

**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BAZI AMERİKAN ASMA ANAÇLARINDA KURAKLIK STRESİ  
ÜZERİNE MİKORİZAL FUNGUSLARIN ETKİLERİ**

**Asiye BOZKURT**

**Tez Danışmanı**

**Yrd. Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN**

**Yozgat 2018**



**T.C.  
BOZOK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI**

**Yüksek Lisans Tezi**

**BAZI AMERİKAN ASMA ANAÇLARINDA KURAKLIK STRESİ  
ÜZERİNE MİKORİZAL FUNGUSLARIN ETKİLERİ**

**Asiye BOZKURT**

**Tez Danışmanı  
Yrd. Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN**

**Bu çalışma, Bozok Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi  
tarafından 2015 FBE-T-214 kodu ile desteklenmiştir.**

**Yozgat 2018**

**T.C.**  
**BOZOK ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TEZ ONAYI**

Enstitümüzün Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı 70112113006 numaralı öğrencisi Asiye BOZKURT'un hazırladığı "Bazı Amerikan Asma Anaçlarında Kuraklık Stresi Üzerine Mikorizal Fungusların Etkileri" başlıklı ~~Doktora~~/Yüksek Lisans tezi ile ilgili Tez Savunma Sınavı, Lisansüstü Eğitim-Öğretim ve Sınav Yönetmeliği uyarınca 22/12/2017 Cuma günü saat 10:00'da yapılmış, tezin onayına oy birliği / ~~oy çokluğu~~ ile karar verilmiştir.

Başkan : Prof. Dr. Rüstem CANGİ

Üye : Yrd. Doç.Dr. Emine Sema ÇETİN (Danışman)

Üye : Yrd. Doç. Dr. Aysen KOÇ

*Rüstem Cangi*  
*Emine Sema Çetin*  
*Aysen Koç*

**ONAY:**

Bu tezin kabulü, Enstitü Yönetim Kurulu'nun 15...../01...../2018 tarih ve 38. sayılı kararı ile onaylanmıştır.

15.01.2018  
*Fuat Koksall*  
Doç. Dr. Fuat KOKSAL  
Müdür

## İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
<b>ÖZET</b> .....	<b>vii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>ix</b>
<b>TEŞEKKÜR</b> .....	<b>xi</b>
<b>TABLolar LİSTESİ</b> .....	<b>xii</b>
<b>ŞEKİLLER LİSTESİ</b> .....	<b>xiii</b>
<b>KISALTMALAR LİSTESİ</b> .....	<b>xiv</b>
<b>1. GİRİŞ</b> .....	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ</b> .....	<b>4</b>
<b>3. MATERYAL VE YÖNTEM</b> .....	<b>18</b>
3.1. Materyal .....	18
3.2. Yöntem .....	18
3.2.1. Fiziksel değişimlerin belirlenmesine yönelik analizler .....	20
3.2.1.1. Zararlanma derecesinin belirlenmesi .....	20
3.2.1.2. Sürgün uzunluğunun belirlenmesi .....	20
3.2.1.3. Sürgün ağırlığının belirlenmesi .....	20
3.2.1.4. Sürgün başına ortalama yaprak sayısının belirlenmesi .....	21
3.2.1.5. Yaprak alanının belirlenmesi .....	21
3.2.1.6. Köklenme oranının belirlenmesi .....	21
3.2.1.7. Kök uzunluğunun belirlenmesi .....	21
3.2.1.8. Kök sayısının belirlenmesi .....	21
3.2.2. Biyokimyasal değişimlerin belirlenmesine yönelik analizler .....	21
3.2.2.1. Membran zararlanmasının belirlenmesi .....	21
3.2.2.2. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi .....	22
3.2.2.3. Klorofil miktarlarının belirlenmesi .....	22
3.2.2.4. Prolin miktarının belirlenmesi .....	23
3.2.2.5. Lipid peroksidasyonunun belirlenmesi .....	24
3.2.2.6. Hidrojen peroksit miktarının belirlenmesi .....	24

3.2.2.7. Fenolik madde miktarlarının belirlenmesi .....	24
3.2.2.8. Çözünabilir protein miktarının belirlenmesi .....	25
3.2.2.9. Antioksidant enzim aktivitelerinin belirlenmesi .....	25
3.2.3. Verilerin değerlendirilmesi .....	27
<b>4. BULGULAR .....</b>	<b>28</b>
4.1. Fiziksel değişimlere ilişkin bulgular .....	28
4.2. Biyokimyasal değişimlere ilişkin bulgular .....	32
<b>5. TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER .....</b>	<b>39</b>
<b>KAYNAKÇA .....</b>	<b>51</b>
<b>ÖZGEÇMİŞ .....</b>	<b>71</b>



**BAZI AMERİKAN ASMA ANAÇLARINDA KURAKLIK STRESİ ÜZERİNE  
MİKORİZAL FUNGUSLARIN ETKİLERİ**

**Asiye BOZKURT**

**Bozok Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
Yüksek Lisans Tezi**

**2018, Sayfa: 71**

**Tez Danışmanı: Yrd. Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN**

**ÖZET**

Bu çalışma Kober 5 BB ve 110 R Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresinde arbüsküler mikorizal fungus uygulamalarının anaçların bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak söz konusu anaçlar öncelikle torf: perlit (1:1) içeren ortamlara dikilmişler ve düzenli olarak sulanmışlardır. Dikimden bir ay sonra sıvı formülasyon formunda 0 (kontrol), 10 g/l ve 20 g/l konsantrasyonlarında mikorizal fungus inokulasyonu yapılmış ve bir ay sonra kuraklık stresine (sulamama) maruz bırakılmışlardır. Stresi takip eden bir ay sonra ise deneme sonlandırılmış ve fiziksel zararlanma derecesi, sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, sürgün başına ortalama yaprak sayısı, yaprak alanı, köklenme oranı, kök uzunluğu ve kök sayısı ile membran zararlanması, yaprak oransal su içeriği, klorofil, prolin, lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit miktarı, toplam fenolik madde, çözünebilir protein ve antioksidan enzim aktiviteleri (süperoksit dismutaz-SOD, katalaz-CAT ve askorbat peroksidaz-APX) belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda kullanılan asma anaçlarında kuraklık stresine karşı mikorizal fungus uygulamalarının sürgün ve kök gelişimi ile bazı biyokimyasal özellikleri olumlu yönde etkiledikleri tespit edilmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Amerikan Asma Anacı, Kuraklık Stresi, Arbüsküler Mikorizal Fungus, Fenolik Bileşikler, Prolin, Antioksidan Enzim Aktivitesi.





# **THE EFFECTS OF MYCORRHIZAL FUNGUS ON SOME AMERICAN GRAPEVINE ROOTSTOCKS IN DROUGHT STRESS**

**Asiye BOZKURT**

**Bozok University**

**Graduate Schoo of Natural and Applied Sciences**

**Department of Horticultural Science**

**Master of Science Thesis**

**2018; Page: 71**

**Thesis Supervisor: Asst. Prof. Dr. Emine Sema ÇETİN**

## **ABSTRACT**

In the present study the determination of the effects of arbuscular mycorrhizal fungi on some physical and biochemical characters in drought stress on Kober 5 BB and 110 R grapevine rootstocks was aimed. Cuttings were planted into the media containing perlite and turf (1:1) and irrigated regularly. After one-month mycorrhizal fungi as a liquid formulated were applied at 0 (control), 10 and 20 g/l concentrations. The cuttings have been kept for approximately one months and then they were subjected to drought stress (non irrigated). After one-month treatment with the drought stress degree of physical injury, shoot length, shoot weight, average leaf number per shoot, leaf area, ratio of root, root length, root number and membrane injury, leaf water content, chlorophyll content, proline, lipid peroxidation, total phenolic compound, hydrogen peroxide content, soluble protein and activities of antioxidant enzyme (superoxide dismutase (SOD), catalase (CAT) and ascorbate peroxidase (APX)) were determined.

As a conclusion, it was demonstrated that mycorrhizal fungi had positively effect on shoot and root development and some biochemical characters of grapevine rootstocks in drought stress conditions.

**Keywords:** American Grapevine Rootstock, Drought Stress, Arbuscular Mycorrhizal Fungus, Phenolic Compounds, Proline, Antioxidant Enzyme Activity.



## TEŞEKKÜR

Tez çalıőmamda beni yönlendiren, her aőamasında maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Emine Sema ÇETİN'e ve laboratuvar çalışmaları boyunca bilgi ve deneyimlerinden faydalandığım Arő. Gör. Selda DALER'e, Arő. Gör. Tuğba KILIÇ'a ve manevi destekleriyle ve sevgileriyle her zaman yanımda olduklarını hissettiğim, benim için motivasyon kaynağı olan sevgili aileme sonsuz teşekkür ediyorum.

Ayrıca 2015 FBE-T-214 nolu proje ile sağlamış oldukları desteklerinden dolayı Bozok Üniversitesi Proje Koordinasyon Uygulama ve Araştırma Merkezi'ne teőekkürlerimi sunarım.

## TABLolar LİSTESİ

	Sayfa
<b>Tablo 4.1.</b> Mikoriza uygulamalarının bazı fiziksel özellikler üzerine etkileri.....	31
<b>Tablo 4.2.</b> Mikoriza uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkileri.....	34
<b>Tablo 4.3.</b> Mikoriza uygulamalarının antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri.....	37



## ŞEKİLLER LİSTESİ

	<b>Sayfa</b>
Şekil 3.1. Klorofilmetre ile klorofil içeriğinin belirlenmesi.....	22
Şekil 3.2. Prolin analizinde örneğin görünümü.....	23
Şekil 3.3. Toplam fenolik madde analizinde örneklerin görünümü.....	25



## KISALTMALAR LİSTESİ

<b>AMF:</b>	Arbüsküler Mikorizal Fungus
<b>APX:</b>	Askorbat Peroksidaz
<b>CAT:</b>	Katalaz
<b>dS :</b>	Desi Siemens
<b>H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>:</b>	Hidrojen Peroksit
<b>5 BB:</b>	Kober 5 BB ( <i>Vitis berlandieri</i> x <i>Vitis riparia</i> )
<b>MPa:</b>	Mega Paskal
<b>ROS:</b>	Reaktif Oksijen Türevleri
<b>SBYS:</b>	Sürgün Başına Ortalama Yaprak Sayısı
<b>SOD:</b>	Süperoksit Dismutaz
<b>YOSİ:</b>	Yaprak Oransal Su İçeriği
<b>ZD:</b>	Zararlanma Derecesi

# 1.GİRİŞ

Bağcılık tarihi insanlık tarihi kadar eski olup dünya üzerinde yapılan tarımsal faaliyetler içerisinde oldukça önemli bir konumda yer almaktadır. 1800 lü yıllarda ortaya çıkan ve bağ alanlarında ciddi zararlanmalara neden olan filoksera zararlısı sonrası bağcılık faaliyetleri köklü bir değişikliğe uğramıştır. Nitekim Amerikan asma anaçlarının bu zararlıya dayanıklı olduklarının belirlenmesi ile birlikte bağların ancak bu anaçlar üzerine çeşitlerin aşılandığı asmalarla kurulabileceği belirlenmiştir. Ancak günümüzde kullanılan anaçların avantajlarının yanında birtakım dezavantajları da bulunmaktadır. Bunların başında da köklenme yeteneklerinin düşük olması ile kuraklık, tuzluluk, kireç ve diğer bazı stres koşullarına toleranslarının farklı olması gelmektedir [1].

Dünyanın artan stres faktörlerinin başında kuraklık stresi gelmektedir. İçinde bulunduğumuz yüzyılda küresel ısınma daha belirgin bir hal almış ve yeryüzü sıcaklığı 0,7 - 0,8 °C artmıştır. 2030 yılına kadar sıcaklık artışının ortalama 0,2 °C dolaylarında olacağı tahmin edilmektedir [2]. İklim değişiklikleri mevcut su kaynaklarının da azalmasına neden olmakta, yağışların giderek azalması ile de kuraklığı, çölleşmeyi, tuzluluğu ve erozyonu beraberinde getirmektedir.

Kuraklık stresi bitki büyüme ve gelişmesi açısından son derece önemli olup, artan kuraklık bitkisel üretimi de tehdit eder duruma gelmektedir. Tarımsal üretimde kuraklık ve tuzluluk gibi streslere karşı alınması gereken tedbirlerin kısa dönemde sorunu çözebilecek ve etkisi uzun vadeli olabilecek nitelikte olması gerekmektedir [3]. Bu stres faktörlerinin kaçınılmaz olduğu düşünüldüğünde bitkilerde stres koşullarına tolerans ya da direnci artıracak bazı uygulamaların yapılması büyük önem taşımaktadır. Modern bağcılık anlayışında ise bitkinin toprak altı kısmını oluşturan anacın stres ortamına direncini artırmak bu bağlamda zorunlu olmaktadır.

Bitkilerde olumsuz stres koşullarına toleransın kazandırılmasında önemli uygulamalardan birisi mikorizal fungus uygulamalarıdır. Mikorizalar kültür bitkileri

de dahil hemen hemen bütün kara bitkilerinde görülmektedir. Mikorizal yaşamın ilgi çekmeye başladığı 1950'li yılların başından itibaren bu alanda çalışmalar yoğunlaşmış ve mikorizaların konukçu oldukları bitkiler üzerinde çok yönlü olumlu etki gösterdikleri tespit edilmiştir [4, 5, 6, 7, 8].

Mikorizaların stres ortamına karşı bitkilerin toleransını artırdıkları bilinmektedir. Mikoriza mantarlarının gerek kök yüzey alanını genişletmesi gerekse köklerin su ve besin alım gücünü yaklaşık 5-7 kat artırabilmesinin kuraklık problemine çözüm olabileceğine ilişkin çalışmalar bulunmaktadır. Mikorizaların yoğun olduğu kök bölgelerinde köklerin daha çok geliştiği ve mevcut sudan daha fazla yararlanarak kurak döneme karşı dayanıklılık kazandıkları bilinmektedir.

Bitkileri çevresel stres koşullarına dayanıklı kılan mikorizal mantarlar, kurak alanlarda birtakım mekanizmalarla bitki-su ilişkisini düzenleyerek bitkinin kuraklığa karşı dayanıklılığını arttırmakta, fidanlarda sağlıklı ve güçlü bir kök yapısının oluşmasına yardımcı olmakta, aynı zamanda bitkilerin zararlı patojenlere karşı dayanıklılığını da arttırmaktadır [9]. Ayrıca mikorizaların etkinliklerinin özellikle olumsuz koşullarda (kuraklık, tuzluluk, ağır metal birikimi) daha da fazla ortaya çıktığı da belirlenmiştir [10, 11].

Küresel iklim değişimlerinin bir sonucu olan kuraklık gibi stres faktörlerine karşı bitkilerin doğal mekanizmaları ile genetik potansiyellerinin doğru yönetilmesini sağlayacak yaklaşımlar büyük önem taşımaktadır. Son yıllarda su kaynaklarının giderek azaldığı göz önüne alınırsa, bu stres koşullarında mikorizal uygulamalar gibi çevreci, doğal ve pratik uygulamaların daha da önem kazanacağı düşünülmektedir. Bu bağlamda bir yüksek lisans tezi olarak yürütülmüş bu çalışma kapsamında Kober 5 BB ve 110 R Amerikan asma anaçlarında kuraklık stresine karşı mikorizal fungus uygulamalarının bazı fiziksel ve biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Buna yönelik olarak söz konusu anaçlara ait çeliklere dikimden bir ay sonra kokteyl formunda 0 (kontrol), 10 g/L ve 20 g/L konsantrasyonlarında mikoriza uygulanmış ve bir ay sonra kuraklık stresine maruz bırakılmışlardır. Stresi takip eden bir ay sonra ise deneme sonlandırılmış ve



zararlanma derecesi, sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, sürgün başına ortalama yaprak sayısı, yaprak alanı, köklenme oranı, kök uzunluğu ve kök sayısı ile membran zararlanması, yaprak oransal su içeriği, klorofil, prolin, lipid peroksidasyonu, hidrojen peroksit miktarı, toplam fenolik madde ile çözünebilir protein ve antioksidan enzim (süperoksit dismutaz (SOD), katalaz (CAT) ve askorbat peroksidaz (APX)) aktiviteleri belirlenmiştir.



## 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Bitkiler ekolojik döngü içerisinde oldukça önemli bir yere sahiptir. Öncelikle fotosentez gibi son derece kompleks ve etkin bir görevi üstlenmekte, bunun yanında erozyonu önleme, toprağa organik madde bakımından katkıda bulunma, sıcaklık kontrolü sağlama ve farklı sanayi alanlarına ham madde olma gibi kritik işlevlerde de bulunmaktadır.

Hayatımızda bu denli önemli bir yere sahip olan bitkilerin buldukları ortam koşullarının gün geçtikçe değiştiği, çok sayıda olumsuz faktörle karşı karşıya kaldıkları bilinmektedir. Bitkiler kendileri için uygun olmayan bu koşullardan etkilenebilmekte ve bu durum karşısında da hassasiyet durumlarına göre değişen şiddette zararlanma belirtileri göstermektedirler. Stres olarak adlandırılan bu durum, başlangıçta büyüme ve gelişmede azalma ile kendisini gösteren, devamında da şiddetine bağlı olarak verim düşüklüğü ile sonuçlanan bir gerileme olayı olarak ifade edilmektedir [12]. Kısaca bitkinin herhangi bir şekilde uyum sağlayamadığı, hayatta kalmasını ve çoğalmasını sağlayamadığı koşullar stres ortamı olarak tanımlanmaktadır [13, 14]. Uygun olmayan koşullarda bir bitkinin hayatta kalabilme yeteneğine ise ‘‘stres direnci’’ adı verilmektedir [15].

Bitkilerde stres temel olarak biyotik ve abiyotik kökenli etmenler nedeniyle ortaya çıkmaktadır. Abiyotik stresler; fiziksel (kuraklık, tuzluluk, yüksek ya da düşük sıcaklık, radyasyon, bitki besin maddesi, su baskını, mekanik etkiler) ve kimyasal (hava kirliliği, bitki besin elementleri, pestisitler, toksinler, tuzlar, toprak PH sı) stresler olarak sınıflandırılmaktadır. Biyotik stresler ise hastalık etmenleri (patojenler), hayvanlar, mikroorganizmalar, yabancı bitkiler ve böceklerin neden olduğu streslerdir.

Herhangi bir stres faktörüne maruz kalan bir organizmanın çeşitli fonksiyonlarında zararlanma meydana gelebilmektedir. Zararlanma durumu stresin ortadan kalkması veya strese karşı bir direnç kazanılması durumunda geri dönüşümlü olabilmektedir.

Ancak stresin uzun sürmesi, şiddetinin artması ya da bu süreçte dayanıklılığın sağlanamaması durumunda bitki canlılığı gerilemeye başlamakta, dayanma sınırının sonuna ulaşıldığında ise kronik bir hastalığa veya geri dönüşümsüz bir hasara neden olabilmektedir [16].

Stres etmenlerinin oluşturduğu zararlar bitkinin çevreye olan genetik adaptasyonuna bağlı olarak değişmektedir. Bu durum çeşitli bitkilerin farklı ekolojilerde en iyi şekilde yetiştirilmelerini belirleyen temel faktördür.

Dünyanın birçok yerinde kuraklık, tuzluluk, aşırı sulama, yüksek ve düşük sıcaklık, pH ve ağır metallerin neden olduğu stresler yaygındır [17]. Bu stresler özellikle gelişmekte olan ülkeler için sosyal ve ekonomik problemlere temel oluşturmakta ve gerekli olan gıdaların temin edilmesinde sorunların yaşanılması kaçınılmaz olmaktadır [18, 19, 20]. Dünya genelinde bitkisel üretimde ürün kaybının en önemli nedeni abiyotik stres olup önemli tarımsal ürünlerde yaklaşık %50 kayıplara neden olarak tarımsal üretimin geleceğini tehdit etmektedir [21]. Abiyotik stresler içerisinde ise kuraklık stresi yaşadığımız dönemde en büyük stres kaynağı olarak karşımıza çıkmakta ve iklim değişiklikleri bu durumu gittikçe daha da şiddetlendirmektedir [22]. Suyun bütün canlılar için vazgeçilmez bir ihtiyaç olduğu düşünüldüğünde, bu stresin önemi daha iyi kavranmaktadır [23]. Dünyada sulanabilen tarım alanları ise sınırlı olup, kuraklıktan etkilenen alanlarda önemli ürün kayıpları görülmektedir [24]. Bu durumda kuraklık stresi büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın çevresel streslerden biri olup bitkilerde birçok fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler cevabı indüklemekte ve buna bağlı olarak bitkiler, bu koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirmektedirler [19, 25].

Dünya nüfusunun hızla artması ile ortaya çıkan gıda güvenliği sorununa çözümler bulmaya yönelik çalışmalarda daha çok olumsuz çevre koşullarına adapte olabilecek bitkiler üzerine yoğunlaşmaktadır. Dünyada olduğu gibi, ülkemizde de tarım alanlarının sınırlı olması, üretimin artırılması amacıyla birim alandan daha fazla ürün almayı zorlamaktadır.

Bitkilerde olumsuz stres koşullarına toleransın kazandırılmasında etkisi olduğu bilinen uygulamalardan birisi arbüsküler mikorizal fungus (AMF) uygulamalarıdır. Kelime olarak Yunanca'da mantar-kök (mykes-rhiza) anlamına gelen mikoriza terimi [26], ilk olarak 1885 yılında A.B. Frank isimli bir Alman orman patoloğu tarafından mantar-ağaç ortaklığını tanımlamada kullanılmış ve sonrasında yeryüzünde çok sayıda bitkinin mantarlarla simbiyotik ortaklık oluşturdukları tespit edilmiştir. Dört yüz milyon yıl öncesine ait fosillerde dahi mikorizal yaşam olduğu arkeologlar tarafından tespit edilmiş olup, günümüzde de simbiyotik yaşam tarzı popüler olarak dikkat çekmektedir [27].

Doğadaki bitki türlerinin %95'ten fazlasının kök yapıları mikoriza mantarları ile simbiyotik bir yaşam içerisinde [28, 29, 30, 31, 32, 33, 34]. Bu simbiyotik yaşamda bitki mikorizaya enerji kaynağı olarak karbonhidrat vermekte, buna karşılık mikoriza bitkinin gereksinim duyduğu mineral besin elementleri ve su alımını sağlamaktadır [35, 36]. Konukçu bitki ile mikoriza arasındaki bu simbiyotik ilişki ekosistemdeki besin döngüsüne büyük katkı sağlamakta ve bazı bitki topluluklarının canlılığının devamını da sağlamaktadır [31, 37].

