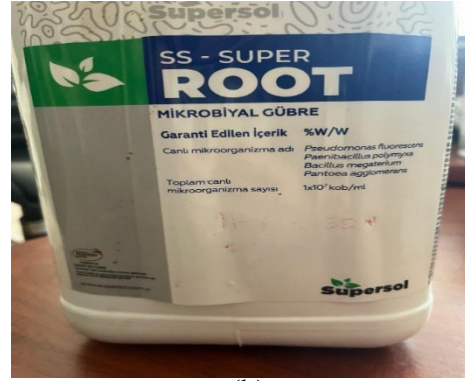
| Özellik                       | Çeşit                                          |
|-------------------------------|------------------------------------------------|
|                               | ( <i>Petunia hybrida</i> ‘Supercascade White’) |
| Temin edilen tohumun özelliği | Peletlenmiş                                    |
| Çiçek Tipi                    | Büyük-Tek çiçekli grandiflora tipi             |
| Çiçek Rengi                   | Beyaz                                          |
| Büyüme Durumu                 | Dik                                            |
| Bitki Boyu                    | 25-38 cm                                       |
| Dayanıklılık derecesi         | 4.4 °C                                         |

Çalışmada, Bioglobal firmasından (URL-1) temin edilen ‘Endo Roots Soluble’ (ERS) mikoriza mantarı (içerdiği organizmalar: *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseae*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum*, *Gigaspora margaritave*) Supersol firmasından temin edilen SS-Super Root (içerdiği organizmalar *Pseudomonas fluorescens*, *Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans*) rizobakterisi kullanılmıştır (Şekil 11).





(a)



(b)

**Şekil 11.** Çalışmada kullanılan Mikoriza mantarı (a) ve Rizobakteriye (b) ait görseller

## 2.3. Yöntem

### 2.3.1. Çimlendirme Ortamının Hazırlığı ve Tohum ekimi

Tohumların çimlendirilmesinde kullanılan harç; 2:1:1 hacimsel oranda torf: perlit: vermikülit karışımından oluşmuştur. Hazırlanan harç 20x30 cm ebadındaki plastik viyol gözlerine doldurulmuş (Şekil 12) ve tohum ekimi 13 Aralık 2023 tarihinde yapılmıştır.



**Şekil 12.** Harç hazırlığı ve tohum ekimi

### 2.3.2. Tohumların Çimlenmesi

Tohum ekiminden sonra viyoller %70-%80 nem ve 22-24 °C'lik çimlendirme odasına koyulmuş, çimlenmenin başladığı yaklaşık 8 gün sonra ise sera koşullarına aktarılmışlardır (Şekil 13).



Şekil 13. Tohumların çimlenme aşaması

### 2.3.3. Çalışmada Kullanılan Mikoriza ve Rizobakterinin Hazırlanması ve Fidelere Uygulanması

Çalışmada mikoriza ve rizobakteri uygulamalarına ait solüsyon hazırlıkları Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait Laboratuvar'da yapılmıştır.

Mikoriza (Endo Roots Soluble, Bioglobal) uygulaması için hazırlanan çözeltide, 1 litrelik saf su içerisine toz haldeki 2,5 gramlık mikoriza ilave edilmiştir. Rizobakteri (Supersol) uygulaması için hazırlanan çözeltide, 1 litrelik saf su içerisine 50 ml rizobakteri karıştırılmıştır. Mikoriza+Rizobakteri uygulamasında; 1 litrelik saf su içerisine 2,5 gram ve 50 ml rizobakteri kullanılmış ve karıştırma işlemi yapılmıştır (Şekil 14).



Şekil 14. Mikoriza ve rizobakteri solüsyonu hazırlıkları



Mikoriza ve rizobakteri uygulamaları, fidelerin 5 gerçek yaprağı ulaştığı 14 Mart 2024 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Viyollerden çıkartılan fidelerde köklerin yetiştirme ortamından arındırılması için, önce su içerisinde tutulmuşlar daha sonra güneşte kurutularak (Şekil 15.a) mikoriza, rizobakteri, mikoriza+rizobakteri uygulamalarını içeren solüsyonlar içerisinde 1 dk bekletilmişlerdir (Şekil 15.b). Kontrol grubu olarak rizobakteri ve mikoriza uygulaması yapılmamış fideler kullanılmıştır.



Şekil 15. Su içerisinde bekletilip kurutulan fideler (a) fidelerin solüsyonlarda bekletilmesi (b)

#### 2.3.4. Fidelerin Şaşırtılması için Saksı Hazırlığı ve Uygulama Sonrası Fidelerin Dikimi

14 Mart 2024 tarihinde plastik viyollerden alınarak mikoriza ve rizobakteri uygulaması yapılan fidelerin saksılara şaşırtılması amacıyla 2:1:1 hacimsel oranda torf: perlit: bahçe toprağı içeren harç hazırlığı yapılmıştır (Şekil 16). Daha sonra uygulama yapılmış fideler her saksıda 1 adet fide olacak şekilde 1 litre hacimdeki plastik saksılara dikilmişlerdir (Şekil 17).



Şekil 16. Saksı harcının hazırlanması



**Şekil 17.** Uygulama yapılan fidelerin saksılara şaşırtılması

Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait polikarbon serada tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak ve her tekerrürde 5 adet bitki olacak şekilde kurulan denemede, ana parseller 4 sulama düzeyini (%100, %75, %50, %25), alt parseller ise 3 uygulamayı (mikoriza, rizobakteri, mikoriza+rizobakteri) içerecek şekilde oluşturularak saksılar yerleştirilmiştir.

### 2.3.5. Kısıntılı Sulama Uygulaması

Kısıntılı sulama uygulamasına fidelerin saksılara şaşırtılmasından yaklaşık bir ay sonra 17 Nisan 2024 tarihinde başlanmıştır. Uygulama öncesi saksı kapasitesi ölçümü ve buna bağlı kullanılabilir su tutma kapasitesi (KSTK) belirlenmiştir. Daha sonra %100 (kontrol), %75 (az kısıntılı), %50 (orta kısıntılı), %25 (çok kısıntılı) olmak üzere dört adet sulama suyu miktarı uygulamasına geçilmiştir (Tablo 3).

**Tablo 3.** Denemede kullanılan sulama düzeyi ve sembolleri

| Sulama Konusu | Su Uygulama Katsayısı |
|---------------|-----------------------|
| S1 (%100)     | 1.00                  |
| S2 (%75)      | 0.75                  |
| S3 (%50)      | 0.50                  |
| S4 (%25)      | 0.25                  |

Bu amaçla 0. 35 gr hava kurusu toprak ile doldurulan saksılar suyla doymun hale getirilmiş ve buharlaşmayı önlemek için üzerleri kapatılarak drenajın durması beklenmiştir (yaklaşık 24 saat). Saksılardan meydana gelen drenaj tamamen durduktan

sonra her bir saksı tartılmış ve her bir değer, ilgili saksının tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir.

Sulama düzeyi denemesinde her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları (AWs, L);

$$AW_s = \frac{W_{fc} - W_a}{P_w} \times P_s$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte; AWs her sulamada uygulanacak su miktarını (L), W<sub>fc</sub> saksı tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg), W<sub>a</sub> sulama öncesi saksı ağırlığını (kg), P<sub>w</sub> suyun yoğunluğunu (1 kg/L) ve P<sub>s</sub> ise su uygulama katsayısını (sulama düzeyi denemesi konuları için su uygulama katsayıları sırasıyla 1.0, 0.75, 0.50, 0.25) ifade etmektedir. Her bir saksının tarla kapasitesi ayrı ayrı belirlenmiştir.

Sulama zamanına karar vermede, kontrol konuları dikkate alınmıştır. Sulamalardan sonra kontrol konularının durumları gözlemlenerek sulama zamanlarına karar verilmiştir. Kısıtlı su uygulaması sırasıyla 17 Nisan, 24 Nisan, 30 Nisan, 9 Mayıs, 16 Mayıs ve 23 Mayıs 2024 tarihlerinde toplam altı kez sulama yapılmıştır (Şekil 18).



**Şekil 18.** Kısıtlı sulama uygulamasından genel görünüm



### 2.3.6. Yapılan Ölçüm ve Gözlemler

Çalışmada aşağıdaki gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

Bitki boyu (cm): Bitki kök boğazından bitkinin en üst noktasına kadar olan mesafe metre ile ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir.

Yaprak sayısı (adet): Deneme sonunda bitki üzerindeki tüm yapraklar sayılarak adet olarak ifade edilmiştir.

Çiçek sayısı (adet): Fide dikiminden itibaren her tekerrürdeki bitkilerin, çiçeklerinin açılarak renk gösterdiği döneme ait çiçekler sayılarak adet olarak ifade edilmiştir.

Petal eni (cm): Tamamen açmış çiçeklerde petalin genişliği metre ile ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir

Petal boyu (cm): Tamamen açmış çiçeklerde petalin genişliği metre ile ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir

Bitki yaş ağırlığı (gr): Hasattan hemen sonra çiçeklerden arındırılan bitki hassas terazi yardımıyla tartılarak yaş ağırlığı belirlenmiştir. Yaprakların ve kökün tamamı alındıktan sonra kalan kısmı gram cinsinden hassas terazide tartılarak gr cinsinden ifade edilmiştir.