Mikorizalar taksonomik olarak büyük farklılıklar göstermektedirler [35, 38]. Kök yapısına etkileri bakımından bir sınıflandırma yapıldığında endo mikoriza ve ekto mikoriza olarak iki büyük grup ortaya çıkmaktadır. Ekto mikoriza çoğunlukla orman ağaçlarında söz konusu olup burada hifler korteksteki hücreler arası boşlukları doldurmakta ve doldurulan ortamda "harting net" olarak adlandırılan hifler oluşturmaktadır [39]. Kökün dış yüzeyinde oluşan hifler ise topraktaki besin elementlerinin alımını sağlamaktadırlar [37]. Endo mikoriza ise ekto mikorizanın tersine kortekste hem hücreler arası hem de hücre içi boşluklarda oluşmaktadır [35, 38, 39]. Arbüskül olarak adlandırılan, hücre içlerinde dallanmayı andıran yapılar oluşturmaktadır [8, 39] ve bunlar aracılığıyla dışarıdan aldığı besin elementlerini bitki dokularına aktarmaktadırlar. Endo mikorizanın birçok türü olmakla birlikte en yaygın olanları vesiküler ve arbüsküler oluşturmalarından dolayı arbüsküler mikorizal fungus (AMF) olarak bilinmektedir [40, 41]. Dünyadaki çoğu toprakların ve bitki topluluklarının arbüsküler tür mikoriza ile enfekte olmuş olmaları nedeni ile

günümüzde bu alanda çalışan bilim insanları bu mikorizaları AMF olarak adlandırmakta ve mikoriza olarak tanımlananlar da çoğunlukla AMF ye işaret etmektedir.

Mikorizalar aslında toprağın biyolojik çeşitliliğinde var olan organizmalardır. Ancak yapılan bilinçsiz uygulamalarla toprağın bu yapısı bozulmakta ve bozulan dengede mantarlar aktivitelerini yitirmektedirler. Mikorizalar toprağın fiziksel özelliklerinden oldukça fazla etkilenmekte ve farklı fiziksel yapıya sahip topraklarda mikorizanın etkisi de farklı olmaktadır. Yapılan araştırmada mikoriza sporlarının pH 6-7 arasında maksimum spor gelişimi gösterdikleri tespit edilmiştir [42].

Mikoriza-bitki ilişkisi üzerine yapılan çalışmalarda mikorizaların bitki stresi üzerindeki rolü ortaya çıkarıldıkça bu konu daha da dikkati çeken bir konu haline gelmiştir. Nitekim araştırmalar mikorizaların stresin olumsuz etkilerini azaltmak, hafifletmek ve telafi etmek adına bitkide birtakım düzenlemelerin oluşumunu sağladıklarını ve böylece konukçusunun biyotik ve abiyotik koşullar altında da büyümesini sağlayacak direncin kazanılmasına katkıda bulduklarını göstermektedir [11]. Mikorizal mantarların stres ortamlarında bitki performansını iyileştirdikleri ve bu şekilde verim artışını sağlayabildikleri [43] ve bu etkisinin stres arttıkça daha da arttığı belirlenmiştir [10]. Mikoriza mantarlarının gerek kök yüzey alanı genişletmesi gerekse köklerin su ve besin alım gücünü yaklaşık 5-7 kat artırabilmesinin özellikle kuraklık probleminde ciddi anlamda çözüm olabileceği düşünülmektedir. Mikorizaların yoğun olduğu kök bölgelerinde bitki köklerinin çok daha fazla geliştiği ve mevcut sudan daha fazla yararlanarak kurak döneme bu şekilde dayanım kazandıkları bilinmektedir. Ancak kompleks bir mekanizmanın olduğu, tepkinin boyutu ve tipinin mikorizaya, bitki türlerine ve stresin derecesine bağlı olarak değişebileceği belirtilmektedir [10, 44].

Mikorizaların kuraklık stresine karşı bitkide kazanılan bu toleransın oluşmasında çok yönlü etkilerinin olduğu düşünülmektedir. Çeşitli fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerin söz konusu olduğunu belirten araştırmacılar mikorizaların su ve başta fosfor olmak üzere besin maddelerinin alımı ve transferinde [45, 46 47, 48, 49, 50,

51], büyüme hormonları üretmede [52] ve toprak koşullarını iyileştirmede [53], ozmotik düzenlemede [54], gaz alışverişi ve su kullanım etkinliğinde [55, 56] ve fotosentetik aktivitede etkin rol oynadıklarını belirtmişlerdir [57]. Bununla birlikte özellikle yüksek antioksidan etkili enzimlerin üretilmesini sağlamasının toleransın kazanılmasındaki payının büyük olduğu da düşünülmektedir [58, 59, 60]. Duan et al. [61] da bitkilerin kuraklığa uyumunun bitki morfolojisi, büyüme oranı, ozmotik düzenleme ve antioksidan savunmalardaki değişiklikleri içeren fiziksel ve biyokimyasal adaptif değişikliklerin sonucu olduğunu ifade etmişlerdir.

Mikorizalar aracılığı ile kuraklığa toleransın sağlanması direkt hifler aracılığı ile olabildiği gibi mikorizanın bitki fizyolojisi ve morfolojisi üzerinde yaptığı değişikliklerden kaynaklanan kök büyümesi veya kılcal kök oluşumu ile de ilgili olabilmektedir [62]. Çeşitli araştırmacılar bununla ilgili yaptıkları çalışmalar sonunda farklı bitkilerde farklı gelişmelerin olduğunu belirlemişlerdir.

Mikoriza ile aşılınmış bitkilerde kuraklığa karşı toleransın mekanizmasının ortaya çıkarılması bakımından farklı çalışmalar yapılmaktadır. Son yıllarda simbiyotik etkileşimin kuraklığa karşı sürdürülebilir bir uygulaması olmasının yanında [63] uygulamanın aynı zamanda ekolojik bir yaklaşım olması da büyük önem taşımaktadır [64]. Ancak tüm bu çalışmalara rağmen halen mikorizaların etki mekanizmalarının tam olarak tespit edilemediği de ifade edilmektedir. Hormonlar üzerindeki olası etkilerinden yola çıkılarak yapılan bir çalışmada strigolaktonlar, jasmonik asit (JA) ve absisik asitin bu konuda etkin olduğu belirtilmiştir. ABA konsantrasyonlarının artması ve ABA'nın strigolakton konsantrasyonları üzerinde düzenleyici bir etkiye sahip olması kuraklığa toleransta önemli görülmektedir [65].

Kuraklık stresi üzerine yapılan çalışmalarda, aşılınan bitkilerde bitki biyokütle, klorofil içeriği ve oranının daha fazla olduğunu göstermektedir [66, 67, 68, 69]. Augé [67] kuraklık stresinde mikorizal bitkilerin oksidatif strese olan tepkilerinin su durumunun kontrolünde önemli olduğunu belirtmiştir. Ruiz Lozano [70] ise mikorizaların kuraklığın zararlı etkilerinden korumada konukçu bitki üzerindeki mekanizmalarını belirlemek için moleküler düzeyde incelemelerin gerekliliğini

vurgulamıştır. Benzer şekilde Smith et al. [71] da kompleks bir mekanizmanın olduğunu ve ortak bir sonuca ulaşma bakımından moleküler incelemelerin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır. Bu bağlamda doğal bitki kökleri ile simbiyotik ilişki kurarak çoğalabilen sporların çoğaltılması ve tarımsal alanda kullanım olanaklarının araştırılması büyük öneme sahiptir.

Mikoriza simbiyozisinin yarı kurak alanlarda buğday verimliliği üzerine etkisinin belirlenmesine yönelik yapılan bir araştırmada mikorizanın kuraklık stresinin etkilerini azaltarak, büyüme, verim ve besin alımında artış sağladıkları belirtilmiştir [72]. Yine benzer bir araştırmada da kuraklık ile azalan buğday veriminin mikoriza ile artırılacağı ifade edilmiştir [73]. Da Silva Lobato et al. [74] da kurak koşullarda bitki büyüme parametreleri üzerinde mikoriza inokulasyonun olumlu etkilerde bulunduğunu belirtmişlerdir. Ayçiçeği bitkisinde kuraklık stresi üzerine yapılan bir araştırmada da mikoriza uygulamasının ayçiçeğinde stresin hafifletilmesinde etkili olduğu saptanmıştır [11].

Kuraklıktan etkilenen bitkiler insan sağlığı ve beslenmesinde önemli bir konumda olan ve aynı zamanda ekonomik bakımdan da ön planda olan bir bitki olduğunda, sorun daha da önemli hale gelmektedir. Bu bitkilerden birisi de asma ve onun ürünü olan üzümdür. Üzüm bilindiği gibi insan beslenmesinde son derece önemli ürünlerden birisi olup, aynı zamanda çok çeşitli ürüne de dönüştürülebilen, ülkemiz tarımsal ekonomisinde önemli bir paya sahiptir.

Asma bitki besin elementi noksanlıkları ve fazlalıklarına, gübrelemeye, zararlılara, kuraklığa, tuzluluğa ve diğer stres faktörlerine aslında belirli bir toleransı olan bir bitkidir. Ancak her ne kadar kurağa kısmen yüksek [75,76,77,78,79,80, 81] tolerans gösteren bir bitki olarak değerlendirilse de bu durum ürün miktarını ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir [82]. Yaprak su potansiyelinin -0,9 Mega Pascal (MPa)'ın altına düştüğü kuraklık koşullarında ürün veriminde azalma meydana gelmektedir [83]. Bu durum ülkemiz tarımsal ekonomisinde önemli bir payı olan bağcılık bakımından büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır.

Modern bağıcılıkta kullanımı zorunlu olan Amerikan asma anaçlarının kurak koşullara dayanımı genotiplere göre değişmekle birlikte çeşitlerle karşılaştırıldığında önemli derecede düşüktür [84]. Bu nedenle günümüzde en önemli stres faktörü olan kuraklığa karşı asma bitkisinin dayanımını sağlayacak mekanizmaların geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Bağıcılıkta mikoriza uygulamalarına yönelik araştırmalar incelendiğinde büyük çoğunluğunun besin maddesi alımı, bitki büyüme ve gelişme özelliklerine odaklandığı belirlenmiştir. Nitekim bu araştırmalardan birisinde Menge et al. [85], Kaliforniya'da üzüm yetiştirilen alanlardaki mikoriza-toprak fümigasyonu ve asma bitkisinde gelişme durumu arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Araştırmacılar metil bromitle yapılan toprak fümigasyonunun asmalarda gelişmeyi önemli ölçüde yavaşlattığını ve bu durumun özellikle mikorizalar üzerindeki olumsuz etkisinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Nitekim fümige edilen topraklarda mikorizanın çoğalmasının yavaşladığı saptanmıştır.

Waschkies et al. [86], 5 C Amerikan asma anacı çeliklerini, daha önce asma yetiştirilmiş fidanlık toprağında ve daha önce asma yetiştirilmemiş olan ancak aynı özellikteki toprakta yetiştirmişlerdir. Anaçların bir kısmı inoküle edilmiş ve ardından değişik zamanlarda örnek alınarak sürgün ve kök büyümesi ile köklerin mikoriza ile inokulasyon durumu incelenmiştir. İnoküle edilen ve daha önceden asma yetiştirilmiş olan toprakta mikoriza inokulasyonunun %13, daha önce asma yetiştirilmemiş toprakta inokulasyonun %51 olduğu saptanmıştır. *G. mosseae* inokulasyonu daha önce asma yetiştirilmiş olan toprakta köklerdeki mikoriza inokulasyonunu %39'a yükseltmiş, sürgün uzunluğu, yaprak alanı ve sürgün ağırlığını da artırmıştır. Araştırma sonucunda asma fidanı yetiştirilen topraklarda yorgunluğun önemi vurgulanmıştır.

Bavaresco ve Fogher [87] yapmış oldukları araştırmalarında inokulasyonun anaçlarda kireç kaynaklı kloroz üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda 3309 C ve 41 B anacı üzerine aşılana bitkilerin yapraklarındaki klorofil konsantrasyonu ve demir miktarının arttığı, kök büyümesi üzerine pozitif etkili



olduğu belirlenmiştir. Ayrıca mikorizal kolonizasyonun artmasıyla yaprakta azot, fosfor ve bakır içeriklerinin kontrole oranla arttığı da tespit edilmiştir. Yine bir diğer araştırmada da asma anaçlarının besin maddelerini alması ve gelişmesinin kök sisteminin etrafında mikoriza kolonizasyonunun meydana gelmesi ile arttığı ifade edilmiştir [88].

Victoria üzüm çeşidine ait bağlarda mikorizal kolonizasyon, toprak verimliliği ve fosfor beslenmesinin incelendiği bir diğer araştırmada Almaliotis et al. [89] alınan tüm kök örneklerinin özellikle *Glomus* cinsi ile olmak üzere kolonize olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda toprağın fosfor konsantrasyonunun topraktaki mikoriza sporu, kökte arbüskül ve vesikül kolonizasyonu ile negatif ilişkili olduğu, buna karşın yaprak fosfor içeriği ile pozitif ilişkili olduğu belirlenmiştir.

Makro besin elementlerinden fosfor ve potasyumun, mikro besin elementlerinden borun yapraktaki konsantrasyonunun mikorizalı bitkilerde daha yüksek olduğunun belirlendiği bir araştırmada da Karagiannidis et al. [90] mikorizasız bitkilerde mikro besin elementlerinden azot, demir, mangan ve bakır konsantrasyonlarının ise daha yüksek olduğunu saptamışlardır.

Kara [91] da 13 asma anacı ve 3 üzüm çeşidine kokteyl formunda mikoriza uygulamalarının çelik köklenmesi ve fidanın vegetatif gelişmesini önemli ölçülerde teşvik ettiğini bildirmiştir.

Asma ile mikoriza birlikteliğinin bitki büyüme ve beslenmesini artırdığının belirtildiği bir diğer çalışmada Aguin et al. [92], henüz fidan üretim aşamasında kök ortamına mikoriza bulaştırılmasının ileride sağlıklı bir bitki gelişimini sağlanması bakımından etkili bir strateji olabileceğini ifade etmişlerdir.

Farklı asma anaçları (110 R, 41 B Mgt, 1103 P, 5 BB Kober, 44–53 M, 140 Ru ve 101–14 Mgt) üzerine aşılı Cabernet Sauvignon çeşidi üzerinde yapılan çalışmada, mikoriza uygulanan bitkilerin sitokin üretimini uygulama yapılmayan bitkilere oranla daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Ayrıca stres ortamında mikorizalı

bitkilerde yaprak-su potansiyeli, stomal iletkenlik ve CO<sub>2</sub> asimilasyon oranı mikorizasız olanlara göre daha yüksek olduğu saptanmıştır [93].

Bir diğer araştırmada İspanya'nın kuzeydoğusundaki bağ topraklarından izole edilen ve *Glomus intraradices* olarak tanımlanan mikorizal fungusların *Glomus intraradices*'in koleksiyon izolatları (Schenck & Smith (BEG 72)) ile hem bağ hem de sera koşullarında bitki büyüme ve gelişmesi üzerine etkileri araştırılmıştır [94]. Araştırma sonucunda serada 110 R asma anacında *G. intraradices* (BEG 72) ve fosfor uygulaması yapılmış bitkilerle karşılaştırıldığında *Glomus intraradices*'in büyüme üzerinde etkili olduğu belirlenmiştir. Mikorizaların bağdaki inokulasyonlarında ise kök çürüklüğü ile enfekteli 110 R üzerine aşılı Cabernet Sauvignon asmalarında *G.intraradices*' in bitki büyümesinde etkili olmadığı, yalnızca *G. intraradices* (BEG 72) in olumlu sonuçlar verdiği, buna karşın izolatların sürgün kuru ağırlığını ilk büyüme sezonunun sonunda artırdığı belirlenmiştir.

Derbew et al. [95] da 2004-2006 yılları arasında gerçekleştirdikleri araştırmalarında 4 farklı asma anacında (Salt Creek, Dogridge, St. George ve 1613) farklı tuzluluk düzeylerinde (0.52, 1.90, 4.33, 6.23 ve 7.94 dS) potlara *Glomus fasciculatum* inokulasyonunun kök kolonizasyonu, gelişme ve klorofil içeriği üzerine etkisini araştırmışlardır. Kök kolonizasyonu, büyüme ve klorofil içeriğinin anaçlara ve tuzluluk düzeylerine göre değiştiğinin belirlendiği araştırma sonucunda mikoriza aşılanmış bitkilerin daha yüksek kök kolonizasyon oranına sahip olduğu, kök hacmi, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı, toplam kuru ağırlık ve klorofil içeriğinin yüksek olduğu belirlenmiştir. Tuzluluk stresi altındaki tüm anaçlarda kök kolonizasyonu, klorofil içeriği ve sürgün büyümesinde azalma gözlenirken, büyümede azalmanın en fazla St. George anacında meydana geldiği belirtilmiştir.

Nogales et al. [96] ise 161-49 C ve 140 Ru Amerikan asma anaçları üzerine aşılanmış Cabernet Sauvignon çeşidinde mikoriza inokulasyonunun on yıllık bir bağ toprağı ile dikim yapılmadan bir yıl önce işlenmiş ve beyaz kök çürüklüğü fungusu (*Armillaria mellea*) bulaştırılmış olan diğer bir bağda etkisini incelemişlerdir. Mikoriza popülasyonu dikim öncesi birinci bağda 1/100 mL toprak olarak

belirlenirken, ikinci bağda hiç bulunmamıştır. Her bir anaç üzerine aşılı asmaların yarısı mikoriza (*Glomus intraradices* Schenck and Smith (BEG 72)) ile bulaştırılmıştır. Mikoriza bulunmayan ve kök çürüklüğü ile bulaşık ikinci bağda ön dikim olarak kekik (*Thymus vulgaris*) ve lavanta (*Lavandula officinalis*) kullanılmış ve *G. intraradices* ile aşılanmıştır. İkinci büyüme sezonu sonunda birinci bağda 140 Ru anacında olumlu etkiler gözlenmiştir. Toplam biyokütle ikinci bağda 161-49 C anacında artmış fakat birinci bağda artış gözlenmemiştir. Mikoriza ile bulaşık ön ürün yetiştirilmesinin mikoriza popülasyonunu artırdığı ifade edilmiştir.

Mikorizal fungusların düşük popülasyonlarda olması durumunda inokulasyon yapılmasının gerekliliğini vurgulayan Eftekhari et al. [97] üç ticari mikoriza türünün (*Glomus intraradices*, *G. mosseae*, *G. fasciculatus*) ve bunların bir karışımının sera koşullarında dört farklı üzüm çeşidinde (Shahroodi, Asgari, Keshmeshi ve Khalili) asmaların büyüme ve biyokimyasal durumu üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda inokule bitkilerde köklenme oranı diğerlerinden istatistiksel olarak daha yüksek bulunmuştur. En belirgin parametreler asma boyu, sürgün boyu ve yaprak alanı olup inokule bitkilerde daha yüksek bulunmuştur. Araştırmacılar fidanlıklarda mikoriza inokulasyonunun yüksek kalitede sağlıklı bitki veren, pratik ve ekonomik bir yaklaşım olduğunu vurgulamışlardır.

Bir diğer araştırmada Bavaresco et al. [98] kireç içeren potlarda yetiştirilen 15 asma anacında mikoriza inokulasyonunun kireç ve demir eksikliği klorozuna toleransları ve köklerin antifungal etkili bir sekonder metabolit olan stilben içeriklerini incelemişlerdir. Araştırma sonunda kloroz derecesi ile mikoriza inokulasyonu arasında negatif bir korelasyon olduğu, inokulasyon ile kök stilben konsantrasyonu arasında anlamlı bir ilişki bulunamadığı, buna karşın yaprak klorofil konsantrasyonu ile kök kuru ağırlığı arasındaki pozitif ilişki olduğu vurgulanmıştır.

Kuzey Kaliforniya'daki beş fumigasyonlu ve beş fümigasyonsuz bağda sporlar incelenerek fungal popülasyon karakterize edilmeye çalışılmıştır [99]. İncelenen bağlarda mikorizal türlerin kompozisyonu bakımından bağlar arasında farklılık olduğu belirlenmiştir. Fungal çeşitlilik fumige edilmemiş bağlarda daha fazla

bulunmuştur. Aynı çalışmada serada ve bağda yetiştirilen ve üç ayrı anaç üzerine aşılanmış (101-14, 110 R ve St. George) Cabernet Sauvignon asmaının yeni köklerinde koloni oluşumu da incelenmiştir. Masa başında aşılanmış ve potlara dikilerek serada yetiştirilen asmalarda 7 aylık bir büyüme sonrasında çeliklerden oluşan yeni kökler mikoriza ile inokule edilmiştir. Araştırma sonucunda aşılanarak bağa dikilen asmalarda yeni köklerin mikoriza kolonizasyonunun potlardaki bitkilerden daha fazla olduğu belirlenmiştir.

Tetraploid ve diploid Gloire de Montpellier, Rupestris St. George ve Couderc 3309'un büyüme ve yaprak mineral kompozisyonu üzerine mikorizaların etkileri incelenmiştir [100]. İnokule edilen tetraploid asma köklerinde mikorizal enfeksiyon oranı diploidlerde olduğu gibi yüksek (%90'ın üzerinde) bulunmuştur. Tetraploid asmalarda inokule bitkilerde sürgün ve kök büyümesi inokule edilmemiş olanlardan daha yüksek bulunmuştur. İnokule edilmiş tetraploid ve diploid anaçlarda yaprakların inokule edilmemiş olanlara göre daha yüksek fosfor içerdiği ancak inokule tetraploid asmalarda kalsiyum ve magnezyumun daha düşük miktarlarda bulunduğu belirtilmiştir. Tetraploid asmaların daha kalın ve daha sık yapıda bir kök sistemine sahip oldukları da vurgulanmıştır.