Deneme süresince 30. günde bitkilerde bitki boyu, yaprak sayısı, toplam çiçek sayısı özelliklerine bakılmış ve hasat öncesi bu özelliklere ait veriler kaydedilmiştir. Deneme sonunda, 41. günde de aynı ölçümlere ait veriler alındıktan sonra, bitkiler toprak üzerinden kesilip, hassas terazi yardımıyla bitki yaş ağırlıkları alınmıştır. Bitki kök kısmı için, saksılar bir elek üzerine dökülerek köklerin açığa çıkması sağlanmıştır. Elek üzerindeki kökler dikkatlice yıkanarak ortamlardan tamamen ayıklanmış (Şekil 19), fazla su kaba kurutma kağıdıyla alındıktan sonra, hassas terazi yardımıyla bitki kök yaş ağırlıkları tartılmıştır (Şekil 20).



**Şekil 19.** Köklerin temizlenmesi ve yıkanması



**Şekil 20.** Köklerin kaba kurutma kâğıdıyla kurutulması ve hassas teraziyle ölçülmesi

Daha sonra, bu bitki gövde ve kök örnekleri saf suyla yıkanmış, fazla su kaba kurutma kâğıdıyla alındıktan sonra 65-70 °C'ye ayarlı kurutma dolabında 48 saat (2 gün) süresince kurutulmuş (Şekil 21) ve kuru ağırlıkları alınmıştır (Öz, 2019).



**Şekil 21.** Etüvde kurutulması ve kuru ağırlıklarının ölçülmesi

Bitki kuru madde ağırlığı (gr): Deneme tamamlandığında bitkiler etüvde kurutulduktan sonra ağırlıkları hassas terazi ile ölçülerek gr cinsinden ifade edilmiştir.

Kök uzunluğu (cm): Söküm yapılan bitkilerde kök uzunluğu metre ile ölçülmüş ve cm olarak ifade edilmiştir.

Kök yaş ağırlığı (gr): Deneme tamamlandığında bitkiler kök boğazından kesilerek yıkanıp tamamen temizlendikten sonra hassas terazi ile ölçülerek ağırlıkları gr cinsinden ifade edilmiştir.

Kök kuru ağırlığı (gr): Söküm yapılan bitkilerde etüvde kurutulduktan sonra hassas terazi ile ağırlıkları ölçülerek gr cinsinden ifade edilmiştir.

### **2.3.7. Verilerin Değerlendirilmesi ve İstatistiki Analiz**

Çalışmada elde edilen veriler, JMP paket programı yardımıyla tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre, varyans analizine tabi tutulmuş ve elde edilen ortalamaların karşılaştırılması %5 önem düzeyinde Tukey testi yapılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

#### 3.1. Bitki Boyu

Petunya’da bitki boyu üzerine farklı uygulama ve sulama seviyelerinin etkileriyle ilgili bulgular ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 4.’de verilmiştir.

Çalışma sonunda uygulamaların ( $P<0,001$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,01$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşiminin bitki boyu üzerine etkili olduğu saptanmıştır. Uygulamalar bakımından petunya’da en fazla bitki boyu mikoriza uygulamasından elde edilmiştir. Bunu mikoriza+rizobakteri ve rizobakteri uygulamaları izlemiştir. Kontrol bitkilerinde ise en az bitki boyu elde edilmiştir. En fazla bitki boyu uzaması ve gelişiminin ortalama 43.00 cm ile %75 sulama seviyesindeki mikoriza uygulamasından, en az bitki boyu ortalaması ise 22.87 cm ile %25 sulama seviyesindeki kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

**Tablo 4.** Kısıtlı sulama ve farklı uygulamaların bitki boyu (cm) üzerine etkileri

| Uygulamalar                      | Kısıtlı Sulama Seviyeleri |                |                |                | Uygulamalar Ortalaması |
|----------------------------------|---------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|                                  | SI (%100)                 | S2 (%75)       | S3 (%50)       | S4 (%25)       |                        |
| Kontrol                          | 33.87 cd                  | 36.13 bc       | 36.40 bc       | 22.87 f        | <b>32.32 b</b>         |
| Mikoriza                         | 41.87 ab                  | 43.00 a        | 32.93 cd       | 24.40 ef       | <b>35.55 a</b>         |
| Rizobakteri                      | 36.40 bc                  | 36.20 bc       | 33.87 cd       | 26.47 ef       | <b>33.23 b</b>         |
| Mikoriza +Rizobakteri            | 38.40 abc                 | 36.33 bc       | 37.07 abc      | 28.87 de       | <b>35.17 a</b>         |
| <b>Kısıtlı Sulama Ortalaması</b> | <b>37.63 a</b>            | <b>37.92 a</b> | <b>35.07 b</b> | <b>25.65 c</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                |                           |                |                |                |                        |
| Uygulama (U):                    | ***                       |                |                |                |                        |
| Kısıtlı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                        |                |                |                |                        |
| U X KSS:                         | **                        |                |                |                |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Begum vd. (2022)’nın tütün bitkisinde yaptıkları çalışmada, normal sulama ve kuraklık stresi altındaki bitkilere arbusküler mikoriza (*Glomus versiforme*), rizobakteri (*Bacillus metilotrophicus*) ve mikoriza +rizobakteri uygulamaları yapmışlardır. Bitki boyu bakımından hem normal sulama hem de kuraklık stresi koşullarında mikoriza +rizobakteri uygulaması en etkili bulunurken, bunu mikoriza ve rizobakteri uygulamaları izlemiştir. En az bitki boyu ise kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

Sharma vd. (2021)'nın *Helianthus annuus* L.'da yaptığı çalışmada ise bitki boyu bakımından en yüksek değerler sırasıyla T6 (normal sulama+mikoriza+rizobakteri-149.21 cm), T5 (normal sulama+mikoriza-123.90 cm), T4 (normal sulama- 119.17 cm), T3 (su stresi+mikoriza+rizobakteri-90.71 cm) ve T2 (su stresi+mikoriza-80.56 cm)' den elde edilmiştir. En az bitki boyu ise 71.79 cm ile T1 uygulamasında (su stresi) olmuştur.

Bu bakımdan, Begum vd. (2022) ile Sharma vd. (2021)'nın elde ettikleri sonuçlar ile sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

### 3.2. Yaprak sayısı

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinde yaprak sayısına etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 5.'de verilmiştir. Buna göre uygulamaların, sulama seviyelerinin ve uygulama x sulama seviyeleri karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,01$ ) yaprak sayısı üzerinde önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür.

En fazla yaprak sayısı ortalama 80.47 adet ile, %75 sulama yapılan rizobakteri uygulamasından elde edilmiştir. Bunu % 50 rizobakteri (75.40 adet) ve % 100 mikoriza + rizobakteri (69.00 adet) uygulamaları takip etmiştir. En az yaprak sayısı ise % 25 sulama yapılan kontrol bitkilerinde olmuştur.

**Tablo 5.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların yaprak sayısı (adet) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |                |                |                | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)       | S3 (%50)       | S4 (%25)       |                        |
| Kontrol                            | 50.27 cde                   | 51.40 cde      | 52.00 cde      | 36.40 e        | <b>47.52 c</b>         |
| Mikoriza                           | 65.27 abcd                  | 61.60 abcd     | 53.00 cde      | 38.40 e        | <b>54.57 bc</b>        |
| Rizobakteri                        | 63.27 abcd                  | 80.47 a        | 75.40 ab       | 48.67 de       | <b>66.75 a</b>         |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 69.00 abcd                  | 51.40 cde      | 60.80 bcd      | 38.00 e        | <b>54.80 b</b>         |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>61.95 a</b>              | <b>61.22 a</b> | <b>60.30 a</b> | <b>40.37 b</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |                |                |                |                        |
| Uygulama (U):                      | **                          |                |                |                |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                          |                |                |                |                        |
| U X KSS:                           | **                          |                |                |                |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Çiylez (2019), farklı çilek çeşitlerinde mikoriza ve rizobakterileri ayrı ayrı ve birlikte uygulamanın verim ve kalite üzerine etkilerini araştırdığı çalışmasında, yaprak sayısı üzerine Albion çilek çeşidinde mikoriza ve rizobakteriyi birlikte kullanmanın daha etkili sonuçlar verdiğini, Kabarla çilek çeşidinde ise rizobakteriyi tek başına kullanımın birlikte kullanımlarından daha etkili olduğunu tespit etmiştir. Bizim çalışmamızda da rizobakterinin tek kullanımı, mikoriza ile birlikte kullanımdan daha fazla yaprak sayısı oluşturmuştur.

Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)’nde su stresine tolerans için mikoriza (*Glomus mosseae*) ve rizobakteri (*Pseudomonas fluorescens*) uygulamalarının etkilerinin araştırıldığı bir başka çalışmada ise 6 farklı uygulama (T1: Su stresi altında -Kontrol, T2: *G. mosseae* uygulaması, T3: *G. mosseae* + *P. fluorescens* uygulaması T4: Normal sulama T5: Normal sulama altında *G. mosseae* T6: Normal sulama altında *G. mosseae* + *P. fluorescens* uygulaması) yapılmıştır. Morfolojik karakterler bakımından veriler değerlendirildiğinde bitki başına düşen yaprak sayısında en fazla T6 da (normal sulama+mikoriza+rizobakteri-29.16 adet) olmuş ve bunu T5 (normal sulama+mikoriza), T4 (normal sulama), T3 (su stresi+mikoriza+rizobakteri) uygulamaları izlemiştir. En az yaprak sayısı ise T1 (su stresi-kontrol 16.89) uygulamasından elde edilmiştir (Sharma vd., 2021). Araştırmacılar rizobakteriyi tek başına kullanmamıştır. Bizim çalışmamızdaki en iyi değerler rizobakteri olmuş bundan sonra elde ettiğimiz en iyi değerler ise Sharma vd. (2021)’nin da elde ettiği sonuçlardaki gibi mikoriza+rizobakteri uygulamaları olmuştur. En alt sonuç değerleri bakımından da çalışmamız aynı araştırmacılar ile uyumlu olmuştur.

### 3.3. Çiçek Sayısı

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinin çiçek sayısı üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 6’da verilmiştir. Buna göre uygulamaların ( $P<0,01$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,01$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,05$ ) çiçek sayısı üzerinde önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür. Sırasıyla rizobakteri, mikoriza+rizobakteri ve mikoriza uygulamaları çiçek sayısı bakımından en fazla değere sahip uygulamalar olmuşlardır. Su stresi artıkça çiçek sayısı azalmıştır. En fazla çiçek sayısı ortalama 14.33 adet ile % 100 sulama yapılan rizobakteri uygulamasından elde edilmiştir. Bunu

12.33 adet çiçek sayısı ile % 100 kontrol takip etmiştir. En az çiçek ise 3.87 adet ile % 25 sulama yapılan kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

**Tablo 6.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların çiçek sayısı (adet) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |                |               |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------|---------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)       | S3 (%50)      | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 12.33 ab                    | 8.47 cdefg     | 5.0 gh        | 3.87 h        | <b>7.42 b</b>          |
| Mikoriza                           | 11.93 abc                   | 10.47 bcde     | 8.07 defg     | 6.73 efgh     | <b>9.30 a</b>          |
| Rizobakteri                        | 14.33 a                     | 11.47 abcd     | 10.13 bcde    | 5.87 fgh      | <b>10.45 a</b>         |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 11.93 bc                    | 11.13 abcd     | 9.53 bcdef    | 7.33 efgh     | <b>9.98 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>12.63 a</b>              | <b>10.38 b</b> | <b>8.18 c</b> | <b>5.95 d</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |                |               |               |                        |
| Uygulama (U):                      | **                          |                |               |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                          |                |               |               |                        |
| U X KSS:                           | *                           |                |               |               |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Çalışma sonucunda görülmektedir ki petunya için en önemli kalite kriteri olan çiçek sayısında en iyi sonuçlar, rizobakteri uygulaması yapılarak % 75 su kısıtında yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

Olgaç vd. (2022) tarafından AMF'Arbüsküler mantar) lerin, güllerde karbonhidrat metabolizmasını değiştirerek, çiçek tomurcuğunun çıkış süresini kısaltıp bitki başına çiçek sayısı ve çiçek ömrünü artırdığı, yine petunya'da *Glomus*, *Gigaspora* ve *Scutellospora* spp. mikoriza mantarlarının çiçek sayısını arttırdığı bildirilmektedir. Yine Karadağ (2013), birçok araştırmacı tarafından mikorizanın çiçek sayısı ve rengi ile besin kompozisyonunu geliştirdiğini bildirdiklerini belirtmiştir. Nordstedt ve Jones (2021) tarafından yapılan bir başka çalışmada da su stresine maruz bırakılan petunya ve sardunya'da rizobakteri uygulamaları, bitki başına çiçek sayısını arttırmıştır.

### 3.4. Petal Uzunluğu

Petunya'da petal uzunluğu üzerine farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 7'de verilmiştir. Uygulamaların ( $P<0,01$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,001$ ) ve her iki faktörün karşılıklı



etkileşimlerinin ( $P<0,001$ ) çiçek sayısı üzerinde istatistiksel olarak oldukça önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür. En fazla petal uzunluğu ortalama 8.20 cm ile, % 75 sulama yapılan rizobakteri uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 7.93 cm ile % 100 mikoriza+rizobakteri uygulaması takip etmiştir. En az petal uzunluğu ise 5.47 cm ile % 25 sulama yapılan mikoriza uygulanan bitkilerden elde edilmiştir.

**Tablo 7.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların petal uzunluğu (cm) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |               |               |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)      | S3 (%50)      | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 7.13 bcd                    | 7.00 bcde     | 6.47 de       | 6.07 ef       | <b>6.67 b</b>          |
| Mikoriza                           | 7.73 abc                    | 7.53 abc      | 6.93 cde      | 5.47 f        | <b>6.92 ab</b>         |
| Rizobakteri                        | 7.27 abcd                   | 8.20 a        | 7.20 bcd      | 6.13 ef       | <b>7.20 a</b>          |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 7.93 ab                     | 7.40 abcd     | 6.93 cde      | 6.13 ef       | <b>7.10 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>7.52 a</b>               | <b>7.53 a</b> | <b>6.88 b</b> | <b>5.95 c</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |               |               |               |                        |
| Uygulama (U):                      | **                          |               |               |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | ***                         |               |               |               |                        |
| U X KSS:                           | **                          |               |               |               |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Çalışma sonucunda petunya'nın petal uzunluğu üzerine en iyi sonuçlar, rizobakteri uygulaması yapılarak % 75 su kısıtında yetiştirilen bitkilerden elde edilmiştir.

### 3.5. Petal Eni

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunyanın petal eni üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 8'de verilmiştir. Sulama seviyelerinin ( $P<0,001$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,05$ ) petal eni üzerinde istatistiksel olarak farklılıklar yarattığı, buna karşın uygulamaların istatistiki yönden bir farklılık oluşturmadığı görülmüştür. Mikoriza uygulamalarında en uzun petal eni, kontrol uygulamasından ise en az petal eni elde edilmiştir. Su stresi artıkça petal eni azalmıştır.

**Tablo 8.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların petal eni (cm) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |               |               |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)      | S3 (%50)      | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 9.73 abc                    | 9.47 abc      | 8.73 cd       | 7.73 de       | <b>8.92 a</b>          |
| Mikoriza                           | 10.40 a                     | 10.20 ab      | 9.13bc        | 7.27 e        | <b>9.25 a</b>          |
| Rizobakteri                        | 9.67 abc                    | 9.20 bc       | 9.27 abc      | 7.80 de       | <b>8.98 a</b>          |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 9.53 abc                    | 9.93 ab       | 9.53 abc      | 7.93 de       | <b>9.23 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>9.83 a</b>               | <b>9.70 a</b> | <b>9.17 b</b> | <b>7.68 c</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |               |               |               |                        |
| Uygulama (U):                      | ö.d.                        |               |               |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                          |               |               |               |                        |
| U X KSS:                           | *                           |               |               |               |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Sharma vd. (2021)'nın *Helianthus annuus* L.'da yaptığı çalışmada ise çiçek çapı (cm) bakımından en yüksek değerler sırasıyla T6 (normal sulama+mikoriza+rizobakteri-25.00 cm), T5 (normal sulama+mikoriza-22.83 cm), T4 (normal sulama- 20.33 cm), T3 (su stresi+mikoriza+rizobakteri-16.33 cm) ve T2 (su stresi+mikoriza-14.50 cm) den elde edilmiştir. En az çiçek çapı ise 11.83 cm ile T1 uygulamasında (su stresi) olmuştur. Bizim çalışmamızda da en az petal eni, kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. En uzun petal enini ise yine bizim çalışmamızda olduğu gibi mikoriza+rizobakteri uygulamalarından elde etmişlerdir. Yine % 75 su kısıtı uygulamasının petal eni gelişimi için uygun olabileceği görülmüştür.

### 3.6. Kök Uzunluğu

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinin kök uzunluğu üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 9'da verilmiştir. Buna göre uygulamaların ( $P<0,05$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,01$ ) kök uzunluğu üzerinde önemli farklılıklar yarattığı, sulama seviyelerinin ise ( $P>0,05$ ) etkisinin önemli olmadığı görülmüştür. Mikoriza+rizobakteri uygulanmış bitkilerde en uzun kökler tespit edilmiştir. Sulama miktarı azaldıkça yani kuraklık stresi arttıkça kök uzunluğu azalmıştır. En uzun kök, ortalama 25.53 cm ile, % 100 sulama seviyesindeki mikoriza uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 24.80 cm ile % 75 mikoriza+rizobakteri uygulaması izlemiştir. En

kısa kök uzunluğu ise 20.53 cm ile % 25 sulama yapılan mikoriza uygulanan bitkilerden elde edilmiştir.