Perlette üzüm çeşidi üzerinde yapılan bir çalışmada ise mikoriza uygulamasının tomurcuk dormansisi, çiçeklenme, tane tutumu ve olgunlaşma üzerine etkisi incelenmiştir [101]. Üniform büyüme ve gelişme gösteren, 2,5 x 2,5 m dikim sıklığı ile dikilmiş, 18 yaşındaki Perlette asmaları kök sisteminin aktif olduğu şubat ayında üç *Glomus* türü (*Glomus rrossae*, *Glomus deserticola* ve *Gigaspora calospora*) ile inokule edilmiştir. *Glomus deserticola* ile inokulasyonda gözlerin uyanması, sürme, çiçeklenme başlangıcı, %50 çiçeklenme, tane tutumu ve olgunlaşma diğer tüm uygulamalara göre daha erken meydana gelmiştir. Araştırmacılar *Glomus deserticola*'nın bitki besin maddesi ihtiyacını karşılamak için kimyasal gübrelere alternatif olarak potansiyel gübre uygulamasına dahil edilebileceğini önermişlerdir.

Mikro çoğaltma ile çoğaltılmış asma bitkiciklerinin araziye adaptasyon dönemlerinde mikoriza ile inokule edilmelerinin bazı biyokimyasal değişimler üzerine etkilerini

incelemeye yönelik yapılan bir diğer araştırmada ise mikorizalı bitkilerin fizyolojik özellikleri ve besin içeriği yönüyle daha iyi durumda oldukları, oransal su içeriklerinin ve fotosentetik aktivitelerinin daha yüksek olduğu saptanmıştır. *In vitro*'dan çıkarılarak inokule edilen bitkiciklerin daha yüksek oranda azot, fosfor, magnezyum ve demir içerdikleri belirlenmiştir [102].

Krishna et al. [103] da mikorizaların doku kültüründeki asma bitkileri üzerine etkilerini belirlemek için sera koşullarında yapmış oldukları çalışmalarında *in vitro* sonrası dış ortama alıştırmada mikorizaların canlılık, bitki boyu, kök uzunluğu, sürgün ve kök kuru ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak alanı ve oransal su kapsamı, fotosentetik oran gibi bazı fizyolojik parametreleri değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda inokulasyonun bu özellikler bakımından olumlu etkilerde bulunduğu belirlenmiştir.

Kurak koşullarda mikoriza uygulamasının kök büyümesi ve koloni oluşumu üzerine olan etkilerine ilişkin yapılan bir araştırmada [104] bağda kendi kökleri üzerinde yetiştirilmiş 3 yaşlı Cabernet Sauvignon üzüm çeşidi kullanılmıştır. Araştırmada asmalar 3 farklı düzenli olarak azaltılan sulama uygulamasına tabi tutulmuşlardır. Birinci uygulama standart uygulama olarak asmaların tane tutumundan hasada kadar tüm evapotranspirasyonun %60-70'i kadar sulanması şeklinde yapılmıştır. İkinci uygulama (erken su azaltılması) tane tutumundan 2 hafta sonra başlayarak ben düşmeye kadar tüm evapotranspirasyonun %30' u kadar sulanma şeklinde gerçekleştirilmiş ve sonrasında standart uygulamaya geçilmiştir. Üçüncü uygulamada (geç su azaltılması) ise ben düşmeye kadar standart, sonrasında daha ciddi bir kuraklığa maruz bırakma şeklinde uygulama yapılmıştır. İyi gelişmiş kök oluşumu erken ve geç her iki sulama uygulamasında da azalmıştır. Standart uygulamada gelişmiş köklerde arbüskül yoğunluğunun ek kuraklık uygulamasından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonucunda mikoriza uygulaması ile mevcut standart uygulamada kullanılan sudan daha az su ile yüksek kalitede üzüm üretilebileceği belirtilmiştir.

Mikorizaların asmada kurağa dayanıklılık üzerine etkileri konusunda yapılan bir diğer çalışmada kuraklık stresi altında inokule edilen bitkilerinin su kullanım etkinliğinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İnokule edilerek kuraklık stresine maruz bırakılan asmaların su kullanım etkinlikleri ve CO<sub>2</sub> fikse etme kapasiteleri ile ilişkilendirilmiştir [105].

Nikolaou et al. [106] Cabernet Sauvignon üzüm çeşidinde köklere mikoriza inokulasyonu yapılmasının su ilişkisi ve karbondioksit asimilasyon oranları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Cabernet Sauvignon üzüm çeşidine ait kalemler sekiz farklı asma anacına aşılanmış ve potlara yerleştirilmiştir. Her bir grubun yarısı *Glomus mosseae* ile inokule edilmiştir. İnokule edilen ve edilmeyen uygulamaların her birisinin de yarısı 5 gün ve 8 gün periyotlarla kuraklığa maruz bırakılmıştır. Kontrol grubu ise deneme süresince haftada üç kez potlarda tarla kapasitesi ölçüsünde sulanmıştır. Yaprak gelişimi, yaprak fosfor içeriği ve kuraklığa tolerans inokule bitkilerde daha yüksek bulunmuştur. Beş günlük stres sonrası yaprak su potansiyelinin mikorizal olmayan asmalarda -0,5 ve -1,07 MPa; inokule asmalarda ise -0,32 ile -0,61 MPa arasında değiştiği belirlenmiştir. Benzer şekilde, beş günlük su stresindeki bitkilerde net karbondioksit asimilasyon oranlarının sırasıyla, 1.5 ile 4.6  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  ve 2.9 ile 6.1  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  arasında değiştiği belirlenmiştir. Bazı kurağa hassas anaçlarda (775 P, 101-14 Mgt ve 5 BB) inokule edilerek 8 gün süresince kurağa maruz kalanlar aynı anaçların inokule edilmemiş olanlarına göre kurağa daha fazla dayanım göstermişlerdir. Araştırma sonucunda kök sisteminin mikorizal mantarlarla kolonileşmesinin sulanmayan asmaların su durumunu iyileştirebileceği ifade edilmiştir.

Kısaca, kuraklık stresi, birçok bitkinin gelişimini ve verimini sınırlayan en önemli abiyotik faktörlerden biri olup, söz konusu strese toleransın artırılmasına yönelik çalışmalar büyük önem taşımaktadır. Bu toleransın sağlanmasında mikoriza kullanımının önemine ilişkin çalışmalar yapılmış bu çalışmalarda morfolojik, fizyolojik ve biyokimyasal olmak üzere çok yönlü bir mekanizmanın etkili olduğu belirlenmiştir [107,108]. Mikorizaların kompleks bir etki mekanizmasına sahip olması ve yapılan çalışmalarda yeni özelliklerinin belirlenmesi ile bu alandaki

çalışmaların sürdürüldüğü bilinmektedir. Yapılan kapsamlı literatür araştırmaları asmada mikorizal fungus uygulamalarına yönelik çalışmaların yukarıda da değinildiği gibi çoğunlukla köklenme, vegetatif gelişme ve besin elementi alınma etkisini belirlemeye yönelik gerçekleştirildiği belirlenmiştir. Kuraklık stresi altında mikoriza uygulamalarına yönelik çalışmaların sınırlı sayıda olduğu, mevcut çalışmalarda ise dayanım mekanizmalarının aydınlatılmasına yönelik kapsamlı incelemelerin yapılmadığı anlaşılmaktadır. Bu çalışmada ise kuraklığa dayanımları farklı olduğu bilinen Kober 5 BB ve 110 R asma anaçlarında kuraklık stresine karşı arbüsküler mikorizal fungus (AMF) uygulamalarının sürgün ve kök gelişimi gibi bazı fiziksel özellikleri ile birlikte biyokimyasal özellikleri de incelenerek kuraklık stresinde mikorizaların etki mekanizmaları daha net ortaya konulmaya çalışılmıştır. Aynı zamanda stres üzerinde etkili olduğu bilinen antioksidan enzim mekanizmaları da incelenmiş olup, bu yönüyle de tolerans üzerine mikorizaların etki şekilleri değerlendirilmeye çalışılmıştır.

### 3.MATERYAL VE YÖNTEM

#### 3.1. Materyal

Bu tez çalışmasında bitkisel materyal olarak 110 R ve 5 BB Amerikan asma anaçlarına ait çelikler kullanılmıştır. Söz konusu bitkisel materyaller Çetin Fidancılık (Ankara) dan temin edilmişlerdir. Kullanılan anaçlara ilişkin temel özellikler Çelik [109] den yararlanılarak aşağıda kısaca sunulmuştur.

Kober 5 BB (*Vitis berlandieri* × *Vitis riparia*): Nemli, killi-tınlı ve killi topraklar için uygun bir anaçtır. Vejetasyon süresi kısa olduğundan kuzey bölgeler için uygundur. Kök ur nematoduna dayanıklıdır. Aşı tutma oranı oldukça yüksektir. Nemli topraklar için uygundur. %30-40 toplam, %20' ye kadar aktif kirece dayanıklıdır.

110 R (*Vitis berlandieri* x *Vitis rupestris*): Kuvvetli bir anaç olup, bu nedenle üzerine aşılana çeşidin olgunlaşmasını geciktirme eğilimi vardır. %17 aktif kirece dayanmakta, kuraklığa çok daha fazla dayanmaktadır. Köklenme ve aşı tutması zordur. Köklenme oranının %20 ye kadar düşmesi ve nadiren %40-50 köklenme oranına sahiptir.

Mikoriza uygulamaları amacıyla %23,5 canlı organizma içeren kokteyl şeklinde hazırlanmış *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseage*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum* ve *Gigaspora margarita* türlerini kapsayan preparatlar kullanılmış olup, Bioglobal A.Ş. (Antalya) firmasından temin edilmiştir.

#### 3.2. Yöntem

Bu tez çalışması ile iki ayrı Amerikan asma anacının (Kober 5 BB ve 110 R) kuraklık stresi altında geliştirmiş oldukları mekanizmaların araştırılması ve bu strese karşı toleransın geliştirilmesinde mikoriza uygulamalarının rolünün incelenmesi ve bu süreçte meydana gelen bazı fiziksel ve biyokimyasal değişimlerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak kullanılan asma anaçlarına ait çelikler 35-45 cm uzunluğunda, 7-10 mm kalınlığında ve üzerinde 3-5 göz bulunduracak şekilde



hazırlanmış, en üstteki göz dışında diğer gözler köreltilmiş ve alt kesim boğumun hemen altından; üst kesimde 45°'lik aşı ile üst gözün 1-1,5 cm üzerinden yapılmıştır. Bu şekilde dikim için hazırlanan çelikler, 12 x 25 cm boyutlarında ve içerisinde 1:1 oranında perlit: torf karışımı içeren polietilen torbalara dikilmişlerdir. Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 çelik olacak şekilde kurulmuştur. Bu şekilde dikilen çeliklerden bir grubu sadece kuraklık stresinin etkilerini ortaya koyabilmek adına herhangi bir mikoriza inokulasyonuna tabi tutulmamış, diğer gruba ise 10 g/L (her bir pot için yaklaşık 500 spor) ve 20 g/l (her bir pot için yaklaşık 1000 spor) olacak şekilde sıvı halde mikoriza uygulaması yapılmıştır. Söz konusu uygulamalar *Glomus intraradices*, *Glomus aggregatum*, *Glomus mosseage*, *Glomus clarum*, *Glomus monosporus*, *Glomus deserticola*, *Glomus brasilianum*, *Glomus etunicatum* ve *Gigaspora margarita* türlerini içeren ve %23,5 canlı organizma içeren kokteyl şeklinde hazırlanmış olup, Bioglobal AŞ firmasından temin edilmiştir. Gerek inokule edilen gerekse inokule edilmemiş çeliklerin tümü 25°C' de iklim odasında 16/8 saat aydınlık karanlık periyotta gelişmeye bırakılmış, bu süreç içerisinde tüm bitkiler haftada bir 50 mL olmak üzere düzenli olarak sulanmışlardır. Bu şekilde gelişmelerini sürdüren bitkiler takip eden bir ayın sonunda kuraklık stresine tabi tutulmuşlardır. Kuraklık stresinin kontrolü olarak değerlendirilen grupta bulunan bitkiler bu dönemde de aynı şekilde düzenli sulamaya devam edilmiştir.

Kuraklık stresi bir aylık bir süreçte gerçekleştirilmiş olup, bu süre sonunda bitkiler ortamlarından çıkarılmış, temizlenmiş ve bir kısmı taze iken hemen analizlerde kullanılmış, bir kısmı ise daha sonraki biyokimyasal analizlerde kullanılmak üzere derin dondurucuya konulmuşlardır.

Bu tez çalışması iki ayrı Amerikan asma genotipinin (5 BB ve 110 R) kuraklık stresi altında geliştirmiş oldukları mekanizmaların araştırılması ve bu strese karşı toleransın geliştirilmesinde mikoriza uygulamalarının rolünün incelenmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir. Bu amaca yönelik olarak bir yüksek lisans tezi olarak yürütülen bu çalışmada incelenen özellikler aşağıda detaylandırılmıştır. Tez çalışması Bozok

Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait Fizyoloji ve Doku Kültürü laboratuvarlarında yapılmıştır.

### **3.2.1. Fiziksel değişimlerin belirlenmesine yönelik analizler**

#### **3.2.1.1. Zararlanma derecesinin belirlenmesi**

Zararlanma derecesinin belirlenmesinde Uluslararası Bitki Genetik Kaynakları Enstitüsü (International Plant Genetic Resources Institute) [110] tarafından kullanılan skala kullanılmıştır. Bu skala stres faktörleri karşısında bitkinin zararlanma durumlarını değerlendirmede en yaygın kullanılan skaladır. Buna göre kuraklık (OIV 403) stresi altındaki bitkilerde zararlanma derecesi:

**0:** Hiç etkilenme yok

**1:** Büyümede yavaşlama

**2:** Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı

**3:** Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk

**4:** Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı

**5:** Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma şeklinde belirtiler yönünden 0-5 arasında puanlama yapılarak belirlenmiştir.

Aynı tekerrürdeki tüm bitkiler puanlanmış ve tekerrürdeki bitki sayısına oranlanarak her bir uygulamada yer alan bitkilerin ortalama zararlanma derecesi tespit edilmiştir.

#### **3.2.1.2. Sürgün uzunluğunun belirlenmesi**

Her bir uygulamaya ait sürgünler alınmış, bir cetvel yardımıyla ölçülerek cm cinsinden hesaplanmıştır.

#### **3.2.1.3. Sürgün ağırlığının belirlenmesi**

Bu amaçla her bir tekerrüre ait sürgünler 0.001 g' a duyarlı bir terazi yardımıyla tartılmışlardır. Sonuçlar g cinsinden verilmiştir.

#### **3.2.1.4. Sürgün başına ortalama yaprak sayısının belirlenmesi**

Sürgün üzerindeki yapraklar sayılarak sürgün başına ortalama yaprak sayısı (SBYS) (adet) belirlenmiştir.

#### **3.2.1.5. Yaprak alanının belirlenmesi**

Her bir yaprağın alanı yaprak alan ölçer (ADC BioScientific Area Meter AM 300) ile ölçülerek ortalama değeri cm<sup>2</sup> cinsinden belirlenmiştir.

#### **3.2.1.6. Köklenme oranının belirlenmesi**

Fidanların sökümünü takiben farklı uygulamalardan elde edilen köklü fidanların sayımı yapılmış ve köklenme oranı (%) belirlenmiştir.

#### **3.2.1.7. Kök uzunluğunun belirlenmesi**

Ana köklerin uzunluğu cetvel yardımı ile ölçülerek cm cinsinden belirlenmiştir.

#### **3.2.1.8. Kök sayısının belirlenmesi**

Kökler sayılarak oluşan kök sayısı adet olarak belirlenmiştir.

### **3.2.2. Biyokimyasal değişimlerin belirlenmesine yönelik analizler**

#### **3.2.2.1. Membran zararlanmasının belirlenmesi**

Membran zararlanma derecesinin belirlenmesinde kullanılan membran zararlanma indeksi (MZİ) hücreden dışarıya verilen elektrolitin ölçülmesi ile hesaplanmıştır [111]. Bu amaçla her bir tekerrüre ait sürgünlerin alttan 3. yapraklarından 17 mm çapında diskler cork borer yardımı ile alınarak de-iyonize su içerisinde 5 saat bekletildikten sonra EC değerleri ölçülmüş, aynı diskler 100°C'de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerden aşağıdaki formül yardımıyla MZİ değeri yüzde (%) olarak belirlenmiştir.

$$MZİ=(L_t-L_c/1-L_c) \times 100$$

L<sub>t</sub>: Kuraklık stresindeki yaprağın otoklav öncesi EC değeri /Otoklav sonrası EC değeri

L<sub>c</sub>: Kontrol yaprağının otoklav öncesi EC değeri /Otoklav sonrası EC değeri

### 3.2.2.2. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) Sanchez et al. [112]' a göre belirlenmiştir. Yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin belirlenmesi için yaprak taze ağırlıkları tartılmış, ardından 4 saat süre ile saf su içerisinde bekletilmiş turgorlu ağırlıkları saptanmıştır. Daha sonra yaprak örnekleri 65 °C etüvde 48 saat kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları alınmıştır. Elde edilen taze ve kuru ağırlıklar aşağıdaki formül yardımıyla oranlanarak yaprak oransal su içerikleri (%) hesaplanmıştır.

$$\text{YOSİ (\%)}: (\text{TA}-\text{KA})/(\text{TuA}-\text{KA})\times 100$$

TA: Taze Ağırlık

KA: Kuru Ağırlık

TuA: Turgor Ağırlığı

### 3.2.2.3. Klorofil miktarlarının belirlenmesi

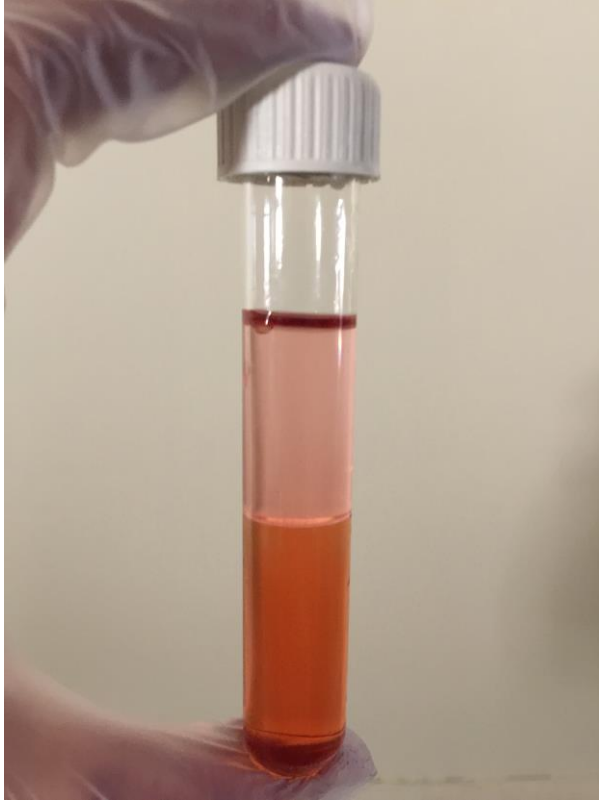
Klorofil analizleri Konica Minolta SPAD-502 Plus Klorofilmetre cihazı kullanılarak SPAD olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Klorofilmetre ile klorofil içeriğinin belirlenmesi

#### 3.2.2.4. Prolin miktarının belirlenmesi

Örneklerde prolin miktarının belirlenmesi Bates et al. [113]'un metoduna göre yapılmıştır. Bu amaçla her bir uygulama grubundan alınan örnekler %3'lük sülfosalisilik asit ile homojenize edilmiş, homojenatın üzerine asit ninhidrin ve glasiyel asetik asit ilave edilmiş ve 100°C'de 1 saat süre ile su banyosunda bekletilmelerinin ardından buz banyosuna alınmışlardır. Bu karışım toluen ile ekstrakte edildikten sonra sıvı fazdan aspire edilen toluen fraksiyonunun absorbanansı spektrofotometrede 520 nm dalga boyunda okunmuştur. Hesaplamalar prolin standartıyla oluşturulan kalibrasyon eğrisi yardımıyla  $\mu\text{mol/g}$  olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.2.).



Şekil 3.2. Prolin analizinde örneğin görünümü

### **3.2.2.5. Lipid peroksidasyonunun belirlenmesi**

Lipit peroksidasyonunun son ürünü olan malondialdehit (MDA) miktarının ölçülmesi ile lipid peroksidasyon derecesi belirlenmiştir [114]. Lipid peroksidasyonun hesaplanması için; 532 nm’de ölçülen absorbans değerinden 600 nm’de belirlenen değeri çıkarılmış ve lipit peroksidasyonunun göstergesi olan MDA miktarı nmol MDA/g TA şeklinde verilmiştir.

### **3.2.2.6. Hidrojen peroksit miktarının belirlenmesi**

Hidrojen peroksit miktarı Velikova et al. [115]’a göre belirlenmiştir. Buna göre 0.5 g yaprak örneği %0,1’lik trikloroasetik asitle homojenize edilmiş, 4000 rpm’de ve 4°C’de 15 dakika santrifüjlenmiştir. Standart olarak H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> kullanılarak hazırlanmış olan kalibrasyon eğrisinden yararlanılarak, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> miktarı µmol/g taze ağırlık cinsinden spektrofotometrik olarak belirlenmiştir.

### **3.2.2.7. Fenolik madde miktarlarının belirlenmesi**

**Fenolik madde ekstraksiyonu:** Fenolik madde ekstraksiyonu Kiselev et al. [116]’ a göre yapılmıştır. Buna göre 1 g yaprak örneği alınarak üzerine 10 ml %96’lık etil alkol ilave edilmiş ve 2 dakika süre ile homojenizatörde parçalanmıştır. Ardından bir gece 45°C’deki su banyosunda bekletilmiştir. Bu süre sonunda örnekler, 5 dakika süreyle 4000 rpm’de santrifüj edilmiş ve fenolik bileşikleri içeren sıvı kısım alınarak 45°C de rotary evaporatörde uçurulmuştur. Daha sonra ekstraktlar 1 ml metanolde çözülmüş ve fenolik bileşik analizlerinde kullanılmışlardır.

**Toplam fenolik madde analizi:** Toplam fenolik bileşik miktarları Folin Ciocalteu kolorimetrik metodu kullanılarak Singleton ve Rossi [117]’ye göre yapılmıştır. Folin Ciocalteu reaktifi fosfotungustik ve fosfomolibdik asitlerin karışımı olup fenol oksidasyonu sırasında bu oksitler mavi renkli bileşiklere indirgenmektedirler. Yöntemin esası renk değişiminin 765 nm’de spektrofotometrede okunmasıdır. Örneklerdeki toplam fenolik bileşik miktarları standart gallik asit çözeltisinden hazırlanan kurveden yararlanılarak, gallik asit cinsinden mg/g olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.3.).