**Tablo 9.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök uzunluğu (cm) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |                |                |                | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)       | S3 (%50)       | S4 (%25)       |                        |
| Kontrol                            | 20.00 b                     | 22.53 ab       | 21.00 ab       | 21.93 ab       | <b>21.37 b</b>         |
| Mikoriza                           | 25.53 a                     | 23.13 ab       | 23.67 ab       | 20.53 ab       | <b>23.22 ab</b>        |
| Rizobakteri                        | 22.00 ab                    | 21.40 ab       | 14.27 ab       | 24.40 ab       | <b>23.02 ab</b>        |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 24.60 ab                    | 24.80 ab       | 21.73 ab       | 23.13 ab       | <b>23.57 a</b>         |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>23.03 a</b>              | <b>22.97 a</b> | <b>22.67 a</b> | <b>22.50 a</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |                |                |                |                        |
| Uygulama (U):                      | *                           |                |                |                |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | ö.d.                        |                |                |                |                        |
| U X KSS:                           | **                          |                |                |                |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Mikorizanın daha etkin su kullanımı için hifleri aracılığı ile kökün ulaşamadığı alanlardan su temin ederek bitkinin su stresine dayanıklılığını rapor eden Demirel (2019) ve Drüge ve Schönbeck (1992) ile Nadaem vd. (2014), rizobakterilerin varlığının mikorizal mantarın köklere nüfuz etmesini kolaylaştıracak şekilde hücre geçirgenliğini artırarak hif büyümesini teşvik ettiği ve bitki köklerinin mikorizal mantarlar tarafından kolonizasyonunun sağlandığı bildirilmektedir.

Mikoriza'nın ürettiği oksin, sitokinin, vitaminler ve diğer maddeler ile kök alanını ve uzunluğunu arttırarak, kökleri patojenlerden koruduğu ve suyun alımını, depolanmasını ve bitkiye taşınmasını arttırarak kuru maddelerinde artış sağladığı bildirilmektedir (Karadağ, 2013). Azizi vd. (2021), mersin bitkisinde kuraklığa direnci belirlemek amacıyla mikoriza (*Funneliformis mosseae*, *Rhizophagus irregularis*) ve rizobakteri (*Pseudomonas fluorescens*, *P. putida*) uygulaması yaptıkları çalışmalarında, artan su stresi ile birlikte kök uzunluğunun azaldığını, ancak AMF (mikoriza) ve PGPR (bakteri) birlikte uygulandığında kök uzunluğunun arttığını bildirmişlerdir. Bu sonuçlar kendi araştırmamızdan elde ettiğimiz bulgular ile benzerlik göstermektedir (Şekil 22).



**Şekil 22.** Bitki kök uzunluğu ölçümleri

### 3.7. Kök Yaş Ağırlığı

Petunya’da kök yaş ağırlığı üzerine farklı uygulama ve sulama seviyelerinin etkileriyle ilgili bulgular ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 10’da verilmiştir. Çalışma sonunda, uygulamaların ( $P<0,01$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,01$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşiminin ( $P<0,01$ ) kök yaş ağırlığı üzerine istatistiksel yönden oldukça önemli etkileri olduğu saptanmıştır. En fazla kök yaş ağırlığı ortalama 3.89 gr ile %50 sulama seviyesindeki mikoriza uygulamasından, en az kök yaş ağırlığı ise ortalama 1.82 gr ile %25 sulama seviyesindeki mikoriza uygulamasından elde edilmiştir.

**Tablo 10.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök yaş ağırlığı (gr) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |               |               |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)      | S3 (%50)      | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 2.35 cde                    | 3.11 abcd     | 2.89 abcd     | 2.21 de       | <b>2.64 c</b>          |
| Mikoriza                           | 3.53 ab                     | 3.42 ab       | 3.89 a        | 1.82 e        | <b>3.16 ab</b>         |
| Rizobakteri                        | 2.84 abcde                  | 3.19 abcd     | 2.81 bcde     | 3.23 abc      | <b>3.04 b</b>          |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 3.66 ab                     | 3.31 abc      | 3.57 ab       | 3.26 abcd     | <b>3.45 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>3.09 a</b>               | <b>3.27 a</b> | <b>3.28 a</b> | <b>2.65 b</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |               |               |               |                        |
| Uygulama (U):                      | **                          |               |               |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                          |               |               |               |                        |
| U X KSS:                           | **                          |               |               |               |                        |

<sup>z</sup>: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Stres faktörlerinden birisi de tuzluluk stresidir. Altunlu (2020), farklı tuzlu koşullar (1.5, 3, 6 dSm-1) altında mikoriza (*Glomus intraradices*) ve rizobakteri (*Bacillus subtilis*) uygulamasının biber (*Capsicum annuum* L. cv Seki F1)'in bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürüttüğü çalışmada kök yaş ağırlığı bakımından en iyi sonucu her 3 farklı tuzluluk koşullarında da mikoriza +rizobakteri uygulamasından, daha sonra sırasıyla mikoriza ve rizobakteri uygulamalarından elde etmiştir. Bizim sonuçlarımızla bu bakımdan benzerlik göstermektedir.

### 3.8. Kök Kuru Madde Ağırlığı

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinin kök kuru madde ağırlığı üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 11'de verilmiştir. Buna göre uygulamaların ( $P<0,001$ ) ve sulama seviyelerinin ( $P<0,05$ ) kök kuru madde ağırlığı üzerinde önemli farklılıklar yarattığı, her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ise ( $P>0,05$ ) istatistiksel yönden önemli olmadığı görülmüştür. En fazla kök kuru madde oranı, ortalama 0.57 gr ile, % 75 sulama seviyesindeki Mikoriza+rizobakteri bitkilerinden elde edilmiştir. Bunu 0.50 gr ile % 50 mikoriza uygulaması izlemiştir. En az kök kuru madde ağırlığı ise 0.37 gr ile % 25 sulama yapılan kontrol ve rizobakteri uygulanan bitkilerde görülmüştür.

**Tablo 11.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların kök kuru madde ağırlığı (gr) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |               |                |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)      | S3 (%50)       | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 0.44 ab                     | 0.44 ab       | 0.41 ab        | 0.37 b        | <b>0.41 b</b>          |
| Mikoriza                           | 0.46 ab                     | 0.44 ab       | 0.50 ab        | 0.42 ab       | <b>0.46 ab</b>         |
| Rizobakteri                        | 0.44 ab                     | 0.44 ab       | 0.41 ab        | 0.37 b        | <b>0.41 b</b>          |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 0.43 ab                     | 0.57 a        | 0.43 ab        | 0.45 ab       | <b>0.47 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>0.42 ab</b>              | <b>0.47 a</b> | <b>0.43 ab</b> | <b>0.39 b</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |               |                |               |                        |
| Uygulama (U):                      | ***                         |               |                |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | *                           |               |                |               |                        |
| U X KSS:                           | ö.d.                        |               |                |               |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Rehman vd. (2022), iyi sulanan (% 80 tarla suyu kapasitesi), orta derecede su stresi (% 50 tarla suyu kapasitesi) ve şiddetli su stresi (% 35 tarla suyu kapasitesi) altında yetiştirilen buğdayda, mikoriza (*Rhizophagus irregularis*) ve rizobakteri (*Bacillus amyloliquefaciens*)'nin birlikte etkileşimlerini araştırmışlardır. Kök kuru ağırlığı bakımından sulama uygulamaları ( $P<0,001$ ) ve mikroorganizma uygulamaları ( $P<0,001$ ) istatistiksel yönden önemli bulunurken iki faktörün interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Bizim çalışmamızda da istatistiksel yönden aynı bulgular elde edilmiştir. Yine araştırmacıların yaptıkları çalışmada en fazla kök kuru ağırlığı mikoriza +rizobakteri uygulamasından, en az kök kuru ağırlığı ise kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. Bu bakımdan da elde edilen sonuçlar bizim bulgularımızla uyum içerisindedir.

### 3.9. Bitki Yaş Ağırlığı

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinin bitki yaş ağırlığı üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 12'de verilmiştir. Buna göre uygulamaların ( $P<0,001$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,01$ ) ve uygulama x sulama seviyeleri karşılıklı etkileşimlerinin ( $P>0,05$ ) bitki yaş ağırlığı üzerinde önemli farklılıklar yarattığı, her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,01$ ) istatistiksel yönden oldukça önemli etkiler oluşturduğu görülmüştür. Uygulamalar bakımından mikoriza +rizobakteri uygulaması, sulama seviyeleri bakımından % 75 lik sulama uygulanan bitkilerden en etkili sonuçlar bulunmuştur. En fazla bitki yaş ağırlığı, ortalama 54.14 gr ile, % 100 sulama seviyesindeki mikoriza+rizobakteri uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Bunu 47.31 gr ile % 100 mikoriza uygulaması izlemiştir. Taze sürgün ağırlığında en fazla kayıp % 25 sulama seviyesindeki bitkilerde olmuştur. En az bitki yaş ağırlığı ise 17.07 gr ile % 25 sulama seviyesindeki kontrol uygulanan bitkilerden elde edilmiştir. Kuraklık stresi uygulamasının (% 25) bitki yaş ağırlığını etkilediği belirlenirken, kuraklık stresi sonucu hücrede meydana gelen su kaybı, plazma membranında oluşan çökme ve serbest kalan hidrolitik enzimler sitoplazmanın otolizine neden olmakta, sonuçta büyümede yavaşlama ve turgorda azalma meydana gelmektedir (Kalefetoğlu T. ve Ekmekçi Y. 2005).

**Tablo 12.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların bitki yaş ağırlığı (gr) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |                |                |                | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|----------------|----------------|----------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)       | S3 (%50)       | S4 (%25)       |                        |
| Kontrol                            | 37.15 bcd                   | 41.06 bcd      | 39.89 bcd      | 17.07 f        | <b>33.80 b</b>         |
| Mikoriza                           | 47.31 ab                    | 46.89 ab       | 32.53 de       | 18.59 f        | <b>36.33 ab</b>        |
| Rizobakteri                        | 35.22 cd                    | 45.09 abc      | 35.13 cd       | 21.38 ef       | <b>34.21 ab</b>        |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 54.14 a                     | 44.99 abc      | 37.65 bcd      | 23.19 ef       | <b>39.99 a</b>         |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>43.46 a</b>              | <b>44.51 a</b> | <b>36.30 b</b> | <b>20.06 c</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |                |                |                |                        |
| Uygulama (U):                      | ***                         |                |                |                |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | **                          |                |                |                |                        |
| U X KSS:                           | **                          |                |                |                |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Begum vd. (2022) yaptıkları çalışmada, normal sulama ve kuraklık stresi altındaki tütün bitkilerine arbüsküler mikoriza (*Glomus versiforme*), bakteri (*Bacillus metilotrophicus*) ve her iki faktörün birlikte uygulamalarının etkilerini araştırılmıştır. Taze ağırlık bakımından hem normal sulama hem de kuraklık stresi koşullarında mikoriza +bakteri uygulaması en etkili bulunurken, bunu mikoriza ve bakteri uygulamaları izlemiştir. En az taze sürgün ağırlığı ise kontrol bitkilerinden elde edilmiştir.

Khajeeyan vd. (2024) da, kuraklığa tolerant bir bitki olan ve hem süs hem de tıbbi bitki olarak kullanılan *Aloe barbadensis*’e mikoriza (*Funneliformis mosseae*) ve bakteriyi (*Pseudomonas putida* and *Pantoea agglomerans* içeren) birlikte uygulamış ve 4 farklı su rejiminde (%25, %50, %75, %100) yetiştirerek kuraklık stresine olan etkileri araştırmışlardır. Mikoriza +bakteri uygulaması kontrol, mikoriza ve bakterinin ayrı ayrı uygulamalarına kıyasla sürgün taze ağırlığı bakımından sırasıyla %19, %11 ve %17’den fazla artış göstermiştir. Taze sürgün ağırlığında en fazla kayıp % 25 su seviyesi uygulamasında olmuş ve kontrole (% 100) göre % 43 daha azalmıştır. Mikoriza ve bakterinin ayrı ayrı uygulanması taze sürgün ağırlığı üzerinde kontrol bitkilerine göre önemli bir etki oluşturmamış, ikisi birlikte uygulandığında ise diğer uygulamalara göre etkisi yüksek olmuştur.



Behrooz vd. (2019)'nın da cevizde yaptıkları çalışmada mikoriza ve bakterinin birlikte uygulanması, tek tek uygulamalara göre hem normal sulama hem de kuraklık stresi koşullarında daha etkili olmuştur.

Yaptığımız bu çalışma, Behrooz vd. (2019), Begum vd. (2022), Khajeeyan vd. (2024)'nin yaptıkları çalışmalar ile uyumludur.

### 3.10. Bitki Kuru Madde Ağırlığı

Farklı sulama seviyeleri ve uygulamaların petunya bitkisinin bitki kuru madde ağırlığı üzerine olan etkileriyle ilgili veriler ve istatistiksel değerlendirmeler Tablo 13'de verilmiştir. Uygulamaların ( $P<0,001$ ), sulama seviyelerinin ( $P<0,001$ ) ve her iki faktörün karşılıklı etkileşimlerinin ( $P<0,001$ ) kök kuru madde ağırlığı üzerinde oldukça önemli farklılıklar yarattığı görülmüştür. Uygulamalar bakımından mikoriza +rizobakteri uygulaması, sulama seviyeleri bakımından % 100 lük sulama uygulanan bitkilerden en etkili sonuçlar bulunmuştur. En fazla kök kuru madde ağırlığı, ortalama 5.97 gr ile, % 100 sulama seviyesindeki mikoriza+rizobakteri uygulanan bitkilerinden elde edilmiştir. Bunu 5.90 gr ile % 100 mikoriza bitkileri ile 5.08 gr ile % 75 sulama seviyesindeki mikoriza+rizobakteri uygulanan bitkiler izlemiştir. En az kök kuru madde ağırlığı ise 3.01 gr ile % 25 sulama yapılan kontrol bitkilerinde görülmüştür.

**Tablo 13.** Kısıntılı sulama ve farklı uygulamaların bitki kuru madde ağırlığı (gr) üzerine etkileri

| Uygulamalar                        | Kısıntılı Sulama Seviyeleri |               |                |               | Uygulamalar Ortalaması |
|------------------------------------|-----------------------------|---------------|----------------|---------------|------------------------|
|                                    | SI (%100)                   | S2 (%75)      | S3 (%50)       | S4 (%25)      |                        |
| Kontrol                            | 4.43 b                      | 3.89 bc       | 3.99 bc        | 3.01 c        | <b>3.83 b</b>          |
| Mikoriza                           | 5.90 a                      | 4.29 bc       | 4.12 bc        | 3.89 bc       | <b>4.55 a</b>          |
| Rizobakteri                        | 4.33 bc                     | 4.80 ab       | 4.02 bc        | 4.74 ab       | <b>4.47 a</b>          |
| Mikoriza +Rizobakteri              | 5.97 a                      | 5.08 ab       | 3.84 bc        | 3.76 bc       | <b>4.66 a</b>          |
| <b>Kısıntılı Sulama Ortalaması</b> | <b>5.16 a</b>               | <b>4.51 a</b> | <b>3.99 bc</b> | <b>3.85 c</b> |                        |
| <b>Önemlilik:</b>                  |                             |               |                |               |                        |
| Uygulama (U):                      | ***                         |               |                |               |                        |
| Kısıntılı Sulama Seviyesi (KSS):   | ***                         |               |                |               |                        |
| U X KSS:                           | ***                         |               |                |               |                        |

z: Tukey testine göre %5 güven düzeyinde farklı olan ortalamalar farklı harflerle gösterilmektedir.

\*, \*\* ve \*\*\* %5, %1 ve %0,1 derecesinde önemlidir.

ö.d.: önemli değil

Begum vd. (2022)'nin yaptıkları çalışmada da, normal sulama ve kuraklık stresi koşullarındaki tütün bitkilerinde kuru ağırlık bakımından hem normal sulama hem de kuraklık stresi koşullarında mikoriza +bakteri uygulaması en etkili bulunurken, bunu mikoriza ve bakteri uygulamaları izlemiştir. En az kuru madde ağırlığı ise kontrol bitkilerinden elde edilmiştir. Çiylez (2019) tarafından, bitki yaş ve kuru ağırlıkları üzerine bakteri ırklarının tek başına kullanılması durumunda mikoriza ve mikoriza + bakteri uygulamaları kadar etkili olmadığı bildirilmektedir. Bu sonuçlar bizim sonuçlarımızla uyum içerisindedir.

### **3.11. Petunya'da İncelenen Parametreler Arasında Elde Edilen Korelasyon Bulguları**

Ölçüm ve analizi yapılan morfolojik özellikler arasındaki ilişkilerin istatistiksel açıdan incelenmesinde korelasyon tablosundan yararlanılmıştır. Buna göre hazırlanan Tablo 14'de çalışmada incelenen tüm parametreler arasındaki ilişkiler,  $P \leq 0.001$  ve  $P \leq 0.05$  hata sınırı esas alınarak istatistiksel olarak önem dereceleri bakımından değerlendirilmiştir. Çiçek sayısı ve yaprak sayısı, bitki boyu, petal uzunluğu, petal eni, bitki yaş ağırlığı ve bitki kuru arasında önemli düzeyde pozitif yönde bir ilişki görülürken (korelasyon katsayıları sırasıyla; 0.367\*\*\*, 0.344\*\*\*, 0.387\*\*\*, 0.352\*\*\*, 0.237\*\*\*, 0.255\*\*\*) aynı özellik; kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ile önemsiz düzeyde olmuştur. Yaprak sayısı; bitki boyu, petal uzunluğu, petal eni, kök yaş ağırlığı, bitki yaş ağırlığı ile önemli düzeyde korelasyon gösterirken (0.421\*\*, 0.324\*\*\*, 0.314\*\*\*, 0.177\*\*, 0.253\*\*) kök uzunluğu ile negatif yönde bir korelasyon oluşturmuştur. Bitki boyunun petal uzunluğu, petal eni, kök yaş ağırlığı, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ile pozitif yönde bir ilişki görülürken kök uzunluğu ile önemsiz olmuştur. Petal uzunluğu; petal eni (0.452\*\*\*), kök yaş ağırlığı (0.241\*\*\*), bitki yaş ağırlığı (0.239\*\*\*), bitki kuru ağırlığı (0.169) ile pozitif yönde bir korelasyon olmuş, kök uzunluğu ile önemsiz düzeyde kalmıştır. Petal eni; kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, bitki yaş ağırlığı, bitki kuru ağırlığı ile pozitif korelasyon (korelasyon katsayıları sırasıyla 0.215\*\*\*, 0.135\*, 0.239\*\*\*, 0.169\*\*) oluşturmuştur.