Şekil 3.3. Toplam fenolik madde analizinde örneklerin görünümü

#### **3.2.2.8. Çözünabilir protein miktarının belirlenmesi**

Çözünabilir protein miktarı Özden ve ark. [118]'na göre yapılmıştır. Alınan örnekler 2 mM Na-EDTA ve %1 PVP içeren 4 ml 50 mM K-posfat bafır çözeltisi (ph=7.0) ile homojenize edilmiş, ardından homojenatlar, 4 °C de 10.000 d/d'da 10 dk santrifüj yapılmıştır. Elde edilen supernatantlar protein analizleri için kullanılmıştır. Protein içeriği Bradford [119] yöntemine göre standart olarak Bovine Serum Albumin (BSA) kullanılarak belirlenmiştir. Ölçüm Coomassie Brilliant Blue boyasının asidik şartlarda proteine bağlandığında kırmızı ve/veya yeşil formundan maviye dönüşmesine dayanmaktadır. Bu mavi renk oluşumu 595 nm'de ölçülmüştür. Hesaplamalar mg/g cinsinden yapılmıştır.

#### **3.2.2.9. Antioksidant enzim aktivitelerinin belirlenmesi**

Antioksidan enzim aktivitelerinin belirlenmesi amacıyla enzim ekstraktları Özden ve ark. [118]'na göre hazırlanmıştır. Bu amaçla alınan yaprak örnekleri 2 mM Na-EDTA ve %1 PVP içeren 4 ml 50 mM K-posfat bafır çözeltisi (pH=7.0) ile homojenize edildikten sonra, homojenatlar, 4°C de 10.000 d/d'da 10 dakika santrifüjlenmişlerdir. Üstte oluşan şeffaf sıvı kısım enzim aktivitelerinin belirlenmesinde kullanılmıştır.

**Süperoksit dismutaz (SOD; EC 1.15.1.1) enzimi aktivitesinin belirlenmesi:**

Örneklerde süperoksit dismutaz (SOD) enzimi aktivitesinin belirlenmesi Gong et al. [120]' un metoduna göre yapılmıştır. 50 mM K-fosfat bafır çözeltisi (pH=7.3), 13 mM L-methionin, 75µM Nitro Blue Tetrazolium (NBT), 0.1 mM EDTA, 4 µM riboflavine ve 0.25 ml enzim ekstraktı içeren 3 ml reaksiyon karışımı 48 µmol photons m<sup>2</sup>/s ışık şiddeti altında 10 dakika bekletilmiş, daha sonra spektrofotometrede 560 nm'de absorbans değerleri ölçülmüştür. Sonuçlar unite/mg protein cinsinden verilmiştir. Burada 1 ünite SOD aktivitesi, riboflavin ve ışık varlığında NBT'nin fotoredüksiyonunun %50'sini inhibe etmek için gerekli olan enzim miktarı olarak tanımlanmaktadır [121].

**Katalaz (CAT; EC 1.11.1.6) enzimi aktivitesinin belirlenmesi:**

Katalaz enzim aktivitesinin belirlenmesi Çakmak ve ark. [122]'na göre yapılmıştır. 50 mM fosfat bafır çözeltisi (pH=7.0), 15 mM H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> ve 50 µl enzim ekstraktından oluşan 3 ml'lik reaksiyon karışımı 240 nm'de okunarak hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) miktarında oluşan azalma izlenmiştir. Sonuçlar unite/mg protein cinsinden verilmiştir.

**Askorbat Peroksidaz (APX; EC 1.11.1.11) enzimi aktivitesinin belirlenmesi:**

APX aktivitesinin incelenmesine yönelik yapılan analizin temeli örnekteki enzim tarafından okside edilen askorbatın 290 nm'deki absorbansında oluşan azalmanın spektrofotometre ile belirlenmesine dayanmaktadır. Reaksiyon karışımı (2 ml) 50 mM K-fosfat bafır çözeltisi (pH=7.0), 0.5 mM askorbik asit, 1 mM EDTA-Na<sub>2</sub>, 0.1 mM hidrojen peroksit (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) ve 50 µl enzim ekstraktından oluşmaktadır. Enzim ekstraktının reaksiyon karışımına ilave edilmesi ile askorbat oksidasyonu başlatılmış ve 3 dakika boyunca reaksiyon izlenmiştir. Oksitlenen askorbat miktarı, ekstinksiyon katsayısı 2,8 mM/cm kullanılarak hesaplanmıştır. Enzimin, 1 mg toplam protein başına dakikada oksitlediği askorbat miktarı, 1 ünite olarak hesaplanmış, sonuçlar unite/mg protein cinsinden verilmiştir [123].



### **3.2.3. Verilerin Değerlendirilmesi**

Bu tez çalışmasında;

- \* 2 farklı anaç (110 R ve Kober 5 BB)
- \* 2 farklı uygulama (kontrol ve kuraklık)
- \* 3 farklı mikoriza uygulaması (0 (kontrol), 10 g/L ve 20 g/L) kullanılmıştır.

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve her tekerrürde 15 bitki bulunacak şekilde kurulmuştur. Bu tez çalışması sonunda elde edilen değerlerin yorumlanması amacıyla istatistiksel analizleri SPSS Statistics 20 programına göre değerlendirilmiş, ortalamalar arasındaki farklılıklar ise Duncan oklu karşılaştırma testine göre belirlenmiştir.

## 4. BULGULAR

Kuraklık stresi altında mikoriza uygulamalarının 5 BB ve 110 R Amerikan asma anaçlarının bazı fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinde meydana getirdiği değişimlere ilişkin bulgular aşağıda sunulmuştur.

### 4.1. Fiziksel değişimlere ilişkin bulgular

5 BB ve 110 R olmak üzere iki farklı genotipte mikoriza uygulamasının kuraklık stresinde bazı fiziksel değişimler üzerine etkileri Tablo 4.1. de sunulmuştur.

Tablonun genel olarak incelenmesinden de anlaşılacağı üzere mikoriza uygulamaları incelenen genotiplerde çoğu özellikler üzerinde olumlu sonuçlar göstermişlerdir (Tablo 4.1.). Her bir parametre ayrı ayrı değerlendirildiğinde; skala olarak belirlenen zararlanma derecesi bakımından mikoriza inokulasyonu yapılmaksızın kuraklık stresine maruz bırakılmış 5 BB anacına ait bitkilerin istatistiksel olarak en yüksek seviyede zararlandıkları (4,67) görülmektedir. Buna karşın aynı genotipin düzenli sulama yapılan bitkilerinde en az zararlanmanın olduğu görülmektedir. 110 R genotipinde ise 0 ve 20 g/L mikoriza uygulamalarında herhangi bir zararlanmanın olmadığı (0,00); istatistiksel olarak da yine en az zararlanmaların kontrol grubunda meydana geldiği dikkati çekmektedir.

Fiziksel parametreler içerisinde yer alan sürgün uzunluğu değerlerine yönelik bir inceleme yapıldığında en uzun sürgünlerin 5 BB genotipinde, 10 ve 20 g/l mikoriza uygulanan ve düzenli sulanan (kontrol) bitkilerden (27,96 ve 26,60 cm) elde edildiği görülmektedir. En kısa sürgünlerin ise herhangi bir mikoriza uygulaması yapılmaksızın kuraklık stresine maruz bırakılmış 110 R genotipinden elde edildiği (11,93 cm) anlaşılmaktadır.

Sürgün ağırlığı bakımından da sürgün uzunluğuna benzer şekilde 20 g/L mikoriza uygulanan 5 BB genotipine ait kontrol bitkilerinde en yüksek değerlere ulaşıırken (3,65 g); yine sürgün uzunluğu değerlerine benzer şekilde herhangi bir inokulasyon

yapılmaksızın kuraklık stresine maruz bırakılan 110 R genotipine ait sürgünlerin en düşük ağırlığa sahip oldukları (1,50 g) tespit edilmiştir.

Sürgünler üzerinde bulunan yaprak sayılarının değerlendirildiği sürgün başına ortalama yaprak sayısı (SBYS) bakımından her iki genotipte de (4,33 adet) düzenli sulamanın yapıldığı uygulamalardan rakamsal olarak daha yüksek sonuçlar elde edilmiştir. Bununla birlikte yapılan istatistiksel analiz sonucu 5 BB genotipinde kuraklık stresinde mikoriza uygulamaları ile 110 R genotipinde kuraklık stresinde 10 g/L mikoriza uygulamaları hariç tüm uygulamalarda SBYS'nin yüksek değerlerde bulunduğu görülmektedir (Tablo 4.1.).

Yaprak alan ölçer ile yaprakların taranarak alanlarının ölçülmesi prensibi ile belirlenmiş olan yaprak alanı bakımından her iki genotipte de mikoriza uygulanmamış ve düzenli sulamanın yapıldığı bitkilere ait yapraklar ile (465,58 cm<sup>2</sup> ve 456,42 cm<sup>2</sup>), 5 BB genotipinde yine düzenli sulamanın yapıldığı, bununla birlikte 10 g/L mikorizanın da uygulandığı bitkilerde (345,35 cm<sup>2</sup>) en geniş yaprakların bulunduğu tespit edilmiştir. Burada yaprak alanı bakımından sulama uygulamasının ön planda olduğu görülmektedir.

Sürgün gelişimine yönelik genel değerlendirmelerde mikoriza uygulamasının sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, sürgün başına ortalama yaprak sayısı parametreleri üzerinde istatistiksel olarak olumlu etkilerde bulunduğunu ifade etmek mümkündür.

Kök gelişimi ile ilgili parametreler içerisinde yer alan kök uzunluğu bakımından elde edilen veriler değerlendirildiğinde 110 R genotipinde düzenli sulama yapılan ve ayrıca 10 g/L mikoriza uygulanan bitkilerin en uzun köklere sahip olduğu (12,50 cm) anlaşılmaktadır. Buna karşın en kısa köklerin 5 BB ve 110 R olmak üzere her iki genotipte de sırasıyla 5,67 cm ve 6,33 cm ile 10 g/L mikoriza uygulanmış ve kuraklık stresine maruz bırakılmış bitkilerde olduğu tespit edilmiştir.

Köklerin sayılması ile belirlenen kök sayısı bakımından kuraklık stresi altında ve 20 g/L mikoriza uygulanan 5 BB genotipine ait bitkilerin ön planda oldukları (10,00

adet) saptanmıştır. Bu genotipte mikorizaların kök dallanmasını teşvik ederek kök sayısının artmasını sağladıkları anlaşılmaktadır. 110 R genotipine ait 10 g/L mikoriza uygulanan stres altındaki bitkilerin ise en az sayıda kök oluşturmuş bitkiler (1,33 adet) olarak değerlendirildikleri görülmektedir (Tablo 4.1.).



	Mikoriza (g/l)	ZD (skala)	Sürgün uzunluğu (cm)	Sürgün ağırlığı (g)	SBYS (adet)	Yaprak Alanı (cm <sup>2</sup> )	Kök uzunluğu (cm)	Kök sayısı (adet)	Köklenme oranı (%)	
<b>5 BB</b>	<i>Kontrol</i>	0	0,33 d*	24,86 bc	3,20 b	3,67 ab	465,58 a	8,74 cd	6,17 c	44,44 bc
		10	0,33 d	27,96 a	3,17 b	4,33 a	345,35 ab	9,18 cd	4,86 cd	58,27 b
		20	0,00 d	26,60 ab	3,65 a	3,67 ab	264,30 bc	8,43 de	5,63 c	66,67 a
	<i>Kuraklık</i>	0	4,67 a	19,70 f	2,40 c-e	3,00 a-c	204,23 bc	7,81 ef	4,00 de	50,00 b
		10	2,67 b	22,30 de	2,70 bc	2,33 bc	193,71 bc	5,67 g	3,00 e	50,00 b
		20	1,67 c	24,00 cd	2,67 c-e	1,67 c	168,83 c	8,74 cd	10,00 a	62,50 a
<b>110 R</b>	<i>Kontrol</i>	0	0,00 d	20,80 ef	2,79 bc	3,67 ab	456,42 a	7,00 f	6,33 c	33,33 d
		10	0,33 d	21,17 ef	2,53 c-e	3,33 ab	236,67 bc	12,50 a	2,00 e	33,33 d
		20	0,00 d	22,03 d-f	2,82 bc	4,33 a	225,76 bc	9,58 c	8,00 b	41,67 b-d
	<i>Kuraklık</i>	0	2,67 b	11,93 h	1,50 f	3,00 a-c	176,10 bc	10,50 b	6,00 c	16,67 e
		10	1,67 c	15,90 g	2,16 e	2,33 bc	243,67 bc	6,33 g	1,33 f	33,33 d
		20	1,33 c	19,80 ef	2,24 de	3,00 a-c	245,60 bc	10,78 b	5,00 cd	37,50 cd

Tablo 4.1. Mikoriza uygulamalarının bazı fiziksel özellikler üzerine etkileri

\*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık bulunmaktadır.

ZD: Zararlanma derecesi, SBYS: Sürgün başına ortalama yaprak sayısı

İncelenen fiziksel parametreler içerisinde son değerlendirme kriteri olan ve köklenmenin meydana gelip gelmemesi bakımından yüzde (%) olarak belirlenen köklenme oranı bakımından 5 BB genotipinin daha iyi bir performans gösterdiği anlaşılmaktadır. Söz konusu genotipte kuraklık olsun ya da olmasın 20 g/L mikoriza uygulaması en fazla köklenme oranına sahip bitkilerin elde edilmesini (%66,67 ve %62,50) sağlamış ve bu şekilde mikorizanın etkisi daha net gözlemlenebilmiştir. 110 R de ise kuraklık stresi altında ve inokule edilmemiş anaçlardaki köklenme yüzdesinin en düşük seviyede bulunduğu (%16,67), bununla birlikte bu değer 20 g/l mikoriza uygulaması ile iki katından daha fazla arttığı (%37,50) dikkati çekmektedir. Dolayısıyla kök gelişimine yönelik değerlendirmelerde mikoriza uygulamasının kök uzunluğu, kök sayısı ve köklenme oranı üzerinde istatistiksel olarak olumlu etkilerde bulunduğu şeklinde yorumlamak mümkündür.

Kök ve sürgün gelişimine yönelik incelemeler toplu olarak değerlendirildiğinde mikoriza uygulamalarının incelenen özelliklerin büyük bir çoğunluğunda olumlu yönde etkide bulunduğu, kuraklık stresi uygulanan anaçlarda da bu stresi hafifletme yönünde etkili oldukları görülmektedir.

#### **4.2. Biyokimyasal değişimlere ilişkin bulgular**

Kuraklık stresinde bitkilerin su ve besin elementi alımındaki yetersizlikleri oksidatif stresi tetiklemekte ve bu koşullarda membran lipidleri zarar görerek bitkilerin tolerans seviyeleri düşmektedir. Bu araştırmada da stres altındaki inokule bitkilerde genel olarak membran zararlanma derecelerinin daha düşük olduğu dikkati çekmektedir (Tablo 4.2.). En az zararlanmaların ise 110 R genotipinde, sulama koşullarına bakılmaksızın 20 g/L mikoriza uygulanan bitkilerde (%67,41 ve %70,36) gerçekleştiği belirlenmiştir. Bu durum mikoriza uygulamasının membran zararlanmasını azaltma yönünde etkili olduğunu göstermektedir.

Yaprak oransal su içeriği (YOSİ) tüm uygulamalar içerisinde değerlendirildiğinde mikoriza uygulaması ve genotipe göre genelde değişken sonuçların elde edildiği tespit edilmiştir. Ancak kontrol ya da stres altında olmasına bakılmaksızın her iki

genotipte de yüksek konsantrasyon olan 20 g/L inokulasyon miktarı en yüksek YOSİ kapsamının sağlandığı uygulama olarak da dikkati çekmektedir.

Kuraklık stresinden en fazla etkilenen metabolik süreçlerden birisi fotosentez olup, magnezyum gibi besin maddelerinin alımının azalması klorofil biyosentezini ve fotosentezi etkilemektedir. Araştırmamızda SPAD olarak belirlenen klorofil içeriği bakımından elde edilen veriler incelendiğinde 5 BB genotipinin kurak koşullardaki tüm bitkilerinde klorofil miktarının en düşük seviyelerde olduğu saptanmıştır. Ancak burada da inokulasyonun etkisi 110 R genotipinde stres altında daha belirgin bir şekilde kendisini göstermektedir. Nitekim kurak koşullarda inokulasyon yapılan bitkilerinde klorofil seviyeleri yüksek miktarlarda gerçekleşirken, mikorizasız bitkilerde düşük seviyelerde belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

Tablo 4.2. Mikoriza uygulamalarının bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkileri

	Mikoriza (g/L)	MZD (%)	YOSİ (%)	Klorofil (SPAD)	Prolin ( $\mu$ mol/ g)	Çözünabilir protein (mg/g)	Lipid peroksidasyonu (nmol MDA/g TA)	H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> ( $\mu$ mol/g TA)	Toplam fenolik madde (mg/g GAE)	
5 BB	Kontrol	0	76,54 a-e*	77,46 b-d	23,74 a-c	2,48 de	1,42 ab	42,60 d	125,23 de	0,25 bc
		10	74,24 c-f	78,61 a-c	23,75 a-c	2,80 de	1,47 ab	51,56 c	108,53 ef	0,16 cd
		20	77,96 a-c	78,82 ab	25,56 a	2,29 de	1,38 b	39,57 d	104,22 fg	0,22 bc
	Kuraklık	0	79,31 ab	77,00 cd	20,43 d	4,60 c	1,38 b	72,08 a	223,45 a	0,04 d
		10	75,80 a-e	76,02 d	21,26 cd	5,04 c	1,28 b	64,74 b	158,03 c	0,08 cd
		20	73,35 d-f	79,57 a	20,58 d	11,95 a	1,75 a	53,49 c	139,90 d	0,47 a
110R	Kontrol	0	72,61 ef	78,61 a-c	26,04 a	2,42 de	1,19 b	25,28 f	88,52 gh	0,15 cd
		10	77,30 a-d	77,61 b-d	24,61 ab	3,97 cd	1,27 b	41,74 d	90,34 f-h	0,11 cd
		20	67,41 g	80,23 a	25,02 ab	2,12 e	1,27 b	33,93 e	81,18 h	0,13 cd
	Kuraklık	0	79,97 a	77,64 b-d	22,52 b-d	3,59 c-e	1,34 b	61,20 b	180,89 b	0,14 cd
		10	75,41 b-e	76,92 cd	23,50 a-c	4,99 c	1,48 ab	55,51 c	130,20 d	0,17 cd
		20	70,36 fg	80,09 a	26,04 a	6,74 b	1,55 ab	54,66 c	130,31 d	0,32 ab

\*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık bulunmaktadır.



Farklı stres kaynaklarının bitkiler üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmalarda en sık incelenen parametrelerden birisi prolin miktarlarındaki değişimlerdir. Prolin bitkilerde bir osmoprotektan yani osmotik koruyucu olarak strese tolerans kazanmak amacıyla biriktirilmektedir. Mikorizaların osmotik düzenlemede etkili oldukları daha önce yapılmış olan bazı çalışmalarla belirlenmiş olup, bu nedenle bu tez çalışmasında da mikoriza uygulamalarının prolin miktarları üzerine olan etkisi incelenmiştir. Araştırma sonucunda prolin kapsamının 5 BB genotipinde kuraklık stresi altında ve 20 g/L mikoriza inokule edilmiş bitkilerde diğerlerine oranla ciddi seviyede yüksek olduğu (11,95 µmol/g) tespit edilmiştir. 110 R genotipinde ise kuraklık stresi altında inokulasyon yapılmayan anaçlarda prolin içeriğinin 20 g/l mikoriza uygulaması yapılanlara göre daha düşük seviyelerde bulunduğu belirlenmiştir (Tablo 4.2.).

Stres altında reaktif oksijen türleri (ROS)'nin neden olduğu bir diğer hücresel zararlanma proteinler üzerindeki zararlanmadır. Bitkinin tolerans gösterdiği ölçüde zararlanmanın azaltılabildiği bilinmektedir. Araştırmada çözünebilir protein içeriğinin 5 BB genotipinde, kuraklık stresi uygulanan ve 20 g/L mikoriza uygulanmış bitkilerinde daha yüksek seviyelerde olduğu görülmektedir. Dolayısıyla mikorizaların konukçu bitkide toleransı artırma bakımından bu parametre üzerinde de olumlu etkilerde bulunduğu görülmektedir.

Hücre zarlarındaki doymamış yağların oksidatif parçalanması olarak tanımlanan lipid peroksidasyonunun seviyesi bitkilerin strese karşı duyarlılığını ve oksidatif hasarın şiddetini göstermektedir. Mikoriza inokulasyonunun lipid peroksidasyonunun azaltılması bir diğer ifade ile strese toleransın artırılması yönünde etkili oldukları bilinmektedir. Bu araştırmada da lipid peroksidasyonu 5 BB genotipinde mikoriza uygulaması yapılmayan stres bitkilerinde en yüksek seviyede gerçekleşirken (72,08 nmol MDA/g TA), düzenli sulama yapılan ve mikoriza uygulanmayan 110 R genotipinde en düşük seviyede gerçekleşmiştir (25,28 nmol MDA/g TA).

Hidrojen peroksit membran lipidlerinde oksidatif zararlanmaya neden olarak hücrelerde zararlanmanın şiddetini artırmaktadır. Bu nedenle bitkide hidrojen

peroksit düzeyinin azaltılması da yine strese tolerans kazanmada etkili önlemlerden birisidir. Bu nedenle araştırmada incelenen bir diğer özellik hidrojen peroksit miktarı olmuştur. H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 5 BB genotipinde kuraklık stresinde ve mikoriza uygulanmayan grupta en yüksek seviyede (223,45 µmol/g TA) bulunduğu belirlenmiştir. Bir diğer genotip olan 110 R genotipinde de en yüksek konsantrasyon 5 BB genotipi ile aynı grupta tespit edilirken; en düşük hidrojen peroksit miktarının bir diğer deyimle bu özellik bakımından en az zararlanmanın (81,18 (µmol/g TA)) mikorizanın en yüksek konsantrasyonda uygulandığı ve stres uygulanmamış bitkilerden elde edilmiş olması dikkat çekicidir.