**Tablo 14.** Petunyada incelenen parametreler arasında elde edilen korelasyon katsayıları

|                      | 1        | 2        | 3         | 4        | 5        | 6       | 7      | 8      | 9     | 10    |
|----------------------|----------|----------|-----------|----------|----------|---------|--------|--------|-------|-------|
| <b>1 Çiç.Say</b>     | 1.000    |          |           |          |          |         |        |        |       |       |
| <b>2 Yap.Say.</b>    | 0.367*** | 1.000    |           |          |          |         |        |        |       |       |
| <b>3 Bit. Boy.</b>   | 0.344*** | 0.421*** | 1.000     |          |          |         |        |        |       |       |
| <b>4 Petal Uz.</b>   | 0.387*** | 0.324*** | 0.412***  | 1.000    |          |         |        |        |       |       |
| <b>5 Petal En.</b>   | 0.352*** | 0.314*** | 0.616 *** | 0.452*** | 1.000    |         |        |        |       |       |
| <b>6 Kök Uz.</b>     | 0.040    | -0.010   | 0.050     | 0.021    | 0.114    | 1.000   |        |        |       |       |
| <b>7 Kök Yaş.</b>    | 0.054    | 0.177**  | 0.195***  | 0.241*** | 0.215*** | 0.160 * | 1.000  |        |       |       |
| <b>8 Kök Kuru.</b>   | 0.093    | 0.111    | 0.127*    | 0.048    | 0.135*   | 0.057   | 0.123  | 1.000  |       |       |
| <b>9 Bitki Yaş.</b>  | 0.237*** | 0.253*** | 0.382***  | 0.244*** | 0.239*** | -0.063  | -0.024 | -0.019 | 1.000 |       |
| <b>10Bitki Kuru.</b> | 0.255*** | 0.255    | 0.228***  | 0.265*** | 0.169**  | 0.079   | 0.077  | 0.0548 | -0.01 | 1.000 |

\*\*\* % 0.1, \*\* % 1, \* % 5 düzeyinde önemli

#### 4. SONUÇ

Bu çalışma son yıllarda küresel ısınmanın bir sonucu olarak tarımsal verimliliği olumsuz yönde etkileyen abiyotik stres faktörlerinden kuraklık stresine karşı petunya (*Petunia hybrida* L.) ‘da mikoriza ve rizobakteri uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla 2023-2024 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışmada *P. hybrida* L. türüne ait ‘Super cascade White’ çeşidi kullanılmıştır. Çeşide ait tohumların ekimi yapıldıktan 3 ay sonra fidelerin şaşırtma döneminde mikoriza ve rizobakteri uygulamaları yapılmış, şaşırtmadan yaklaşık bir ay sonra ise su stresi uygulamalarına geçilmiştir.

Elde edilen sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde mikoriza, rizobakteri ve mikoriza+rizobakteri uygulamalarının incelenen tüm morfolojik özellikler bakımından kontrol bitkilerine göre daha etkili olduğu bulunmuştur. Yaş ve kuru ağırlıklar bakımından, birlikte uygulamaların ayrı ayrı uygulamalara göre daha etkili olduğu görülmektedir. En düşük değerler ise kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Toprak altı aksamalar için mikoriza+rizobakteri uygulamaları ile mikoriza uygulamaları; toprak üstü aksamalardan en önemli kalite kriterleri olan yaprak, çiçek sayısı ve petal boyu bakımından rizobakteri; bitki boyu ve petal eni bakımından ise mikorizanın tek uygulanmaları, birlikte uygulanmalarına göre daha ön plana çıkmıştır.

Su stresi koşullarında en iyi sonuçlar kontrol bitkilerinden (% 100 su uygulaması) elde edilmiştir. Bu da petunya’nın kuraklık koşullarından etkilenebileceğini göstermektedir. Bundan sonraki % 75 su kısıtı uygulamaları ise % 100 su uygulamasına yakın değerlerde ve aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. Bu bakımdan kuraklık stresi koşullarında rizobakteri ile % 75 su uygulaması yapılarak petunya’da çiçek, yaprak gibi önemli büyüme özellikleri ve kalite kriterleri bakımından olumsuz etkilerin üstesinden gelinebileceği, kök uzunluğu, kök ağırlığı gibi toprak altı aksamalarda ise mikorizanın tek başına ve rizobakteri ile birlikte uygulanarak, % 75 su kısıtının yeterli olabileceği ortaya koyulmuştur.

Kuraklık stresi arttıkça bitki gelişimi olumsuz etkilenmiş buna karşın mikoriza ve rizobakteri uygulamaları küresel ısınmanın beraberinde getirdiği kuraklık stresinin büyüme üzerindeki olumsuz etkisini gidermede etkili olmuştur.

Sonuç olarak, günümüzde tarımsal üretimde bitki gelişimini teşvik eden ve doğal kökenli olup çevreye zararı olmayan rizobakteriler ve mikorizaların kuraklık

stresinin etkilerini azaltmak amacıyla kullanılabilme potansiyeline sahip oldukları belirlenmiş ve süs bitkilerinde kullanımı oldukça sınırlı olan bu uygulamaların kullanımının yaygınlaştırılması gerekliliği ortaya koyulmuştur. Çalışmamızda petunya'nın kuraklığa karşı gösterdiği morfolojik tepkileri incelenmiş olup bundan sonraki çalışmalarda biyokimyasal ve fizyolojik karakterlerle değerlendirilmesi gerekliliği sonucuna varılmıştır. Yine her türde farklı uygulama doz ve şekillerinin araştırılmasının uygun olacağı düşünülmektedir.



## KAYNAKÇA

- Abdel-Salam, E., Alatar, A. & El-Sheikh, M.A. (2018). Inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi alleviates harmful effects of drought stress on damask rose. *Saudi journal of biological sciences*, 25(8), 1772-1780.
- Akgül Ş. (2022). *Bentonit ve tavuk gübresinin toprağın biyolojik özellikleri ile hercai menekşe bitkisinin gelişimi üzerine etkileri*, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ordu, S;1-6.
- Akhtar, M.S. & Siddiqui, Z.A. (2010). Role of plant growth promoting rhizobacteria in biocontrol of plant diseases and sustainable agriculture, Plant Growth and Health Promoting Bacteria, *Microbiology Monographs 18*, DOI 10.1007/978-3-642-13612-2\_7,p:157-195.
- Alkaç, O. & Güneş, M. (2022). Effects of compost, fertilization, rhizobacteria and mycorrhiza applications on growth, flowering and bulb quality of ‘Jan van Nes’ tulip varieties. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10(12): 2430-2437, 2022 DOI: <https://doi.org/10.24925/turjaf.v10i12.2430-2437.5465>
- Altunlu, H. (2020). Tuz stresi altındaki biberde (*Capsicum annuum* L.) mikoriza ve rizobakteri uygulamasının bitki gelişimi ve bazı fizyolojik parametreler üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 57(4), 501-510.
- Anonim (2023). Orta Anadolu Süs Bitkileri ve Mamulleri İhracatçıları Birliği. Erişim Tarihi: 30.03.2024
- Anonymous (2024). Petunia. Wikipedia. <https://en.wikipedia.org/wiki/Petunia>
- Asraf, M., Arfan, M., Shahbaz, M., Ahmad, A. & Jamil, A. (2002). Gas Exchange Characteristics and Water Relations in Some Elite Okra Cultivars Under Water Deficit. *Photosynthetica*, 40(4): 615-620.
- Asrar, A.A., Abdel-Fattah, G.M. & Elhindi, K.M. (2012). Improving growth, flower yield, and water relations of snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) plants grown under well-watered and water-stress conditions using arbuscular mycorrhizal fungi. *Photosynthetica*. 50 (2) 305-316
- Azizi S., Taberi M., Abad A., Ammer H., Guidi L., Bader M. Soil Inoculation with Beneficial Microbes Buffers Negative Drought Effects on Biomass, Nutrients, and Water Relations of Common Myrtle, *Front. Plant Sci.*, <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.892826>
- Begum, N., Wang, L., Ahmad, H., Akhtar, K., Roy, R.Khan & M.I.Zhao, T.. (2022). Co-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and the plant growth-promoting rhizobacteria improve growth and photosynthesis in tobacco under drought stress by up-regulating antioxidant and mineral nutrition

metabolism. *Microb Ecol* 83, 971–988 <https://doi.org/10.1007/s00248-021-01815-7>.