Bitkilerde biyotik ve abiyotik stres koşullarındaki en önemli savunma mekanizmalarından birisi de birer sekonder metabolit olan fenolik bileşiklerin yüksek miktarlarda sentezlenmesidir. Mikorizal fungusların da bitkileri biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı korumada önemli rol üstlendikleri bilinmektedir. Araştırmada en yüksek fenolik bileşik içeriğinin her iki genotipte de 20 g/l mikoriza uygulanan stres bitkilerinde ortaya çıkmış olması mikorizaların bu yöndeki etkisini görmek bakımından dikkat çekmektedir (Tablo 4.2.).

Strese toleranslı ya da herhangi bir stres altında bulunmayan bitkilerde hücrelerin oksidan ve antioksidan molekülleri dengede tutma eğiliminde oldukları bilinmektedir. Antioksidanlar oksidasyonunu önleyen veya geciktirebilen maddeler olup, enzimatik ve enzimatik olmayanlar olarak iki grupta incelenmektedirler. Enzimatik antioksidanlar ise süperoksit dismutazlar, askorbat peroksidazlar ve katalazdan oluşmaktadır.

Mikorizaların çeşitli bitkilerde antioksidan enzim aktivitelerini etkilediğine ilişkin çalışmaları bulunmaktadır. Bu araştırmada da kuraklık stresinde mikorizaların antioksidan enzimler üzerine etkisini incelemeye yönelik yapılan analizler sonucu SOD enziminin 206,26 (unite/mg protein) ile 110 R genotipinde, kuraklık stresine maruz bırakılan ve aynı zamanda 10 g/L mikoriza inokule edilmiş bitkilerden elde edildiği görülmektedir (Tablo 4.3). En düşük SOD aktivitesi ise 5 BB genotipinde

ancak düzenli sulanan ve yine 10 g/L inokule edilmiş grubundan elde edilmiş olması dikkat çekicidir.

Bir diğer antioksidan enzim olan CAT bakımından bir değerlendirme yapıldığında en yüksek değer 5 BB genotipinde kurak koşullarda ve 10 g/L mikoriza uygulamasından elde edildiği (46,33 unite/mg protein) belirlenmiştir. Bu bakımdan daha düşük değerler ise yine aynı genotipin sulama yapılan bitkilerinden elde edildiği görülmektedir. 110 R genotipinin CAT aktivitesi bakımından göstermiş olduğu performans genel olarak değerlendirildiğinde 5 BB genotipine oranla uygulama grupları arasında değişiklik göstermeksizin istatistiksel olarak aynı grupta yer alan bir aktivite gösterdiği görülmektedir (Tablo 4.3).

Tablo 4.3. Mikoriza uygulamalarının antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkileri

		<b>Antioksidan Enzim Aktivitesi</b>			
		<b>Mikoriza</b> (g/L)	<b>SOD</b> (unite/mg protein)	<b>CAT</b> (unite/mg protein)	<b>APX</b> (unite/mg protein)
<b>5 BB</b>	<i>Kontrol</i>	0	115,04 e*	6,33 f	11,33 f
		10	94,953 f	10,90 ef	16,00 ef
		20	126,11 de	14,80 de	38,33 c
	<i>Kuraklık</i>	0	113,31 e	36,67 b	22,67 d-f
		10	116,23 e	46,33 a	30,67 cd
		20	133,30 cd	23,67 c	37,67 c
<b>110 R</b>	<i>Kontrol</i>	0	181,20 b	23,03 c	24,00 de
		10	110,56 e	26,33 c	40,33 c
		20	143,10 c	24,60 c	32,00 cd
	<i>Kuraklık</i>	0	116,78 e	20,83 cd	53,67 b
		10	206,26 a	23,50 c	53,00 b
		20	166,76 b	24,20 c	68,67 a

\*Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık bulunmaktadır.

Araştırmada incelenen son antioksidan enzim olan APX bakımından en yüksek aktivite değerleri 110 R genotipinde SOD aktivitesindeki eğilime paralel şekilde yine kurak koşullarda gerçekleşmiştir. Bu genotipte kurak koşullarda yüksek konsantrasyon olan 20 g/L mikoriza uygulanan bitkiler en yüksek APX aktivitesi (68,67 unite/mg protein) göstermişlerdir (Tablo 4.3).



## 5.TARTIŞMA-SONUÇ VE ÖNERİLER

Dünya genelinde sulanabilen tarım alanları sınırlı olup, değişen iklim koşulları ile bu alanların her geçen gün daha da azaldığı bilinmektedir. Kuraklık olarak karşımıza çıkan bu durum bitkisel üretimde en büyük stres kaynağı olup, öncelerde ürün verim ve kalitesinde azalmaya; ileri durumlarda ise bitkinin canlılığını yitirmesine neden olabilmektedir.

Bitkilerde stresin ilk etkilerinden birisi büyümenin azalması olup, özellikle duyarlı bitkilerde stres koşulları altında büyümenin olumsuz etkilendiğini gösteren pekçok literatür bulunmaktadır [124,125,126,127]. Nitekim Nayyar ve Gupta [128] da kuraklık stresinin buğday ve mısır bitkileri üzerindeki etkilerini belirlemeye yönelik yapmış oldukları çalışmalarında stres altında özellikle daha duyarlı olduğu bilinen buğday bitkisinde büyümede azalmanın dikkat çekici olduğunu belirtmişlerdir. Kuraklık stresinde sürgün ve kök kuru ağırlığının azaldığı [129,130], kök tüylerinin azaldığı, dallanmanın zayıfladığı, kök morfolojisinin değiştığı, besin maddelerinin köklere geçişinin azaldığı [131,132] ve sonuçta bitki büyümesinin yavaşladığı [133] belirtilmektedir. Ayrıca bitki yapraklarında klorofil içeriğinin azaldığı, protein sentezi için gerekli bazı maddelerin inhibe edildiği ve bu nedenle protein sentezinin azaldığı hatta durduğu da bildirilmiştir [134,135]. Bununla birlikte stresin derecesi bitkinin genetik direncine, içinde bulunduğu büyüme dönemine ve maruz kaldığı kuraklığın süresine göre değişmektedir [136,137,138].

Tarımsal üretimde kuraklık gibi streslere karşı alınması gereken tedbirlerin sorunu kısa dönemde çözebilecek ve etkisi uzun vadeli olabilecek nitelikte olması gerekmektedir [3]. İçinde bulunduğumuz yüzyılda kuraklığın kaçınılmaz olduğu düşünüldüğünde bitkilerde söz konusu stres koşullarına toleransı ya da direnci artıracak bazı uygulamaların yapılması büyük önem taşımaktadır.

Bitkilerde olumsuz stres koşullarına toleransın kazandırılmasında önemli uygulamalardan birisi arbusküler mikorizal fungus (AMF) uygulamalarıdır. Mikorizaların konukçu bitkide kuraklığa direnci artırarak bitki su ilişkilerini

düzenlemede önemli rol oynadıkları bilinmektedir [55,56,67]. Bununla birlikte mikorizaların daha pek çok yönden konukçu üzerinde olumlu etkilerde buldukları [4,5,6,7,8]; biyotik ve abiyotik streslere karşı bitkinin toleransını artırdıkları [139,140,141,142,143,144,145,146] da belirtilmektedir.

Mikorizalar kuraklık stresinde farklı mekanizmalar ile bitki büyümesini teşvik etmektedir. Mikorizal aşılamaı takiben bitki büyümesinde artış olduğu, besin maddeleri ve su alımı ile antioksidan özellikte madde birikiminin teşvik edildiği belirlenmiştir [67,129].

Mikorizaların bitki su durumunu üzerine etkilerinin bitkinin özellikle fosfor bakımınca zengin bir beslenme durumunu sağlamasından kaynaklandığı ifade edilmektedir [147,148]. Ancak, mikorizaların kuraklık stresi üzerindeki etkisinin fosfor alımından bağımsız olabileceğine ilişkin görüşler de bulunmaktadır [49,135,149,150].

Mikorizaların çeşitli bitkilerde kuraklık stresi üzerindeki etkilerini incelemeye yönelik araştırmalar yapılmış olup, halen sürdürüldüğü de bilinmektedir. Asmada yapılmış çalışmalar incelendiğinde ise bu çalışmaların çoğunlukla köklenme ve besin elementi alımına etkisini belirlemeye yönelik olduğu görülmektedir. Bu tez çalışmasında ise Kober 5 BB ve 110 R asma anaçlarında kuraklık stresine karşı arbüsküler mikorizal fungus uygulamalarının sürgün ve kök gelişimi ile bazı biyokimyasal özellikler üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Mikoriza üzerine yapılmış olan araştırmalarda genel olarak aşılanan bitkilerde kök ve sürgün gelişiminin daha fazla olduğu görülmektedir [66,67,68,69]. Bu araştırmada da mikoriza uygulamasının asma anaçlarında sürgün gelişimi bakımından sürgün uzunluğu, sürgün ağırlığı, sürgün başına ortalama yaprak sayısı parametreleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde Farahani et al. [151] da kuraklık stresi altında mikoriza ile inokule edilmiş kişniş (*Coriandrum sativum*) bitkilerinin fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini inceledikleri araştırmalarında inokule bitkilerin kuraklık stresine karşı daha fazla gelişmiş sürgün

biyokütlesi ile daha yüksek tolerans gösterdiklerini belirtmişlerdir. Jezdinský et al. [152] da pırasa bitkisinde kuraklık stresinde mikoriza aşılana bitkilerde büyüme parametrelerinin ve kuru madde içeriğinin inokule edilmemiş olanlara oranla daha yüksek seviyelerde bulunduğunu ifade etmişlerdir.

Abdelmoneim et al. [127] araştırmalarında mısır bitkisinde *Glomus mosseae*'nin üç farklı konsantrasyonunun (300, 600 ve 900 spor/pot) kuraklık stresi üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. İnokule edilen ve edilmeyen bitkiler karşılaştırıldığında mikoriza uygulanmamış bitkilerde büyüme parametrelerinde azalma olduğu, en yüksek bitki büyüme parametreleri değerlerinin ise 900 spor/pot inokule edilen bitkilerden elde edildiği ifade edilmiştir.

Turunçgil anaçlarında yapılmış bir araştırmada da *Glomus mosseae*'nin bazı büyüme özellikleri üzerine etkisi incelenmiş olup, araştırma sonucunda kontrol ile karşılaştırıldığında aşılana bitkilerde sürgün kuru ağırlığının arttığı belirlenmiştir [153].

AMF'nin kuraklık stresinde bitkide morfolojik ve fenolojik değişikliklere neden olduğu bilinmektedir. Nitekim akasya (*Faidherbia albida*) [154] ve gül (*Rosa hybrida* L. cv Ferdy) [125] de kuraklık stresinde inokule edilmemiş bitkilerde yaprak sayısının daha az olduğu ifade edilmiştir. Araştırmamızda da sürgün başına ortalama yaprak sayısı bakımından mikoriza uygulamalarının olumlu etkisinin görüldüğü dikkati çekmektedir. Benzer şekilde mikoriza ile inokule edilmiş buğdayda yaprak dökümlerinin [124] ve yaprak nekrozlarının [155] daha az olduğu belirtilmiştir.

Araştırmamızda mikoriza uygulamasının asma anaçlarında kök gelişimi bakımından da kök uzunluğu, kök sayısı ve köklenme yüzdesi parametreleri üzerinde olumlu etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Bitkilerde kök gelişiminde kökün morfolojik yapısının genetik olmakla birlikte [156] bazı çevre faktörleri ile de değişebildiği ifade edilmektedir [157,158]. Mikorizaların da kök morfolojisinde belirleyici oldukları, özellikle köklerde yüzey alanını ve kök dallanmasını artırarak daha fazla besin elementi alımını sağladıkları bilinmektedir [159]. Mikoriza uygulamalarının

köklerde dallanmaya neden olduğu daha önce Aguin et al. [92] tarafından da belirtilmiş olup benzer şekilde Kavak [160] da kök dallanmasının mikoriza ile arttığını ve bu durumun daha çok kökün uç kısımlarında gerçekleştiğini belirtmiştir. AMF' li bitkilerde köklerin genellikle daha ince ve daha fazla emici yüzey alanına sahip oldukları da bilinmektedir [126,154,161].

Bitkilerde toleransı gösteren bir diğer gösterge membran zararlanması olup, yüksek membran zararlanması tolerans zayıflığının bir göstergesi olmaktadır [162,163]. Bu araştırmada da stres altındaki inokule bitkilerde genel olarak membran zararlanma derecelerinin daha düşük olduğu dikkati çekmektedir. Bu durum mikoriza uygulamasının membran zararlanmasını azaltma yönünde etkili olduğunu göstermektedir. Kuraklık stresinde hücre duvarının elastikiyetinde değişmelerin olduğu [133], hücre duvarının geçirgenliği üzerine etkili olan absisik asit üretiminde de artış olduğu ifade edilmektedir [164]. Ruiz Lozano [70] ise mikoriza simbiyosisinin hücrelerin su durumunu kontrol eden genlerin ifadesini teşvik ettiğini ve bu şekilde hücre membranlarının su durumunun düzenlenmesinde etkili olduğunu belirtmiştir.

Kök plazma membranının elektrolit geçirgenliğinin mikorizal bitkilerde non-mikorizal bitkilerden daha düşük olduğunu belirten Feng et al. [165] ve Evelin et al. [43] da hücresel membran stabilitesinin korunmasının ya da artırılmasının mikoriza birlikteliği ile ilişkilendirilen fosfor alımı artışından kaynaklandığını ifade etmişlerdir.

Oransal su içeriği bitkilerde yaygın olarak su içeriğini belirlemede kullanılan bir parametre olup, kuraklık stresinde normal koşullardakine göre oransal su içeriklerinin daha düşük seviyelerde bulunduğu bildirilmektedir [128]. Yukarıda değinilen diğer pek çok parametrede de olduğu gibi mikorizal bitkilerde bu miktarın aynı koşullarda mikorizal olmayan bitkilerden daha fazla olduğu bildirilmektedir. Bu durumun inokule bitkilerin mikorizalar tarafından morfolojik olarak değiştirilmiş kök sistemine sahip olmalarından kaynaklandığı düşünülmektedir [166]. Mikorizal kolonizasyondan kaynaklanan bu değişikliklerle konukçu bitki suyunu daha verimli



kullanabilmektedir. Bu tez çalışmasında da özellikle 110 R asma anacında hem kurak hem de sulama yapılan bitkilerde 20 g/L mikoriza uygulamasında yaprak oransal su içeriği daha yüksek seviyelerde bulunmuştur.

Fotosentez olayı bitkilerde kuraklıktan en fazla etkilenen metabolik süreçlerden birisidir. Klorofil biyosentezi için gerekli magnezyum gibi besinlerin alımının azalması klorofil konsantrasyonunda azalmaya neden olmaktadır [167,168]. Mikoriza simbiyosisinin klorofil miktarını [168,169,170] ve fotosentez oranını artırdığı [54,67,171] bilinmektedir. Araştırmamızda da mikoriza uygulamasının klorofil içeriği üzerine olumlu etkilerde bulunduğu belirlenmiştir. Daha önce mısır bitkisinde yapılmış olan bir araştırmada da kuraklık stresi altında inokule edilmiş bitkilerde nispeten daha fazla yeşil yaprak olduğu belirlenmiştir [172]. Yine yonca bitkisinde kuraklık stresinde inokule edilmiş bitkilerde yapraklarda sararmaların daha az olduğu görülmüştür [173].

Kuraklık stresi durumunda stomatal iletkenlikte azalma olmakta ve buna yönelik olarak bitkiler “ozmotik düzenleme” mekanizması geliştirmektedirler [174,175]. Kuraklık stresinde prolin, poliaminler, diğer azotlu bileşikler, çeşitli şeker ve şeker alkoller şeklinde osmoprotektanlarda artış olması kuraklığa tolerans ile ilişkilendirilmektedir [176,177].

Prolin stres altındaki bitkilerde hücrelerin oksidasyonunu önleyen son derece önemli bir aminoasittir. Özellikle kuraklık stresi altındaki bitkilerin su alımında prolinin bir osmolit görevi görerek osmotik basıncı düzenlediği bilinmektedir. Nitekim Sankar et al. [178] da kuraklık stresi altında bamya bitkisinde prolin içeriğinin arttığını bildirmişlerdir. Mikorizaların ise bitkilerde osmotik düzenlemenin oluşmasında etkili oldukları belirlenmiştir [54,170]. Çeşitli bitki türlerinde köklerde koloni oluşumu sağlandığında biriken prolinin strese tolerans bakımından düzenleyici bir rol oynadığı düşünülmektedir [18,179,180,181]. Mikoriza ile aşılınmış soya fasülyesi [54] yonca [182], çeltik [183], antepfıstığı [144] yeni dünya [184] ve tatlı patates bitkilerinde [185] de kuraklık stresi altında osmotik düzenleyici olarak prolinin biriktiği belirlenmiştir. Bu tez çalışmasında da mikoriza uygulaması yapılan

bitkilerde prolin içeriğinin kontrol gruplarına oranla çok daha yüksek düzeylerde bulunduğu görülmektedir. Bu durum mikorizaların bitkiyi stresten ne denli uzaklaştırdığını gözler önüne sermektedir. Benzer şekilde Farahani et al. [151] kuraklık stresi altında mikoriza ile inokule edilmiş ve edilmemiş bitkilerin fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerini incelemiş ve en yüksek prolin birikiminin stres koşullarında mikorizalı bitkilerde gerçekleştiğini belirtmişlerdir.

Kurak periyotta azot gibi bazı zorunlu minerallerin alınımının azalması ve buna paralel olarak protein sentezinde de azalma olduğu bilinmektedir [186,187,188]. Bu tez çalışmasında da benzer şekilde çözünebilir protein içeriğinin 5 BB genotipinde, kuraklık stresi altında ve 20 g/L mikoriza uygulanmış bitkilerinde daha yüksek seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. 110 R genotipinde de kurak koşullarda mikoriza uygulaması yapılmamış bitkilerde inokule bitkilere göre protein içeriğinin çok daha düşük olduğu belirlenmiştir. Abdelmoneim et al. [127] da stres altındaki mısır bitkisinde çözünebilir protein içeriğinin sulanan bitkilere kıyasla önemli ölçüde azaldığını ancak *G. mossea* uygulanan bitkilerde inokule edilmemiş bitkilere göre arttığını belirtmişlerdir.

Stres ortamında meydana gelen zararlanmalardan birisi bu hücre zarlarındaki doymamış yağların oksidatif parçalanması olup lipid peroksidasyonu olarak adlandırılmaktadır. Zar lipidlerinin seviyesi oksidatif hasarın şiddetini ve bitkinin strese karşı duyarlılığını göstermektedir [189]. Bu durum hücrede geri dönüşü olmayan hasara neden olmaktadır. AMF'lerin lipid peroksidasyonunun azaltılmasında da önemli rol oynadığı, inokule bitkilerde lipid peroksidasyonunun diğer bitkilere oranla daha az olduğu belirtilmektedir [190]. Bu tez çalışmasında da lipid peroksidasyonunun mikoriza uygulaması yapılmayan stres bitkilerinde en yüksek seviyede gerçekleştiği; düzenli sulama yapılan ve mikoriza uygulanmayan bitkilerde ise en düşük seviyede gerçekleştiği belirlenmiştir. Araştırmamıza benzer şekilde Singh [191] de domates bitkisinde kuraklık stresi altında inokule bitkilerde lipid zararlanmasının inokule edilmemiş olanlara göre köklerde %19 sürgünlerde ise %59 daha az olduğunu tespit etmiştir. Araştırma sonucunda AMF'lerin kuraklık

stresinde toleransı arttırdığı, bununla birlikte söz konusu dayanıklılığın hala tartışmalı olduğu ifade edilmiştir.

Mikoriza simbiyozunun membran lipidlerinde oksidatif zararlanmaya neden olan hidrojen peroksit seviyesinin düşmesini sağladığı da bilinmektedir [142]. İki asma anacına ait bitkilerin kullanıldığı bu araştırmada da hidrojen peroksit miktarı kuraklık stresinde inokule edilmemiş bitkilerde en yüksek seviyede (223,45  $\mu\text{mol/g TA}$ ) gerçekleşmiştir. Mikorizaların hidrojen peroksit üzerindeki bu etkisinin aynı zamanda stres karşısında artan ve birer sekonder metabolit olan fenolik bileşiklerden de kaynaklandığı düşünülmektedir [192,193]. Nitekim fenolik bileşikler güçlü ve ideal kimyasal yapıları ile [194] serbest radikaller üzerinde zincir kırıcı, stabilize edici konumdadırlar [195]. Bu alanda yapılmış araştırmalarda da inokule bitkilerde arginin, isoflavonoid ve diğer bazı fenolik bileşiklerin üretiminde artış olduğu ifade edilmiştir [196,197,198]. Börülce ve soya fasulyesinde de inokule edilmiş bitkilerde fitoaleksinlerin arttığı tespit edilmiştir [199]. Bu tez çalışmasında da en yüksek fenolik bileşik içeriğinin her iki genotipte de 20 g/l mikoriza uygulanan stres bitkilerinde ortaya çıkmış olması dikkati çekmektedir.

Bitkilerde doğal koşullarda metabolik yolların dengede olduğu, bu koşullar değişince dengelerin de bozulduğu bilinmektedir [200]. Bunun sonucu hücrede yüksek enerji düzeyindeki elektronlar moleküler oksijene iletilmekte ve tekli oksijen, süperoksit anyonu ve hidrojen peroksit ile hidroksil radikali gibi ROS lar oluşmaktadır [201]. ROS ise protein, DNA ve lipidleri oksitleyerek zarar oluşturan toksik moleküllerdir [202]. Antioksidanlar da canlı hücrelerde bulunan protein, lipid, karbohidrat ve DNA gibi okside olabilecek maddelerin oksidasyonunu önleyen veya geciktirebilen maddeler olup, bu duruma antioksidan savunma denilmektedir [203]. İşte bu oksidan ve antioksidan arasındaki denge oksidan yönüne kaydığında proteinler bozulmakta, lipidler okside olmakta ve DNA da mutasyonlar meydana gelebilmektedir. Oksijen radikallerini zararsız hale getirmede antioksidan etkili enzimlerin üretilmesi oksidatif strese karşı verilen en etkin mücadele olarak ifade edilmektedir [204]. Antioksidan enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimler, bitkilerin biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı duyarlılık ve dayanıklılık dereceleri konusunda önemli bir gösterge

olmaktadır [205]. Yapılan araştırmalarda kuraklık, tuzluluk, sıcaklık, ağır metal, UV gibi stres faktörlerinin antioksidan enzimlerin aktivitelerinde değişikliklere yol açtığı belirlenmiştir [206,207,208,209].

Bu enzimlerin aktivitesi ise çevresel faktörlere, stres tipine ve organizmanın yaşına bağlı olarak değişmektedir [210]. Bu yüzden stres altındaki bitkilerde antioksidan sistemde meydana gelen değişimlerin incelenmesi son derece önemlidir. Nitekim Lee ve Lee [211] bitkisel materyal olarak hıyar bitkisini kullandıkları çalışmalarında kurağa dayanıklılıkta antioksidan enzim aktivitesinin arttığını tespit etmişlerdir. Benzer şekilde diğer araştırmacılar da dayanıklı bitkilerde su stresine maruz kaldığında antioksidan enzim aktivitelerinin arttığını belirtmişlerdir [212,213].

Hassas bitkilerde enzim aktivitesinin düşük olduğu belirlenmiş olup bu durum fotosentetik olayların yaprak kloroplastlarında meydana gelmesine ve enzimin de kloroplastlarda yer almasına dayandırılmaktadır [163,214].

Stres toleransının artırılmasında mikoriza bitki simbiyozisiyle bitkilerdeki antioksidan aktivitelerin artmasının etkili olduğu ifade edilmektedir [215,216,217]. Yapılan bir araştırmada da turunçgillerde mikoriza inokulasyonu kontrole kıyasla, bitkilerde antioksidan enzim aktivitelerinde artışa neden olmuştur [153].

Mikoriza ile aşılanmış bitkilerde stres karşısında oluşan oksidatif hasarın azaltılması iki mekanizma ile açıklanmaktadır. Bunlardan birincisi suyun hifler aracılığı ile doğrudan bitkiye aktarılması ve bu şekilde stres ortamının oluşmamasıdır. Bu şekilde doğal olarak ROS miktarı düşük düzeyde kalmaktadır. İkinci mekanizma ise kuraklık stresinde mikorizaların enzimatik (süperoksit dismutazlar, askorbat peroksidazlar ve katalazlar) ve enzimatik olmayan (flavonoidler, karotenoidler ve tokoferoller) antioksidanların üretiminde artış sağlayabilmesidir [218,219].

Bitkiler strese maruz kaldığında, ilk ROS süpürücü antoksidan enzim mekanizması olarak süperoksit dimutaz (SOD) ortaya çıkmaktadır [220]. SOD enzimi aracılığı ile

savunma hattının ilk elemanı olarak süperoksit anyonu  $H_2O_2$  ve  $O_2$ 'ye çevrilmektedir [221].

Strese dayanıklı bitkilerde stres ortamında SOD aktivitesinin arttığı bilinmektedir [222]. Örneğin bezelye [223], fasülye [224] ve arpa [225] bitkilerinde stres karşısında SOD aktivitesinin arttığı kaydedilmiştir. Bu çalışmada da bir antioksidan enzim olarak SOD enziminin aktivitesi incelenmiş olup en yüksek aktivite 206,26 (unite/mg protein) ile 110 R genotipinde, kuraklık stresinde ve 10 g/L mikoriza uygulanan bitkilerde saptanmıştır. Burada değerlendirme yapılırken mikorizanın etkisini görebilmek bakımından aynı mikoriza konsantrasyonlarının düzenli sulanan ve stres altındaki bitkilerdeki etkisinin de karşılaştırılması gerektiği düşünülmektedir. Bu amaçla 5 BB genotipinde 10 g/L mikoriza uygulamasında kontrol bitkilerinde SOD enzim aktivitesi 94,95 (unite/mg protein) olarak belirlenirken, aynı mikoriza konsantrasyonunda stres altındaki bitkilerde enzim aktivitesi 116,23 olarak belirlenmiştir. 20 g/L mikoriza uygulamasında ise sırasıyla kontrol bitkileri ve stres bitkilerinde olmak üzere 126,11 (unite/mg protein) ve 133,30 (unite/mg protein) olarak gerçekleşmiştir. Benzer ve daha net etkinin ise 110 R genotipinde karşımıza çıktığı görülmektedir. Kurak koşullarda 10 g/L mikoriza uygulaması yapılan bitkilerde SOD aktivitesi tüm değerler içerisinde en yüksek seviyede bulunurken, bu değer aynı genotipin aynı mikoriza konsantrasyonundaki kontrol bitkilerinden neredeyse iki kat fazla olduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla burada stres ortamında mikorizanın etkisi daha net görülmektedir. Caravaca et al. [226] da mersin (*Myrtus communis*) bitkisinde mikoriza aşılamanın kuraklık stresinde SOD aktivitelerini artırdığını belirtmişlerdir.

SOD enzimi aracılığı ile oluşan  $H_2O_2$  aslında diğer bir zararlı ROS türüdür. Bu nedenle hızla daha az zararlı başka ürünlere dönüştürülmesi gerekmektedir. İşte bu aşamada etkili antioksidan enzimlerden bir diğeri katalaz (CAT) dır. CAT, aerobik organizmaların tümünde, bitkilerde ve mantarlarda bulunmaktadır [227]. CAT'ın temel fonksiyonu  $H_2O_2$ 'nin ve ROOH'ın radikalliğini gidererek hasarları engellemektir [228]. Bir molekül katalaz enzimi saniyede bir milyar  $H_2O_2$ 'i su ve oksijene parçalamakta ve tüm enzimler içerisinde en yüksek dönüşüm oranı

sergilemektedir. Mikorizalar ile antioksidan enzim aktiviteleri arasındaki ilişkiyi incelemeye yönelik yapılan çalışmalarda oldukça değişken sonuçların alındığı bilinmektedir. Bu alandaki bir araştırmada kuraklık stresinde katalaz aktivitesinin inokule edilmiş bitkilerde artış gösterdiği [129]; bir diğer araştırmada ise inokule fidelerin yaprak ve gövdelerinde CAT aktivitesinde genel bir artış görülürken, yüksek inokulum konsantrasyonunda (104 zoospor/ml) özellikle duyarlı çeşitlerde tersine bir aktivite kaybının olduğu ifade edilmektedir [228]. Bu tez çalışmasında da benzer şekilde bir etkinin 5 BB genotipinde ortaya çıktığı belirlenmiştir. Nitekim en yüksek CAT aktivitesi 5 BB genotipinde kurak koşullarda ve 10 g/L mikoriza uygulaması yapılmış bitkilerde tespit edilirken, aynı genotipin aynı koşullarda daha yüksek inokulum konsantrasyonunda (20 g/L) bir aktivite kaybının olduğu görülmektedir.

Strese bağlı hücre tahribatında CAT aktivitesindeki yükselmenin belirleyici rol oynadığı vurgulanmaktadır. Prasad [229], incelemiş olduğu antioksidan enzimler içerisinde stres toleransında en iyi ilişkiyi CAT enziminin vermiş olduğunu ifade etmiştir. Yine strese bağlı hücre tahribatında CAT aktivitesindeki azalmanın belirleyici olduğu, enzim aktivitesinin yüksek olduğu durumlarda zararlanmanın daha az olduğu belirtilmiştir [230,231].

CAT aktivitesindeki artış her ne kadar  $H_2O_2$  içeriğinin düşürülmesine katkıda bulursa da CAT'ın  $H_2O_2$  yıkım yollarını tek başına engelleyebilmesinin yeterli olmayacağı da belirtilmektedir [228]. Nitekim Gosset et al. [232] ve Mazza et al. [233]'da yaptıkları çalışmalarla CAT'ın stres koşulları altında aktivitesinde azalmalar meydana geldiği durumlarda diğer antioksidan enzimlerin uyarıldığını saptamışlardır. Bu durumda serbest radikallerin peroksidaz gibi diğer antioksidan enzimlerle ortadan kaldırılması savunma mekanizmasında peroksidaz enziminin ne denli önemli bir yere sahip olduğunu göstermektedir. Dolayısıyla  $H_2O_2$ 'nin ortadan kaldırılmasını katalizleyen enzimler CAT ve askorbat peroksidaz (APX) olup, CAT bu aşamada bir indirgeyiciye ihtiyaç duymazken, APX indirgeyici olarak askorbatı kullanmaktadır [201].

Bitki hücrelerinde  $H_2O_2$ 'in detoksifikasyonunda en önemli indirgen substrat askorbattır. Askorbat peroksidaz (APX) askorbatı  $H_2O_2$  ve suya parçalamaktadır [189]. Askorbat en önemli antioksidanlardan biri olup bitkilerde hem fotosentetik hem de fotosentetik olmayan dokularda birikmektedir.

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde antioksidan enzim mekanizmalarının incelenmesine yönelik yapılan bir araştırmada Doğan ve Avu [163] enzimler içerisinde CAT aktivitesinin stres ile birlikte arttığını, GR, APX ve SOD aktivitesinin ise azaldığını belirtmişlerdir. Mikoriza inokulasyonu ve kuraklık stresi ilişkisinde antioksidan enzimlerin etkisini belirlemeye yönelik yapılmış bir araştırmada ise Singh [234]; inokule bitkilerde hem sulanan hem de kurak koşullarda daha düşük bir APX aktivitesinin söz konusu olduğunu belirtmiştir. Bir diğer çalışmada da *Glomus mosseae*'nin bazı turunçgil anaçlarının kuraklık stresinde antioksidan enzim aktiviteleri üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda kontrol ile karşılaştırıldığında aşılanan bitkilerde antioksidan enzim aktivitelerinin (SOD, CAT ve APX) arttığı belirlenmiştir [153]. Bu tez çalışmasında da kuraklık stresi altındaki bazı asma anaçlarında mikoriza uygulamalarının APX aktivitesi üzerine olan etkisi de incelenmiş olup, bu kriter bakımından en yüksek değerler 110 R genotipinin kurak koşullarda ve 20 g/L mikoriza uygulanan bitkilerinden elde edilmiştir. Dolayısıyla araştırmanın antioksidan enzimler bakımından elde edilen sonuçlarının, literatürde bu alanda yapılmış bazı araştırma sonuçlarına paralel olduğu görülmektedir. Bununla birlikte farklı araştırmacıların bu alanda yapmış oldukları çalışmalarda çok farklı bulgulara ulaşıldığı da bilinmektedir. Nitekim GR, APX ve SOD aktivitelerinin kuraklık stresıyla fasulyede azaldığı [235]; *Arabidopsis thaliana* da yükseldiği [236], çeltik fidelerinde ise CAT aktivitesinin kuraklık stresi karşısında değişmediği, buna karşın APX aktivitesinin ise arttığı bulunmuştur [237]. APX aktivitesinin artan stresle birlikte düşmesinin, bu enzimin indirgenme kapasitesinin  $H_2O_2$ 'nin oksidasyon kapasitesinden daha düşük kalması ile ilişkili olabileceği ifade edilmektedir [238,239,240].

Kuraklık stresinde mikorizal fungusların bitkinin su kullanım etkinliğinden, fotosentetik aktivite ve stomatal iletkenlik üzerine olan etkilerine kadar mekanizmalarının anlaşılmasına yönelik pek çok literatür bulunmaktadır [241,242]. Bununla birlikte, verilen tepkilerin karmaşıklığı ve çeşitliliği çevresel strese karşı mikorizaların etki mekanizmalarının net olarak ortaya konulamadığı bilinmektedir [65].

Mikorizal bitkilerin oksidatif strese olan tepkilerinin su durumunun kontrolünde önemli olduğu, mikorizaların kuraklığın zararlı etkilerinden korumada konukçu bitki üzerindeki mekanizmalarını anlamak için moleküler düzeyde incelemelerin gerekliliğini belirtmişlerdir [70]. Benzer şekilde Smith et al. [71] da kompleks bir mekanizmanın olduğunu ve ortak bir sonuca ulaşma bakımından moleküler incelemelerin yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Bu tez çalışmasında sonuç olarak mikorizaların bitkilerde kuraklığa toleransın kazanılmasında etkin rol oynadıkları saptanmıştır. Mikoriza uygulamalarının kullanılan asma anaçlarında kuraklık stresinde sürgün ve kök gelişimi ile bazı biyokimyasal özellikleri olumlu yönde etkiledikleri belirlenmiştir. Mikorizaların bu özelliklerinin bağcılık sektöründe büyük bir kullanım potansiyelinin olacağı, ayrıca yeni tesis edilecek bağlarda mikoriza kullanımı ile verim ve kalitenin artacağı, çeşitli stres koşullarına dayanımın artırılması ile de kayıpların önleneceği düşünülmektedir.



## 6. KAYNAKÇA

1. Uzun, İ., Bağcılık, Akdeniz Üniversitesi Yayın No: 69, 171 s., 1996.
2. Anonim, Biodiversity and Climate Change, Biodiversity and Climate Change, Convention on Biological Diversity (CBD), 2007.
3. Wilhite, D.A., Sivakumar, M.K.V., Wood, D.A., Early Warning Systems for Drought Preparedness and Drought Management. Proceedings of an Expert Group Meeting in Lisbon, Portugal, September, 5-7, 2000.
4. Gerdemann, J.W., Vesicular Arbuscular Mycorrhiza and Plant Growth, Ann. Rev. Phytopath., 6, 397-418, 1968.
5. Mosse, B, Advances in The Study of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza, Ann. Rev. Phytopath., 11, 171-196, 1973.
6. Schenck, N.C., Schroder, V.N., Temperature Response of Endogone Mycorrhiza on Soybean Roots, Mycologia, 66, 600-605, 1974.
7. Bethenfalvay, G.J., Linderman, R.G., Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. American Society Agronomy Special Publication, 54 Madison VI, 1992.
8. Marschner, H., Mineral Nutrition of High Plants. Second edition. Academic Press London, 1995.
9. Doğmuş Lehtijarvi, H.T., Lehtijarvi, A., Yarı Kurak Mıntıklarda Gerçekleştirilecek Ağaçlandırma Çalışmalarında Mikorizalı Fidan Kullanımı ve Önemi, Türkiye'de Yarı Kurak Bölgelerde Yapılan Ağaçlandırma ve Erozyon Kontrolü Uygulamalarının Değerlendirilmesi Çalıştayı, Nevşehir, 7-10 Kasım 2006.
10. Miransari, M., et al., Using Arbuscular Mycorrhiza To Alleviate The Stress Of Soil Compaction on Wheat (*Triticum aestivum* L.) Growth, Soil Biol. Biochem. 40, 1197-1206, 2008.
11. Gholamhoseini, M., et al., Effects of Arbuscular Mycorrhizal İnoculation On Growth, Yield, Nutrient Uptake and Irrigation Water Productivity of Sunflowers Grown Under Drought Stress, Agric. Water Manag., 117, 106-114, 2013.
12. Kuşvuran, ř., Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar, Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2010.

13. Hawkesford, M., Buchner, J.P., Molecular Analysis of Plant Adaptation to the Environment, *Plant Ecophysiology*, 1, 15, 2001.
14. Horasan, Ö., et al., Effects of Salicylic Acid on Growth of in Vitro Cultured Eggplant (*Solanum melongena* L.) Embryos Under Saline Conditions, Int. Conference on Plants & Environmental Pollution, Kayseri, Türkiye, July 6-11, 2009.
15. Levitt, J., Responses of Plants to Environmental Stresses, Academic Press, Vol II, 2nd ed., New York, 1980.
16. Özcan S., Babaoğlu, M., Gürel, E., Bitki Biyoteknolojisi Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları, S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya, 2004.
17. Asraf, M., Ali, Q., Relative Membrane Permeability and Activities of Some Antioxidant Enzymes as the Key Determinants of Salt Tolerance in Canola (*Brassica napus* L.), *Env. Exp. Bot.*, 63, 266-273, 2007.
18. Ashraf, M., Iram, A., Drought Stress Induced Changes in Some Organic Substances in Nodules and Other Plant Parts of Two Potential Legumes Differing in Salt Tolerance, *Flora*, 200, 535-546, 2005.
19. Kalefetoğlu, T., Ekmekçi, Y., The Effect of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *G. U. Journal Of Science*, 18(4): 723-740, 2005.
20. Daşgan, H.Y., et al., The Relationship Between Citrulline Accumulation and Salt Tolerance During the Vegetative Growth of Melon (*Cucumis melo* L.), *Plant Soil Environ.*, 55 (2): 51-57, 2009.
21. Mahajan, S., Tuteja, N., Cold, Salinity and Drought Stresses, An Overview, *Archives of Biochem. Biophysics.*, 444, 139-158, 2005.
22. Kahil, M.T., Dinar, A., Albiac, J., Modeling Water Scarcity and Droughts for Policy Adaptation to Climate Change in Arid and Semiarid Regions, *J. Hydrol.*, 522, 95-109, 2015.
23. Khanna Chopra, R., Selote, D.S., Acclimation to Drought Stress Generates Oxidative Stress Tolerance in Drought-Resistant Than Susceptible Wheat Cultivar Under Field Conditions, *Environ. Exp. Bot.*, 60, 276-283, 2007.
24. Wang, W., Vinocur, B., Altman, A., Plant Responses to Drought, Salinity and Extreme Temperatures: Towards Genetic Engineering for Stress Tolerance, *Planta*, 218, 1-14, 2003.
25. Arora, A., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Oxidative Stress and Antioxidative Systems in Plants, *Curr. Sci. India*, 82, 1227-1238, 2002.

26. Palta, Ş., et al., Arbüsküler Mikorizal Funguslar (AMF), Bitki ve Toprakla İlişkileri, Mera Islahındaki Önemleri, BOFD, 12(18): 87-98, 2010.
27. Dura, S., Mikoriza ve Bitki İlişkilerinin Tarıma Yansıması, <http://apelasyon.com/Yazi/430-mikoriza-mantarlari-ve-tarimsal-acidan-onemi>, Antalya, 2010.
28. Daniels, B.A., Mc Cool, P.M., Menge, J.A., Comparative Inoculum Potential of Spores of Six Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *New Phytologist*, 89, 385-391, 1981.
29. Bagyaraj, D.J., Ecology of Vesicular Arbuscular Mycorrhizae, *Handbook of Applied Mycology: Soil and Plants*, D.K. Arora, B. Rai, K.G. Mukerji, G.R. Knudsen (Eds.) Marcel Dekker, Inc., New York, 1991.
30. Ortas, I., The Influence of Use of Different Rates of Mycorrhizal Inoculum on Root Infection, Plant Growth, and Phosphorus Uptake, *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 27(18-20):2935-2946, 1996.
31. Ortas, I., Mikoriza Nedir? *Tübitak Dergisi*, Ankara, 351, 1997.
32. Ortas, I., et al., Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanaklarının İrdelenmesi, *Doğa Dergisi*, 4: 959-968, 1999.
33. Schüßler, A., Schwarzott, D., Walker, C., A New Fungal Phylum, the Glomeromycota: Phylogeny and Evolution, *Mycol. Res.* 105, 1413-1421, 2001.
34. Bonfante, P., Genre, A., Mechanisms Underlying Beneficial Plant-Fungus Interactions in Mycorrhizal Symbiosis, *Nat. Commun.*, 1, 48, 2010.
35. Smith, E.S., Read, J.D., *Mycorrhizal Symbiosis*, A.D. Robson (ed.), Kluwer Academic Publishers, London, 1997.
36. Atul Nayyar, A., Hamel, C., Hanson, K., Germida, J., The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Links N Mineralization To Plant Demand, *Mycorrhiza*, 19, 239-246, 2009.
37. Jeffries, P., Dodd, C.J., *The Use of Mycorrhizal Inoculants In Forestry and Agriculture*, *Handbook of Applied Mycology*, Vol. 1, Soil and Plants, D.K. Arora, B. Rai, K.G. Mukerji, G.R. Knudsen (eds.), Marcel Dekker, New York, 1991.
38. Sieverding, E., *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agro Systems*, Technical Co-operation- Federal Republic of Germany, 1991.
39. Harley, J. L., Smith, S.E., *Mycorrhizal Symbiosis*, Academic Press, London, 1983.

40. Simpson, D. Daft, M.J., Spore Production and Mycorrhizal Development in Various Tropical Crop Hosts Indicted with *Glomus clarum*, Plant and Soil, 121, 171-178, 1990.
41. Korkmaz, A.A. Farklı Konukçu Bitki ve Yetiştirme Ortamlarının Mikoriza Üretimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Adana, 2005.
42. Siqueira, J. O., Hubbell, D.H., Mahmud, A.W., Effect of Liming on Spore Germination and Germ Tube Growth and Root Colonization by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Plant and Soil, 76, 115-124, 1984.
43. Evelin, H., Kapoor, R., Giri, B., Arbuscular Mycorrhizal Fungi In Alleviation of Salt Stress: A Review, Ann. Bot., 104:1263-1280, 2009.
44. Zhongqun, H., et al., Changes of Antioxidative Enzymes and Cell Membrane Osmosis in Tomato Colonized By Arbuscular Mycorrhizae Under NaCl Stress, Colloids Surf., B. Biointerfaces, 59, 128-133, 2007.
45. Al-Karaki, G.N., Clark, R.B., Growth, Mineral Acquisition and Water Use By Mycorrhizal Wheat Grown Under Water Stress, J. Plant Nutr., 21, 263-276, 1998.
46. Augé, R.M., Arbuscular Mycorrhizae and Soil/Plant Water Relations, Can. J. Soil Sci., 84, 373-381, 2004.
47. Al-Karaki, G.N., Nursery Inoculation Of Tomato With Arbuscular Mycorrhizal Fungi And Subsequent Performance Under Irrigation With Saline Water, Sci. Hortic., 109, 1-7, 2006.
48. Augé, R.M., et al., Comparing Contributions of Soil Versus Root Colonization to Variations in Stomatal Behavior and Soil Drying in Mycorrhizal *Sorghum bicolor* and *Cucurbita pepo*, J. Plant Physiol., 164, 1289-1299, 2007.
49. Almagrabi, O.A., Abdelmoneim, T.S., Using of Arbuscular Mycorrhizal Fungi to Reduce The Deficiency Effect of Phosphorous Fertilization on Maize Plants (*Zea mays* L.), Life Science Journal, 9 (4):1648-1654, 2012.
50. Evelin, H., Giri, B., Kapoor, R., Contribution of *Glomus intraradices* Inoculation to Nutrient Acquisition and Mitigation of Ionic Imbalance in NaCl-Stressed *Trigonella foenum-graecum*, Mycorrhiza, 22:203-217, 2012.
51. Sandal Erzurumlu, G., Erman Kara, E., Mikoriza Konusunda Türkiye’de Yapılan Çalışmalar, Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7 (2): 55-65, 2014.
52. Estrada Luna, A.A., Davies, F.T., Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Water Relations, Gas Exchange, Abscisic Acid and Growth of Micropropagated

Chile Ancho Pepper (*Capsicum annuum*) Plantlets During Acclimatization and Post-Acclimatization, *J. Plant Physiol.*, 160, 1073-1083, 2003.