- Behrooz, A., Vahdati, K., Rejali, F., Lotfi, M., Sarikhani, S., & Leslie, C. (2019). Arbuscular mycorrhiza and plant growth-promoting bacteria alleviate drought stress in walnut. *HortScience horts*, 54(6), 1087-1092. Retrieved Jun 23, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI13961-19>
- Bolat, N.Y. (2006). *Doğal ekosistemde bulunan mikoriza türlerinin kültür bitkilerine adaptasyonunun sağlanması*. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı. Yüksek Lisans tezi.
- Bombarely, A., Moser, M., Amrad, A., Bao, M., Bapaume, L., Barry, C.S., Bliet, M., Boersma, M.R., Borghi, L., Bruggmann, R., Bucher, M., D'Agostino, N., Davies, K., Druege, U., Dudareva, N., Egea-Cortines, M., Delledonne, M., Fernandez-Pozo, N., Franken, P., Grandont, L., Heslop-Harrison, J.S., Hintzsche, J., Johns, M., Koes, R., Lv, X., Lyons, E., Malla, D., Martinoia, E., Mattson, N.S., Morel, P., Mueller, L.A., Muhlemann, J., Nouri, E., Passeri, V., Pezzotti, M., Qi, Q., Reinhardt, D., Rich, M., Richert-Pöggeler, K.R., Robbins, T.P., Schatz, M.C., Schranz, M.E., Schuurink, R.C., Schwarzacher, T., Spelt, K., Tang, H., Urbanus, S.L., Vandenbussche, M., Vijverberg, K., Villarino, G.H., Warner, R.M., Weiss, J., Yue, Z., Zethof, J., Quattrocchio, F., Sims, T.L. & Kuhlemeier, C. (2016.) Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia hybrida*. *Nature Plants*, volume 2, n° 6. 1-9 pp.
- Bose, T.K., Aswath C., (2021). Ticari Çiçekler. Çiçek ve Tıbbi Bitkiler Bölümü, Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü, Daya Yayınevi Bir Bölümü, Astral Uluslararası Pvt. Ltd. Yeni Delhi – 110002 Bengaluru 560089, Karnataka, Hindistan. S;55. ISBN 978-93-90435-45-6 (HB)
- Chamani, E., Joyce, D.C. & Reihanytabar, A. (2008). Vermicompost effects on the growth and flowering of *Petunia hybrida* 'Dream Neon Rose'. *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 3(3), 506-512
- Çelik, Y., Yarşi, G. & Özarslandan, A. (2019). Mikorizaların Bitkilerde Stres Mekanizması Üzerine Etkileri. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi. Cilt:2, Sayı: 1, S:1-11*
- Çiylez, S. (2019). *Bazı mikoriza ve bakteri ırklarının birlikte ve tek olarak bazı çilek çeşitlerinde büyüme ve verim üzerine etkileri*. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı. S:53
- Dalda Şekerci, A. & Ünlü, E. (2023). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri (pgpr) uygulamalarının kalanço (*Kalanchoe blossfeldiana*) çeliklerinde köklenme ve fide kalitesine etkisi. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*. ISSN: 2651-5334, S:73-78.



- De Silva, A., Patterson K., Rothrock, C. and Moore J., 2000. Growth promotion of highbush blueberry by fungal and bacterial inoculants. *Hortscience*, 35(7), 1228- 1230.
- Deborah, B. & Kristine, M., (2018). Growing petunias [en ligne]. Date de consultation: 17/05/2020. Disponible sur: [https://extension.umn.edu/ flowers/growing-petunias](https://extension.umn.edu/flowers/growing-petunias)
- Demirel, M. (2019). *Farklı sulama seviyeleri ve mikoriza mantarı uygulamalarının biberde verim ve kaliteye etkileri*. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, S;3-4
- Dere, S. (2021). Kuraklık stresi koşullarında bakteri uygulamasının domates bitkileri üzerine etkileri, *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 52-59.
- Dole, J.M. & H.F. Wilkins. (2004). *Floriculture: Principles and species*. 2nd ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey, USA.
- DOORENBOS, J. and KASSAM, A.H., 1986. *Yield Response to Water*. FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome.
- Drüge, U. & Schönbeck. F. (1992). Effect of vesicular–arbuscular mycorrhizal. Infection on transpiration, photosynthesis and growth of flax (*Linum usitissimum* L.) in relation to cytokinin levels. *J. Plant Physiol.* 141: 40-48
- Estrada-Melo, A.C., Ma, C., Reid, M.S. & Zhong Jiang, C. (2015). Overexpression of an ABA biosynthesis gene using a stress-inducible promoter enhances drought resistance in petunia, *Horticulture Research*, Volume 2, 2015, 15013, <https://doi.org/10.1038/hortres.2015.13>
- Evyapan, G. & Tokol, A. (2000) *Landscape design lectures*. METU Faculty of Architecture Press, Ankara.
- Firdous Q, Khan F. & Ahmad MA. (2023). In vitro proliferation of *Petunia hybrida* vilm; worldwide important ornamental plant. *J Gene Engg Bio Res*, 5(1), 03-13.
- Forchetti G, Masciarelli O, Alemanno S, Alvarez D & Abdala G. (2010). Endophytic bacteria improve seedling growth of sunflower under water stress, produce salicylic acid, and inhibit growth of pathogenic fungi. *Curr Microbiol.* 2010;61(6):485–493.
- Ghorchiani, M., Etesami, H., Alikhani, H.A.2018. Improvement of growth and yield of maize under water stress by co-inoculating an arbuscular mycorrhizal fungus and a plant growth promoting rhizobacterium together with phosphate fertilizers, *Agriculture, Ecosystems & Environment*, Volume 258, Pages 59-70.

- Goldani, M., & Kamali, M. (2016). Evaluation of culture media including vermicompost, compost and manure under drought stress in Iranian petunia (*Petunia hybrida*). *Plant Productions*, 39(3), 91-100.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S. & Chenglie, Z. (2005). Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (2): 313-321
- Gouveia, E.M.R. (2016). Effects of Arbuscular Mycorrhiza on plant growth of four ornamental annuals (*Dianthus chinensis* x *barbatus*, *Impatiens wallerana*, *Petunia* x *hybrida* and *Viola* x *wittrockiana*) commonly grown in South Africa. Master of Science. Ornamental Horticulture At The University of South Africa.
- Griesbach, R.J. (2007). Petunia. In: Anderson, N.O. (eds) *Flower breeding and genetics*. Chapter 11. 301–336. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1\\_117](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-4428-1_117)
- Grover, M., Ali, S.Z., Sandhya, V., Rasul, A. & Venkateswarlu, B. 2011. Role of microorganisms in adaptation of agriculture crops to abiotic stresses. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 27(5), 1231-1240.
- Gürgülü, H. & Ul, M.A. (2017). İzmir’de yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerleri ve sulama programları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 2017, 54 (3):311-317.
- Hanaka, A., Ozimek, E., Reszczyńska, E., Jaroszuk-Ścisel, J., & Stolarz, M. (2021). Plant tolerance to drought stress in the presence of supporting bacteria and fungi: An efficient strategy in horticulture. *Horticulturae*, 7(10), 390.
- Hancıoğlu, N.E. (2012). *Farklı sulama suyu kalitesi ve sulama suyu düzeylerinin kekik bitkisinde (Origanum onites L.) verim ve kalite parametrelerine etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. 149 s.
- Hattapoğlu, M.Z. (2004). *Su olgusunun yerleşmeler evrimindeki yeri ve günümüzde bir kentsel tasarım elemanı olarak yeniden yorumlanması*. Mimar Sinan Üniversitesi Güzel Sanatsal Fakültesi. Yüksek Lisans Tezi. 183 s.
- Hoda, E. E. & Mona, S. (2014). Effect of bio and chemical fertilizers on growth and flowering of *Petunia hybrida* plants. *American Journal of Plant Physiology*, 9(2), 68-77
- Kalefetoğlu T., Ekmekçi Y., (2005). *Bitkilerde Kuraklık Stresinin Etkileri ve Dayanıklılık Mekanizmaları*. Hacettepe Üniversitesi. Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, *G.Ü. Fen Bilimleri Dergisi* 18(4): 723-740
- Karadağ, S. /2013). *Sinirli ot (Plantago lanceolata l.) bitkilerinde mikorizanın kuraklık toleransına etkisi*. Yüksek Lisans Tezi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Botanik Programı. İstanbul S: 139.

- Karakaya, Y. (2021). *Hercai menekşenin gelişim ve kalite parametreleri üzerine farklı konsantrasyonlarındaki akvaryum suyunun etkisi*. Çankırı Karatekin Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Peyzaj Mimarlığı Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çankırı, S;1-4 <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Khajeeyan, R., Salehi, A., Movahhedi Dehnavi, M. *et al.* Evaluation of the benefits of plant growth-promoting rhizobacteria and mycorrhizal fungi on biochemical and morphophysiological traits of *Aloe barbadensis* Mill under water deficit stress. *Sci Rep* 14, 14480 (2024). <https://doi.org/10.1038/s41598-024-64878-9>
- Kılınç, Y. (2011). *Tescilli haşhaş (Papaver somniferum L.) çeşitlerinde su stresinin antioksidant enzimler üzerine etkisi*. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyoloji Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 51s.
- Kınık, E. (2014). *Bazı Odunsu Süs Bitkilerinin Çelikle Çoğaltılmaları Üzerine Oksin, Mikoriza ve Bakteri Uygulamalarının Etkileri*. Ondokuz Mayıs Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, 87.
- Kilgore, G. (2024). Petunia flower guide: How to Grow, Plant, Care for 5 Types of Petunias. <https://8billiontrees.com/gardening/petunia-flower/>
- Kohler J, Hernández JA, Fuensanta Caravaca F & Roldán A. (2008). Plant-growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in waterstressed plants. *FPB*. 2008;35(2):141-151.
- Koide, R.T. (1991). Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. *New Phytol.*, 117: 365-386.24
- Kuila, D. & Ghosh, S. (2022). Aspects, problems and utilization of arbuscular mycorrhizal (AM) application as bio-fertilizer in sustainable agriculture. *Current Research in Microbial Sciences*. Volume:3, p:1-11
- Lu, X., & Koide, R.T. (1994). The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. *New Phytologist*, 128(2), 211-218.
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. & Pinto, M. (2007). Effects of drought stress on the osmotic adjustment, Cell Wall Elasticity and Cell Volume of Six Cultivars of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) *Eur J Argon*, 26: 30-38.
- Mohammadi, K. 2011. *Soil, plant and microbe interactions*. Lambert Academic Publishing., 113 pp.
- Mohammadi, M., Sanavy, S.A.M.M., Pirdashti, H., Zand, B. & Sarvestani, Z.T. (2019). Arbuscular mycorrhizae alleviate water deficit stress and improve antioxidant response, more than nitrogen fixing bacteria or chemical fertilizer in the evening primrose. *Rhizosphere*, 9 (2019), 76-89.
- Nadaem, S.M., Ahmad, M., Zahir, Z.A., Javaid, A. & Ashraf, M. (2014). The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving

crop productivity under stressful environments, *Biotechnology Advances*, Volume 32, Issue 2, Pages 429-448 2014.

- Naing, A. H., Campol, J. R., Kang, H., Xu, J., Chung, M. Y. & Kim, C. K. (2022). Role of ethylene biosynthesis genes in the regulation of salt stress and drought stress tolerance in petunia. *Frontiers in plant science*, 13, 844449.
- Nordstedt, N. P., & Jones, M. L. (2021). Genomic analysis of *Serratia plymuthica* MBSA-MJ1: A plant growth promoting rhizobacteria that improves water stress tolerance in greenhouse ornamentals. *Frontiers in Microbiology*, 12, 653556.
- Olgaç, Y. Kasım, R. & Kasım, M.U. (2022). Süs Bitkilerinde arbüsküler mikoriza kullanımı. *Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36(2), 479-497. <https://doi.org/10.20479/bursauludagziraat.1036947>
- Ortaş, İ. (1997). Mikoriza nedir? TUBİTAK dergisi. Ankara, Şubat (351).
- Öz, K. 2019. *Fındık Zurufu ile Hazırlanan Yetiştirme Ortamlarının Çuha (Primula Vulgaris) Bitkisinin Gelişimine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi Toprak Bilimi Ve Bitki Besleme Anabilim Dalı.
- Özbudak, E. & Acarsoy Bilgin, N. (2024). The effects of beneficial bacteria applications on yield and quality characteristics of “chandler” walnut variety. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences* 17(1): 13-19.
- Petruzzello, M. (2024). Petunia. Britannica, The Editors of Encyclopaedia. "petunia". *Encyclopedia Britannica*, 22 Mar. 2024, <https://www.britannica.com/plant/petunia>. Accessed 31 March 2024.
- Pınar H. (2009). *Farklı yabani domates ve biber genotiplerinin mikorizaya bağımlılıklarının belirlenmesi*, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Adana. S: 7-45
- Quattrocchio, F., Wing, J., van der Woude, K., Souer, E., de Vetten, N., Mol, J. & Koes, R. (1999). Molecular analysis of the anthocyanin 2 gene of petunia and its role in the evolution of flower color. *The Plant Cell*, 11(8): 1433-1444.
- Rehman, M. M. U., Zhu, Y., Abrar, M., Khan, W., Wang, W., Iqbal, A., Khan, A., Chen, Y., Rafiq, M., Tufail, M.A., Sheng Ye, J. & Xiong, Y. C. (2022). Moisture-and period-dependent interactive effects of plant growth-promoting rhizobacteria and AM fungus on water use and yield formation in dryland wheat. *Plant and Soil*, 1-17.
- Saba J, Moghaddam M, Ghassemi K. & Nishabouri MR. (2001). Genetic properties of drought resistance indices. *J Agr Sci Tech-Iran*. 3(1): 43–49
- Sabitha, C., Jawaharlal, M. & Ganga, M. (2009). Direct organogenesis in petunia (*Petunia hybrida* Vilm.). *Journal of Ornamental Horticulture*, 12(1):15-21.

- Sankar, B., Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R. & Panneerselvan, R. (2008). Relative efficacy of water use in five varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench under Water Limited Conditions. *Biointerfaces*, 62: 125-129.
- Saygılı, L. & Şirin, U. (2010). Çiçekleri yenilebilen süs bitkisi türleri. *IV. Süs Bitkisi Kongresi Bildiriler Kitabı*, 594-602.
- Sezen, I., Kaymak, H. Ç., Aytatlı, B., Dönmez, M. F. & Ercişli, S. (2014). Inoculations with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) stimulate adventitious root formation on semi-hardwood stem cuttings of *Ficus benjamina* L. *Propagation of Ornamental Plants*, 14(4), 152-157
- Sharma, M., Delta, A.K. & Kaushik, P. (2021). Glomus mosseae and *Pseudomonas fluorescens* application sustains yield and promote tolerance to water stress in *Helianthus annuus* L. *Stresses* 2021, 1, 305–316. <https://doi.org/10.3390/stresses1040022>
- Sink, K. C. (1984). Taxonomy. In *Petunia*. Springer Berlin Heidelberg: (pp. 3-9).
- Smith, S.E. & Read, D.J. (1997) *Mycorrhizal symbiosis*. 2nd Edition, Academic Press, London.
- Stehman, J.R., Lorenz-Lemke, A.P., Freiatas, L.B. & Semir, J. (2009). Chapter 1 The genus petunia. *Evolutionary, Developmental and Physiological Genetics*. Editors: Tom Gerarts, Judith Strommer. P:31
- Tahiri, Ai., Meddich, A., Raklami, A. Alahmad, A., Bectaoui, N., Anli, M. Götfert, M., Heulin, T., Achouak, W. & Oufdou, K. (2022). Assessing the potential role of compost, PGPR, and Amf in improving tomato plant growth, yield, fruit quality, and water stress tolerance. *J Soil Sci Plant Nutr* 22, 743–764 (2022). <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00684-w>
- Topçu, S., Kırdı, C., Daşgan, Y., Kaman H., Çetin, M., Yazıcı, A. & Bacon, M.A., (2007). Yield response and n-fertiliser recovery of tomato grown under deficit irrigation. *European Journal of Agronomy*, 26 (1), 64- 70.
- Tran, N H T, Hoang, D.V. & Phan, L.T. (2024). Drought stress induces early flowering and the stress tolerance of offspring in *Petunia* hybrid. *Plant Biotechnology* 41, 53–63 (2024) Copyright © 2024 Japanese Society for Plant Biotechnology. DOI: 10.5511/plantbiotechnology.23.1220a
- Vandenbussche M, Chambrier P, Rodrigues Bento S & Morel P (2016). *Petunia*, your next supermodel? *Front. Plant Sci.* 7:72. doi: 10.3389/fpls.2016.00072
- Venkateswarlu, B. & Shanker, A.K. 2009. Climate change and agriculture: adaptation and mitigation strategies. *Indian Journal of Agronomy*, 54(2), 226.

- Warner, R. M. (2010). Temperature and photoperiod influence flowering and morphology of four petunia spp. *HortScience horts*, 45(3), 365-368. Retrieved Mar 31, 2024, from <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.3.365>
- Yamada M, Moriřita H, Uranüs K, řiozaki N, Yamaguçi-řinozaki K, řinozaki K & Yoshiha, Y. Effects of free proline accumulation in petunias under drought stress, *Journal of Experimental Botany*, Volume 56, Issue 417, July 2005, Pages 1975–1981, <https://academic.oup.com/jxb/article/56/417/1975/484439>.