53. Asghari, H.R., et al., Growth Response of *Atriplex nummularia* to Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi at Different Salinity Levels, *Plant Soil*, 373, 245-256, 2005.

54. Porcel, R., Ruiz Lozano, J.M., Arbuscular Mycorrhizal Influence on Leaf Water Potential, Solute Accumulation and Oxidative Stress in Soybean Plants Subjected to Drought Stress, *J. Exp. Bot.*, 55, 1743-1750, 2004.

55. Allen, E.B., Allen, M.F., Water Relations of Xeric Grasses In The Field: Interactions of Mycorrhizas and Competition, *New Phytol.*, 104, 559-571, 1986.

56. Nelsen, C.E., The Water Relations of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Systems, *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, G.R. Safir (ed.), CRC Press, Boca Raton, 1987.

57. Hajiboland, R., et al., Colonization With Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improves Salinity Tolerance of Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Plants, *Plant Soil*, 331, 313-327, 2010.

58. Goicoechea, N., Merino, S., Sánchez Díaz, M., Arbuscular Mycorrhizal Fungi Can Contribute to Maintain Antioxidant and Carbon Metabolism In Nodules of *Anthyllis cytisoides* L. Subjected to Drought, *J. Plant Physiol.*, 162, 27-35, 2005.

59. Manchanda, G., Garg, N., Alleviation of Salt-Induced Ionic, Osmotic And Oxidative Stresses in Cajanuscajan Nodules by AM Inoculation, *Plant Biosyst.*, 145, 88-97, 2011.

60. Rapparini, P., Peñuelas, J., Mycorrhizal Fungi to Alleviate Drought Stress on Plant Growth, *Use of Microbes for the Alleviation of Soil Stresses*, M. Miransari (ed.), Chapter 2, Springer Science+Business Media New York, 2014.

61. Duan, B., et al., Interactions Between Water Deficit, ABA, and Provenances in *Picea asperata*. *J. Exp. Bot.* 58, 3025-3036, 2007.

62. Davies, F.T., Potter, J.R., Linderman, R.G., Mycorrhiza and Repeated Drought Exposure Affect Drought Resistance and Extraradical Hyphae Development of Paper Plants Independent of Plant Size and Nutrient Content, *J. Plant Physiol.*, 139, 289-294, 1992.

63. Aroca, R. (ed.), *Plant Responses To Drought Stress: From Morphological To Molecular Features*, Springer-Verlag Berlin; GmbH & Co. K, Heidelberg, Germany, 2012.

64. Yang, Y., Chen, Y., Li, W., Arbuscular Mycorrhizal Fungi Infection In Desert Riparian Forest and Its Environmental Implications: A Case Study In The Lower Reach of Tarim River, *Prog. Nat. Sci.*, 18, 983-991, 2008.
65. Fernández Lizarazo, J.C., Moreno Fonseca, L.P., Mechanisms For Tolerance To Water-Deficit Stress In Plants Inoculated With Arbuscular Mycorrhizal Fungi, A review, *Agronomía Colombiana*, 34(2): 179-189, 2016.
66. Ruiz Lozano, J.M., Azcon, R., Gomez, M., Effects of Arbuscular Mycorrhizal Glomus Species on Drought Tolerance: Physiological and Nutritional Plant Responses, *App. Environ. Microb.*, 61(2): 456-460, 1995.
67. Augé, R.M., Water Relations, Drought and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis, *Mycorrhiza*, 11(3), 42, 2001.
68. Beltrano, J., Ronco, M., Salerno, M.I., Ruscitti, M., Peluso, O., Responses of Mycorrhizal Wheat Plants (*Triticum aestivum* L.) Under Soil Water Stress and Re-Watering Conditions, *Revista Ciencia y Tecnología*, (8):1-7, 2003.
69. Asensio, D.F., Rapparini, J., Peñuelas, J., AM Fungi Root Colonization Increases The Production of Essential Isoprenoids vs Nonessential Isoprenoids Especially Under Drought Stress Conditions or After Jasmonic Acid Application, *Phytochem.*, 77, 149-161, 2012.
70. Ruiz Lozano, J.M.,) Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Alleviation of Osmotic Stress, *New Perspectives for Molecular Studies*, *Mycorrhiza*, 13, 309-317, 2003.
71. Smith, S.E., Facelli, E., Pope, S., Smith, F.A., Plant Performance In Stressful Environments: Interpreting New and Established Knowledge of The Roles of Arbuscular Mycorrhizal, *Plant Soil*, 326, 3-20, 2010.
72. Belimov, A.A., Safronova, V.I., Mimura, T., Response of Spring Rape To Inoculation With Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Containing 1-aminocyclopropane-1- carboxylate deaminase Depends on Nutrient Status of the Plant, *Can. J. Microbiol.*, 48, 189-199, 2002.
73. Shaharoona, B., Naveed, M., Arshad, M., Zahri, Z.A., Fertilizer Dependent Efficiency of *Pseudomonas* for Improving Growth, Yield, and Nutrient Use Efficiency of Wheat (*Triticum aestivum* L.), *Appl. Microbiol. Biotechnol.*, 79, 147-155, 2008.
74. Da Silva Lobato, A.K., et al., Tolerance to Drought in Leguminous Plants Mediated by Rhizobium and Bradyrhizobium, Responses of Organisms to Water Stress, *Agric. Biol. Sci.*, Ş. Akıncı (ed.), 16, 2013.

75. Matthews, M.A., Anderson, M.M., Fruit Ripening in *Vitis vinifera* L.: Response to Seasonal Water Deficits, *Am. J. Enol. Vitic.*, 39, 313- 320, 1988.
76. Matthews, M.A., et al., Dependence of Wine Sensory Attributes on Vine Water Status, *J. Sci. Food Agric.*, 51, 321-335, 1990.
77. Prior, L., Grieve, A., Cullis, B., Sodium Chloride and Soil Texture Interactions in Irrigated Field Grown Sultana Grapevines. II. Plant Mineral Content, Growth and Physiology, *Aust. J. Agric. Res.* 43(5); 1067-1083, 1992.
78. Sipiora, M. J., Granda, M.J.G. Effects of Pre-Veraison Irrigation Cut off and Skin Contact Time on the Composition, Color, and Phenolic Content of Young Cabernet Sauvignon Wines in Spain, *Amer. J. Enol. Vitic.* 49(2), 152-162, 1998.
79. Esteban, M.A., Villanueva, M. J., Lissarrague, J.R., Effect of Irrigation on Changes in Berry Composition of Tempranillo During Maturation. Sugars, Organic Acids, and Mineral Elements, *Amer. J. Enol. Vitic.*, 50(4): 418-434, 1999.
80. Esteban, M.A, Villanueva, M.J., Lissarrague, J.R., Effect of Irrigation On Changes In The Anthocyanin Composition of The Skin of cv. Tempranillo (*Vitis vinifera* L.) Grape Berries During Ripening, *J. Sci. Food Agric.* 81(4): 409-420, 2001.
81. Kennedy, J.A., Matthews, M.A., Waterhouse, A.L., Changes in Grape Seed Polyphenols During Fruit Ripening, *Phytochem.*, 55(1): 77-85, 2000.
82. Watson, J.W., Drought Advisory: Grapes, Washington State University Extension: M. Battany (ed.), Grape Notes: Salinity Management for Drought Years, University of California Cooperative Extension, 2005.
83. Grimes, D., Williams, W., Irrigation Effects on Plant Water Relations and Productivity of Thompson Seedless Grapevines, *Crop Sci.*, 30(2):255-260, 1990.
84. Mullins, M.G., Bouquet, A., Williams, L.E., Biology of The Grapevine. Cambridge University Press, Cambridge, England, 1992.
85. Menge, J.A., et al., Interactions Between Mycorrhizal Fungi, Soil Fumigation and Growth of Grapes in California, *Amer. J. Enol.Vitic.*, 34, 117-121, 1983.
86. Waschkies, C, Schropp, A., Marschner, H., Relations Between Replant Disease and Root Colonization of Grapevine (*Vitis sp.*) by *Fluorescent pseudomonas* and Endomycorrhizal Fungi, *Plant and Soil*, 162, 219-227, 1994.
87. Bavaresco, L., Fogher, C., Lime-Induced Chlorosis of Grapevine As Affected By Rootstock and Root Infection With Arbuscular Mycorrhiza and *Pseudomonas fluorescens*, *Vitis*, 35(3): 119-123, 1996.

88. Petgen, M., et al., Influence of Different Inoculum Places of The Mycorrhizal Fungus *Glomus mosseae* on Mycorrhizal Colonization in Grapevine Rootstocks (*Vitis* sp.), *Vitis*, 37(3): 99-105, 1998.
89. Almaliotis, D., et al., Mycorrhizal Colonization Of Table Grapevines cv. Victoria and Its Relationship With Certain Soil Parameters and Plant Nutrition. *Agrochimica*, 52(3): 129-136, 2008.
90. Karagiannidis, N., et al., Effects of Different N Fertilizers on The Activity Of *Glomus mosseae* and on Grapevine Nutrition And Berry Composition, *Mycorrhiza*, 18(1): 43-50, 2007.
91. Kara, Z., The Effects of Mycorrhizae Applications on Wine Grapes and Plant Propagation, International Conference “Good Practices for Sustainable Agricultural Production”, Sofia BG, November 12-14, 2009.
92. Aguin, O., et al., Effects Of Mycorrhizal Inoculation on Root Morphology And Nursery Production of Three Grapevine Rootstocks, *Amer. J. Enol. Vitic.*, 55(1): 108-111, 2004.
93. Nikolaou, N.A., et al., Cytokinin Content and Water Relations of Cabernet Sauvignon Grapevine Exposed to Drought Stress, *J. Hortic. Sci. Biotech.*, 78(1): 113-118, 2003.
94. Camprubi, A., et al., Response of The Grapevine Rootstock Richter 110 to Inoculation With Native and Selected Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Growth Performance in A Replant Vineyard, *Mycorrhiza*, 18(4): 211-216, 2008.
95. Derbew, B.Y., et al., Effect of Mycorrhizal Inoculation at Different Salinity Levels on Root Colonization, Growth and Chlorophyll Content of Different Grape Rootstocks (*Vitis* spp), *Trop. Agric. Res & Extension*, 10, 79-82, 2007.
96. Nogales, A., et al., Differential Growth Of Mycorrhizal Field-Inoculated Grapevine Rootstocks In Two Replant Soils, *ASEV*, 60(4): 484-489, 2009.
97. Eftekhari, M., et al., 2010. Integration of Arbuscular Mycorrhizal Fungi To Grape Vine (*Vitis vinifera* L.) In Nursery Stage. *J. Adv. Lab. Res. Bio.*, 1(2): 102-111, 2010.
98. Bavaresco, L., Cantu, E., Trevisan, M., Chlorosis Occurrence, Natural Arbuscular-Mycorrhizal Infection And Stilbene Root Concentration of Ungrafted Grapevine Rootstocks Growing on Calcareous Soil. *J. Plant Nutr.*, 23(11-12): 1685-1697, 2000.
99. Cheng, X.M., Baumgartner, K., Survey of Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Northern California Vineyards and Mycorrhizal Colonization Potential of Grapevine Nursery Stock, *Hortscience*, 39(7): 1702-1706, 2004.



100. Motosugi, H., et al., Comparison of The Growth and Leaf Mineral Concentrations Between Three Grapevine Rootstocks And Their Corresponding Tetraploids Inoculated With An Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Gigaspora margarita*, *Vitis*, 41(1): 21-25, 2002.
101. Usha, K., Mathew, R., Singh, B., Effect Of Three Species of Arbuscular Mycorrhiza On Bud Sprout and Ripening in Grapevine (*Vitis vinifera* L.) cv. Perlette. *Biol. Agric. & Hort.*, 23(1): 73-83, 2005.
102. Krishna, H., et al., Biochemical Changes in Micropropagated Grape (*Vitis vinifera* L.) Plantlets Due to Arbuscular-Mycorrhizal Fungi (AMF) Inoculation During Ex Vitro Acclimatization, *Sci. Hort.*, 106(4): 554-567, 2005.
103. Krishna, H., Singh, S.K., Patel, V.B., Screening of Arbuscular-Mycorrhizal Fungi for Enhanced Growth And Survival Of Micropropagated Grape (*Vitis vinifera*) Plantlets, *Ind. J. Agric. Sci.*, 76 (5): 297-301, 2006.
104. Schreiner, R.P., Tarara, J.M., Smithyman, R.P., Deficit Irrigation Promotes Arbuscular Colonization of Fine Roots By Mycorrhizal Fungi in Grapevines (*Vitis vinifera* L.) in An Arid Climate, *Mycorrhiza*, 17, 551-562, 2007.
105. Valentine, A.J., et al., Drought Responses of Arbuscular Mycorrhizal Grapevines, *Symbiosis*, 41(3): 127-133, 2006.
106. Nikolaou, N., Angelopoulos, K., Karagiannidis, N., Effects of Drought Stress on Mycorrhizal And Non-Mycorrhizal Cabernet Sauvignon Grapevine, Grafted Onto Various Rootstocks, *Expl. Agric.*, 39, 241-252, 2003.
107. Abdel Latef, A.A., He, C., Arbuscular Mycorrhizal Influence on Growth, Photosynthetic Pigments, Osmotic Adjustment and Oxidative Stress In Tomato Plants Subjected To Low Temperature Stress, *Acta Physiol. Plant*, 33, 1217-1225, 2011.
108. Tian, Y.H., et al., Synergistic Effect of Colonization With Arbuscular Mycorrhizal Fungi Improves Growth and Drought Tolerance of *Plukenetia volubilis*. *Acta Physiol. Plant.*, 35: 687-696, 2013.
109. Çelik, S., Bağcılık (Ampeloloji), Cilt-1, Anadolu Matbaa Amb. San. ve Tic. Ltd. Şti., Tekirdağ, 1998.
110. Anonymous, 1997. Descriptors for Grapevine (*Vitis* spp.). International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 62p.
111. Fan, S., Blake, T.J., Abscisic Acid Induced Electrolyte Leakage In Woody Species With Contrasting Ecological Requirements, *Physiol. Plantarum*, 90(2): 414-419, 1994.

112. Sanchez, F.J., et al., Growth of Epicotyls, Turgor Maintenance and Osmotic Adjustment in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Subjected to Water Stress, *Field Crops Res.*, 86: 81-90, 2004.
113. Bates, L.S., Waldren, R.P., Teare, I.D., Rapid Determination of Free Proline For Water Stress Studies, *Plant and Soil*, 39: 205-207, 1973.
114. Madhava Rao, K.V., Sresty, T.V.S., Antioxidative Parameters In The Seedlings of Pigeonpea (*Cajanus cajan* L. Millspaugh) in Response to Zn and Ni Stress, *Plant Sci*, 157, 113-128, 2000.
115. Velikova, V., Yordanov, I., Edrava, A., Oxidative Stress and Some Antioxidant Systems in Acid Rain-Treated Bean Plants, Protective Role of Exogenous Polyamines, *Plant Sci.*, 151, 59-66, 2000.
116. Kiselev, K.V., et al, The rol-B gene-induced Over Production of Resveratrol in *Vitis amurensis* Transformed Cells, *J. Biotech.*, 128, 681-692, 2007.
117. Singleton, V.L., Rossi, J.R., Colorimetry of Total Phenolics With Phosphomolybdic Phosphotungstic Acid, *Amer. J. Enol. Vitic.*, 16, 144-158, 1965.
118. Özden, M., ve ark., Effects of Proline On Antioxidant System In Leaves Of Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Exposed to Oxidative Stress by H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, *Sci. Hort.*, 119, 163-168, 2009.
119. Bradford, M.M., A Rapid and Sensitive Method For The Quantitation Of Microgram Quantities of Protein Utilizing The Principle of Protein-Dye Binding. *Anal. Biochem.*, 7(72): 248-254, 1976.
120. Gong, H. J., et al., Silicon Alleviates Oxidative Damage of Wheat Plants in Pots Under Drought, *Plant Sci.*, 169, 313- 321, 2005.
121. Giannopolitis, C.N., Ries, S.K., Superoxide dismutases: I. Occurrence in Higher Plants, *Plant Physiol.* 59(2): 309-314, 1977.
122. Çakmak, I., Strbac, D., Marschner, H., Activities of Hydrogen Peroxide-Scavenging Enzymes in Germinated Wheat Seeds, *J. Exp. Bot.*, 44, 127-132, 1993.
123. Nakano, Y., Asada, K., Hydrogen Peroxide is Scavenged By Ascorbate Specific Peroxidase in Spinach Chloroplasts, *Plant Cell Physiol.*, 22, 867-880, 1981.
124. Ellis, J.R., Larsen, H.J., Boosalis, M.G., Drought Resistance of Wheat Plants Inoculated With Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae, *Plant Soil*, 86: 369-378, 1985.

125. Henderson, J.C., Davies, F.T., Drought Acclimation and The Morphology of Mycorrhizal *Rosa hybrida* L. cv Ferdy is Independent of Leaf Elemental Content, *New Phytol.*, 115, 503-510, 1990.
126. Osonubi, O., Cooperative Effects Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Phosphorus Fertilization on Growth and Phosphorus Uptake of Maize and Sorghum Plant Under Drought Stressed Conditions, *Biol. Fert. Soils.*, 14, 159-165, 1994.
127. Abdelmoneim, T.S., et al., Increasing Plant Tolerance to Drought Stress by Inoculation with Arbuscular Mycorrhizal Fungi, *Life Sci. J.*, 11, 1, 2014.
128. Nayyar, H., Gupta, D., Differential Sensitivity of C3 and C4 Plants to Water Deficit Stress: Association With Oxidative Stress And Antioxidants, *Env. Exp. Bot.*, 58 (1-3), 106-113, 2006.
129. Wu, Q.S., Zou, Y.N., Mycorrhiza Has A Direct Effect on Reactive Oxygen Metabolism of Drought-Stressed Citrus, *Plant Soil Environ.*, 55 (10), 436-442, 2009a.
130. Wu, Q.S., Zou, Y.N., Mycorrhizal Influence on Nutrient Uptake of Citrus Exposed To Drought Stress, *The Philippine Agricultural Scientist*, 92(1), 33-38, 2009b.
131. Marschner, H., *Mineral Nutrition of Higher Plants*, Academic Press London, 1986.
132. Nahar, K., Gretzmacher, R., Effect of Water Stress on Nutrient Uptake, Yield and Quality of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) Under Subtropical Conditions, *Die Bodenkultur*, 53, 1, 45-51, 2002.
133. Nonami, H., Boyer, J.S., Wall Extensibility And Cell Wall Hydraulic Conductivity Decrease In Enlarging Stem Tissues At Low Water Potentials, *Plant Physiol.*, 93, 1601-1609, 1990.
134. Mohammadkhani, N., Heidari, R., Effects of Drought Stress On Soluble Proteins in Two Maize Varieties, *Turk. J. Biol.*, 32, 23-30, 2008.
135. Karimi, S., t al., Effects of Water Deficit and Chitosan Spraying on Osmotic Adjustment and Soluble Protein of Cultivars Castor Bean (*Ricinus communis* L.). *J. Stress Physiol., Biochem.*, 8 (3):160-169. 2012.
136. Panozzo, J., Eagles, H., Rate and Duration of Grain Filling and Grain Nitrogen Accumulation of Wheat Cultivars Grown in Different Environments, *Aust. J. Agric. Res.*, 50:1007-1015, 1999.

137. Echave, M., et al., Responses of Mycorrhizal Infection in The Drought Resistance and Growth of *Lotus glaber*, Lotus Newsletter, 35(2):182-186, 2005.
138. Song, F., et al., Regulatory Mechanisms of Host Plant Defense Responses To Arbuscular Mycorrhiza, Acta Ecologica Sinica, 31:322-327, 2011.
139. Wu, Q.S., Xia, R.X., Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Growth, Osmotic Adjustment and Photosynthesis of Citrus Under Well-Watered and Water Stress Conditions, J. Plant Physiol., 163, 417-425, 2006.
140. Aroca, R., Vernieri, P., Ruiz Lozano, J.M., Mycorrhizal and Nonmycorrhizal *Lactuca sativa* Plants Exhibit Contrasting Responses To Exogenous ABA During Drought Stress and Recovery, J. Exp. Bot., 59, 2029-2041, 2008.
141. Andrade, S.A.L., Silveira, A.P.D., Mycorrhiza Influence on Maize Development Under Cd Stress and P Supply, Braz. J. Plant Physiol., 20(1):39-50, 2008.
142. Ruiz Sánchez, M., et al., The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Enhances The Photosynthetic Efficiency and The Antioxidative Response of Rice Plants Subjected to Drought Stress, J. Plant Physiol., 167, 862-869, 2010.
143. Fan, Q.J., Liu, J.H., Colonization With Arbuscular Mycorrhizal Fungus Affects Growth, Drought Tolerance And Expression of Stress Responsive Genes In *Poncirus trifoliata*, Acta Physiol. Plant, 33:1533-1542, 2011.
144. Abbaspour, H., et al., Tolerance of Mycorrhiza Infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) Seedlings To Drought Stress Under Glasshouse Conditions, J. Plant Physiol. 169:704-709, 2012.
145. Asrar, A.A., Abdel Fattah, G.M., Elhindi, K.M., 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, 50:305-316, 2012.
146. Doubková, P., Vlasáková, E., Sudová, R., Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Alleviates Drought Stress Imposed on *Knautia arvensis* Plants In Serpentine Soil, Plant Soil, 370(1-2): 149-161, 2013.
147. Giovannetti, M., Mosse, B., An Evaluation of Techniques for Measuring Vesicular-Arbuscular Infection In Roots, New Phytol., 84: 489-500, 1980.
148. Graham, J.H., Syvertson, J.P., Influence of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza on The Hydraulic Conductivity of Roots of Two Citrus Rootstocks, New Phytol., 97, 277-284, 1984.

149. Sweatt, M.R., Davies, F.T., Mycorrhizae Water Relations: Growth and Nutrient Uptake of Geraniums Grown Under Moderately High Phosphorus Regimes, J. Amer. Soc. Hortic. Sci., 109:210-213, 1984.

150. Bethlenfalvai, G.J., et al., Effects of Drought on Host and Endophyte Development in Mycorrhizal Soybeans in Relation To Water Use and Phosphate Uptake, Physiol. Plant., 72, 565-571, 1988.

151. Farahani, A., et al., Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Different Levels of Phosphorus and Drought Stress on Water Use Efficiency, Relative Water Content and Proline Accumulation Rate of Coriander (*Coriandrum sativum* L.). J. Med. Plants Res., 2(6): 125-131, 2008.

152. Jezdinský, A., et al., Effect of Drought Stress and Mycorrhizal Inoculation on The Growth, Photosynthetic Activity and Water Use Efficiency of Leek (*Allium porrum* L. 'Gigante suizo'), Acta Universitatis Agriculturae Et Silviculturae Mendelianae Brunensis, 11, 8, 2012.

153. Zarei, M., Paymaneh, Z., Ronaghi, A., The Effects Of Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Water Stress on Some Antioxidant Enzymes Activities and Nutrients Uptake of Two Citrus Rootstocks, Iran Agric. Res., 35(2):19-26, 2016.

154. Osonubi, O., Bakare, O.N., Mulongoy, K., Interactions Between Drought Stress And Vesicular Arbuscular Mycorrhiza on The Growth of *Faidherbia albida* (Syn. *Acacia albida*) and *Acacia nilotica* in Sterile and Non-Sterile Soils, Biol. Fertil. Soils, 14, 159-165, 1992.

155. Bryla, D.R., Duniway, J.M., Effects of Mycorrhizal Infection on Drought Tolerance and Recovery in Safflower and Wheat, Plant Soil, 197, 95-103, 1997.

156. Harper, J.L., Jones, M., Hamilton, N.R., The Evolution of Roots and The Problems of Analyzing Their Behavior, Plant Root Growth, An Ecological Perspective, D. Atkinson (ed.), Blackwell Scientific Publications, Oxford, 1991.

157. Drew, M.C., Saker, L.R., Nutrient Supply and The Growth of The Seminal Root System in Barley. III. Compensatory Increases In Growth of Lateral Root System, and in Rates of Phosphate Uptake, In Response To A Localized Supply of Phosphate, J. Exp. Bot., 2, 435-451, 1978.

158. Scott Russell, R., Plant root systems, E.L.B.S., Press, England, 298, 1982.

159. Berta, G., et al., Arbuscular Mycorrhizal Induced Changes to Plant Growth and Root System Morphology in *Prunus cerasifera*, Tree Physiol., 15, 281-293, 1995.

160. Kavak, O., Aşılı Köklü Tüplü Asma Fidanı Üretiminde Fidan Kalite Özelliklerine Mycorrhiza ve Humik Asit Uygulamalarının Etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi, Konya, 2006.

161. Okon, I.E., Osonubi, O., Sanginga, N., Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Effects on *Gliricidia sepium* and *Senna siamea* in A Fallowed Alley Cropping System, *Agroforestry Systems*, 33(2): 165-175, 1996.

162. Çekiç, C., Kurağa Dayanıklı Buğday (*Triticum aestivum* L.) Islahında Seleksiyon Kriteri Olabilecek Fizyolojik Parametrelerin Araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Ankara Üniversitesi, Ankara, 2007.

163. Doğan, M., Avu, A., Kuraklık Stresine Karşı Borun Antioksidant Enzimlere Etkisi, *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, 14(1):94-103, 2013.

164. Saab, I.N., et al., Increased Endogenous Abscisic Acid Maintains Primary Root Growth and Inhibits Shoot Growth of Maize Seedlings at Low Water Potentials, *J. Plant Physiol.*, 93, 1329-1336, 1990.

165. Feng, G., et al., Improved Tolerance of Maize Plants To Salt Stress By Arbuscular Mycorrhiza is Related To Higher Accumulation of Soluble Sugars in Roots, *Mycorrhiza*, 12, 185-190, 2002.

166. Kothari, S.K., Marschner, H., George, E., Effect of VA Mycorrhizal Fungi And Rhizosphere Microorganism on Root and Shoot Morphology, Growth and Water Relations of Maize, *New Phytol.*, 116, 303-311, 1990.

167. Sheng, M., et al., Influence of Arbuscular Mycorrhizae on Photosynthesis and Water Status of Maize Plants Under Salt Stress, *Mycorrhiza*, 18, 287-296, 2008.

168. Abdel Latef, A.A., Chaoxing, H., Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi On Growth, Mineral Nutrition, Antioxidant Enzymes Activity and Fruit Yield of Tomato Grown Under Salinity Stress, *Sci. Hortic.*, 127, 228-233, 2011.

169. Hajbagheri, S., Enteshari, S.H., Effects of Mycorrhizal Fungi on Photosynthetic Pigments, Root Mycorrhizal Colonization and Morphological Characteristics of Salt Stressed *Ocimum basilicum* L., *Iranian J. Plant Physiol.*, 1(4): 215 -222, 2011.

170. Abdel Latef, A.A., Chaoxing, H., Does the Inoculation With *Glomus mosseae* Improve Salt Tolerance in Pepper Plants? *J. Plant Growth Regul.*, 33, 644-653, 2014.

171. Khalvati, M.A., et al., Quantification of Water Uptake By Arbuscular Mycorrhizal Hyphae and Its Significance for Leaf Growth, Water Relations and Gas Exchange of Barley Subjected to Drought Stress, *Plant Biol.*, 7, 706-712, 2005.

172. Subramanian, K.S., et al., Arbuscular Mycorrhizas and Water Relations in Maize Under Drought Stress At Tasselling, *New Phytol.*, 129, 643-650, 1995.
173. Goicoechea, N., et al., Influence of Mycorrhizae and Rhizobium on Cytokinin Content in Drought-Stressed Alfalfa, *J. Exp. Bot.*, 46, 1543-1549, 1995.
174. Chaves, M.M., et al., How Plants Cope With Water Stress in The Field, Photosynthesis and Growth, *Ann. Bot.*, 89, 907-916, 2002.
175. Serraj, R., Sinclair, T.R., Osmolyte Accumulation: Can It Really Help Increase Crop Yield Under Drought Conditions? *Plant Cell Environ.* 25, 333-341, 2002.
176. Augé, R.M., Moore, J.L., Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Plant Drought Resistance, Mycorrhiza: role and applications, V.S. Mehrotra (ed.) Allied Publishers Limited, New Delhi, 2005.
177. Ruiz Sánchez, M., et al., The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Enhances The Photosynthetic Efficiency and The Antioxidative Response of Rice Plants Subjected to Drought Stress, *J. Plant Physiol.*, 167, 862-869, 2010.
178. Sankar, B., et al., Drought Induced Biochemical Modifications and Proline Metabolism in *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench., *Acta Botanica Croatica*, 66 (1): 43-56, 2007.
179. Mafakheri, A., et al., Effect of Drought Stress on Yield, Proline And Chlorophyll Contents in Three Chickpea Cultivars, *AJCS*, 4(8): 580-585, 2010.
180. Din, J., et al., Physiological and Agronomic Response of Canola Varieties to Drought Stress, *J. Anim., Plant Sciences* 21(1):78-82, 2011.
181. Hazzoumi, Z., et al., Effect Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) And Water Stress On Growth, Phenolic Compounds, Glandular Hairs, And Yield Of Essential Oil In Basil (*Ocimum gratissimum* L), *Chem. Biol. Technol. Agric.*, 2,10, 2015.
182. Medina, A., Roldán, A., Azcón, R., The Effectiveness of Arbuscular-Mycorrhizal Fungi and *Aspergillus niger* or *Phanerochaete chrysosporium* Treated Organic Amendments From Olive Residues Upon Plant Growth in A Semi-Arid Degraded Soil, *J. Environ. Manage.*, 91, 2547-2553, 2010.
183. Ruíz Sánchez, M., et al., Azospirillum and Arbuscular Mycorrhizal Colonization Enhance Rice Growth and Physiological Traits Under Well-Watered and Drought Conditions, *J. Plant Physiol.*, 168, 1031-1037, 2011.

184. Zhang, Y., et al., Contributions of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus To Growth and Physiology of Loquat (*Eriobotrya japonica*) Plants Subjected to Drought Stress, *Mycol. Prog.*, 14,10, 2015.
185. Yooyongwech, S., et al., Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) Improved Water Deficit Tolerance in Two Different Sweet Potato Genotypes involves Osmotic Adjustments via Soluble Sugar and Free Proline, *Sci. Hortic.*, 198, 107-117, 2016.
186. Lqbal, S., Bano, A., Water Stress Induced Changes in Antioxidant Enzymes, Membrane Stability and Seed Protein Profile of Different Wheat Accessions, *Afr. J. Biotechnol.*, 8(23): 6576-6587, 2009.
187. Bayramov, M.S., et al., Effect of Water Stress on Protein Content of Some Calvin Cycle Enzymes in Different Wheat Genotypes, *Proceedings of ANAS (Biological Sciences)*, 65(5):106-111, 2010.
188. Costa, D.L.C.R., et al., ABA Mediated Proline Synthesis in Cowpea Leaves Exposed to Water Deficiency and Rehydration, *Turk. J. Agric. For.*, 35: 309-317, 2011.
189. Noctor, G., Foyer, C.H., Ascorbate and Glutathione: Keeping Active Oxygen Under Control, *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 49, 249-279, 1998.
190. Zhang Y, et al. Improving Drought Tolerance of *Casuarina equisetifolia* Seedlings By Arbuscular Mycorrhizas Under Glasshouse Conditions, *New Forest*, 40: 261-271, 2010.
191. Singh, P.K., Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influences Oxidative Stress in Tomato Plants in Drought Stress, *Research & Reviews, J. Bot. Sci.*, 4, 3, 2015.
192. Takahama, U., Oniki, T.A., Peroxidase/Phenolics/Ascorbate System Can Scavenge Hydrogen Peroxide In Plant Cells, *Physiol. Plant.*, 101, 845, 1997.
193. Arora, A., et al., Modulation of Liposomal Membranes Fluidity By Flavonoids and Isoflavonoids, *Archives of Biochem. Biophys.*, 373, 102, 2000.
194. Hammerschmidt, R., Phenols and Plant-Pathogen Interactions: The Saga Continues, *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 66, 77-78, 2005.
195. Elbling, L., Phytochemicals for Cancer Prevention and Therapy, <http://www.meduniwien.ac.at/innere-med1/krebsforschung/science/staff>, 2008.
196. Caron, M., Potential Use of Mycorrhizae in Control of Soil-Borne Diseases, *Can.J. Plant Pathol.*, 11: 177-179, 1989.
197. Gianinazzi Pearson, V., Branzanti, B., Gianinazzi, S., In vitro Enhancement of Spore Germination and Early Hyphal Growth of A Vesicular



Arbuscular Mycorrhizal Fungus By Host Root Exudates and Plant Flavonoids, *Symbiosis*, 7, 243-255. 1989.

198. Hassan, S., Mathesius, U., The Role of Flavonoids in Root Rhizosphere Signalling: Opportunities and Challenges for Improving Plant Microbe Interactions, *J. Exp. Bot.*, 63(9): 3429-3444, 2012.

199. Sundaresan, P., Raja, N.U., Gunasekaran, P., Induction and Accumulation of Phytoalexins in Cowpea Roots Infected With A Mycorrhizal Fungus *Glomus fasciculatum* and Their Resistance to Fusarium Wilt Disease, *J. Biosci.*, 18(2): 291-301, 1993.

200. Mittler, R., et al., Reactive Oxygen Gene Network of Plants, *Trends in Plant Sci.* 9(10): 490-498, 2004.

201. Mittler, R., Oxidative Stress, Antioxidants and Stress Tolerance. *Trends Plant Sci* 7, 405-410, 2002.

202. Apel, K., Hirt, H., Reactive Oxygen Species: Metabolism, Oxidative Stress, And Signal Transduction, *Ann. Rev Plant Biol.*, 55, 373-399, 2004.

203. Çavdar, C., Sifil, A., Çamsarı, T., Reaktif Oksijen Partikülleri ve Antioksidan Savunma, *Türk Nefroloji Diyaliz ve Transplantasyon Dergisi*, 3(4): 92-95, 1997.

204. Munne Bosch, S., Penuelas, J., Photo and Antioxidative Protection, and A Role for Salicylic Acid During Drought and Recovery in Field Grown *Phillyrea angustifolia* plants, *Planta*, 217, 758-766, 2003.

205. Foyer, C.H., Lelandais, M., Kunert, K.J., Photooxidative Stress In Plants, *Physiol. Plant*, 92, 696-717, 1994.

206. Kingston Smith, A.H., Harbinson, J., Foyer, C.H., Acclimation of Photosynthesis, H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Content and Antioxidants in Maize (*Zea mays*) Grown at Sub-optimal Temperatures, *Plant Cell Environ.*, 22, 1071-1083, 1999.

207. Keleş, Y., Öncel, I., Response of Antioxidative Defence System To Temperature and Water Stress Combinations in Wheat Seedlings, *Plant Sci.*, 163, 783-790, 2002.

208. Ekmekci, Y., Terzioğlu, S., Effects of Oxidative Stress Induced By Paraquat On Wild and Cultivated Wheats, *Pestic. Biochem. Physiol.*, 83, 69-81, 2005.

209. Unyayar, S., Cekiç, O., Changes in Antioxidant Enzymes of Young and Mature Leaves of Tomato Seedlings Under Drought Stress, *Turk J. Biol.*, 29, 211-216, 2005.

210. Doğan, M., Tıpırdamaz, R., Demir, Y., Salt Resistance of Tomato Species Grown in Sand Culture, *Plant Soil Environ.*, 56(11): 499-507, 2010.
211. Lee, D.H., Lee, C.B., Chilling Stres-Induced Changes of Antioxidant Enzymes in the Leaves of Cucumber in Gel Enzyme Activity Assays, *Plant Sci.*, 159, 75-85, 2000.
212. Singh, N.B., Singh, D., Singh, A. Modification of Physiological Responses Of Water Stressed *Zea mays* Seedlings By Leachate of *Nicotiana plumbaginifolia*. *Gen. Appl. Plant Physiol.*, 35(1,2):51-63, 2009.
213. Abedi, T., Pakniyat, H., Antioxidant Enzyme Changes in Response to Drought Stress in Ten Cultivars of Oilseed Rape (*Brassica napus* L.). *Czech J. Gen. Plant Breed.*, 46(1):27-34, 2010.
214. Jackson, C., et al., Subcellular Localisation and Identification of Superoxide Dismutase in The Leaves of Higher Plants, *Eur. J. Biochem.*, 91, 339-344, 1978.
215. Wu, Q.S., Xia, R.X., Zou, Y.N., Reactive Oxygen Metabolism in Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Citrus (*Poncirus trifoliata*) Seedlings Subjected to Water Stress, *J. Plant Physiol.*, 163, 1101-1110, 2006a.
216. Wu, Q.S., Zou, Y.N., Xia, R.X., Effects of Water Stress and Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Reactive Oxygen Metabolism and Antioxidant Production By Citrus (*Citrus tangerine*) Roots, *Eur. J. Soil Biol.*, 42, 166-172, 2006b.
217. Baslam, M., Goicoechea, N., Water Deficit Improved The Capacity Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) for Inducing The Accumulation Of Antioxidant Compounds In Lettuce Leaves, *Mycorrhiza*, 22, 347-359, 2012.
218. Zou, Y.N., et al., Mycorrhiza Induced Lower Oxidative Burst is Related With Higher Antioxidant Enzyme Activities, Net H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> Effluxes, and Ca<sup>2+</sup> Influxes in *Trifoliolate orange* Roots Under Drought Stress, *Mycorrhiza* 25, 143-152, 2014.
219. Amiri, R., Nikbakht, A., Etemadi, N, Alleviation of Drought Stress on Rose Geranium (*Pelargonium graveolens* L. Herit) in Terms of Antioxidant Activity and Secondary Metabolites By Mycorrhizal Inoculation, *Sci. Hort.*, 197, 373-380, 2015.
220. Scandalios, J.G., Oxygen Stress and Superoxide Dismutases, *Plant Physiol.*, 101, 7-12, 1993.
221. Bowler, C., et al., Superoxide Dismutase and Stress Tolerance, *Ann. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol.*, 43, 83-116, 1992.

222. Sairam, R.K., Srivastava, G.C., Saxena, D.C., Increased Antioxidant Activity Under Elevated Temperatures: A Mechanism of Heat Stress Tolerance in Wheat Genotypes, *Biol. Plant*, 43, 245-251, 2000.

223. Mittler, R., Zilinskas, B.A., Regulation of Pea Cytosolic Ascorbate Peroxidase and Other Antioxidant Enzymes During The Progression of Drought Stress and Following Recovery From Drought, *Plant J.*, 5, 397-405, 1994.

224. Türkan Y., et al., Differential Responses of Lipid Peroxidation and Antioxidants in The Leaves of Drought Tolerant *P. acutifolius* Gray and Drought Sensitive *P. vulgaris* L. Subjected to Polyethylene Glycol Mediated Water Stress, *Plant Sci.*, 168, 223-231, 2005.

225. Pérez López, U., et al., The Oxidative Stress Caused By Salinity in Two Barley Cultivars is Mitigated By Elevated CO<sub>2</sub>, *Physiol. Plant*, 135, 29-42, 2009.

226. Caravaca, F., et al., Involvement of Antioxidant Enzyme and Nitrate Reductase Activities During Water Stress and Recovery of Mycorrhizal *Myrtus communis* and *Phillyrea angustifolia* Plants, *Plant Sci.*, 169, 191-197, 2005.

227. Bergmeyer, J., Grabl, M., *Methods of Enzymatic Analysis*, Third edition, Germany, 190-302, 1983.

228. Koç, E., *Phytophthora capsici* Leon.' un Farklı İnokulum Konsantrasyonlarının Biberde (*Capsicum annuum* L.) Antioksidanlara Etkisi, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Ankara, 2010.

229. Prasad, T.K., Role of Catalase in Inducing Chilling Tolerance in Pre Emergent Maize Seedlings, *Plant Physiol.*, 114, 1369-1376, 1997.

230. Shalata, A., et al., Response of The Cultivated Tomato and Its Wild Salt-Tolerant Relative *Lycopersicon pennellii* to Salt Dependent Oxidative Stress: The Root Antioxidative System, *Physiol. Plant.*, 112, 487-494, 2001.

231. Jung, S., Variation in Antioxidant Metabolism of Young and Mature Leaves of *Arabidopsis thaliana* Subjected to Drought, *Plant Sci.*, 166, 459-466, 2004.

232. Gosset, D.R., Millhollon, E.P., Lucas, M.C., Antioxidant Response to NaCl Stress in Salt Tolerant and Salt Sensitive Cultivars of Cotton, *Crop Sci.*, 34 (3): 706-714, 1994.

233. Mazza, C.A., et al., The Effects of Solar UV-B Radiation on The Growth and Yield of Barley are Accompanied by Increased DNA Damage and Antioxidant Responses, *Plant Cell Environ.*, 22, 61-70, 1999.

234. Singh, K., Microbial and Enzyme Activities of Saline and Sodic Soils, *Land Degr. Develop.*, 27(3): 706-718, 2016.

235. El Saht, H.M., Responses to Chilling Stress in Frech Bean Seedlings: Antioxidant Compounds, *Biol. Plantarum*, 41(3): 395-402, 1998.
236. Kubo, A., et al., Differential Responses in Activity of Antioxidant Enzymes to Different Environmental Stresses in *Arabidopsis thaliana*. *J. Plant Res.*, 112(1107): 279-290, 1999.
237. Oidaire, H., et al., Enhancement of Antioxidative Enzyme Activities in Chilled Rice Seedlings, *J. Plant Physiol.*, 156, 811-813, 2000.
238. Ramachandra Reddy, A., et al., Differential Antioxidative Responses To Water Stress Among Five Mulberry (*Morus alba* L.) Cultivars, *Environ. Exp.Bot.*, 52, 33-42, 2004.
239. Pinheiro, H.A., et al., Drought Tolerance In Relation to Protection Against Oxidative Stress In Clones of *Coffea canephora* Subjected to Longterm Drought, *Plant Sci.*, 167, 1307-1314, 2004.
240. Jaleel, C.A., Non-Enzymatic Antioxidant Changes in *Withania somnifera* With Varying Drought Stress Levels. *Amer. Eurasian J. Sci. Res.*, 4(2), 64-67, 2009.
241. Davies, F.T., et al, Alleviation of Drought Stress of Chile Ancho Pepper (*Capsicum annuum* L. Cv San Luis) with Arbuscular Mycorrhiza Indigenous to Mexico, *Sci. Hort.*, 92, 347-359, 2002.
242. Nowak, J., Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Organic Fertilization on Growth, Flowering, Nutrient Uptake, Photosynthesis and Transpiration Of Geranium (*Pelargonium hortorum* L.H. Bailey ‘Tango Orange’), *Symbiosis*, 37, 259-266, 2004.

## ÖZGEÇMİŞ

1987 yılında Yozgat Yerköy’de doğan Asiye BOZKURT, orta ve lise öğrenimini sırasıyla Çamdibi İlköğretim Okulu ve Yerköy Şehit Sedat Nezih Özok Lisesi’nde tamamlamıştır. 2008 yılında kazandığı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesinden 2012 yılında mezun olmuştur.

2013 yılında Yozgat Bozok Üniversitesi ve Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ortak Yüksek Lisans (OYL) eğitimine başlamış, 2014 yılında da Sivas Ulaş Tarım İşletmesi Müdürlüğüne Ziraat Mühendisi olarak atanmış olup halen devam etmektedir.

### **İletişim Bilgileri**

**Adres:** Tarım İşletmesi Müdürlüğü Ulaş/SIVAS

**Telefon:** (543) 946 18 08

**E-posta:** asiye.\_66@hotmail.com