



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİNİRLİ OT (*PLANTAGO LANCEOLATA L.*)
BİTKİLERİNDE MİKORİZANIN KURAKLIK
TOLERANSINA ETKİSİ**

Seda KARADAĞ

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Programı

Danışman

Doç. Dr. Gülriz BAYÇU KAHYAOĞLU

II. Danışman

Prof. Dr. Wolfram BEYSCHLAG

MAYIS, 2013

İSTANBUL



**İSTANBUL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**SİNİRLİ OT (*PLANTAGO LANCEOLATA L.*)
BİTKİLERİNDE MİKORİZANIN KURAKLIK
TOLERANSINA ETKİSİ**

Seda KARADAĞ

Biyoloji Anabilim Dalı

Botanik Programı

Danışman

Doç. Dr. Gülriz BAYÇU KAHYAOĞLU

II. Danışman

Prof. Dr. Wolfram BEYSCHLAG

MAYIS, 2013

İSTANBUL

2601110040 öğrenci numaralı Seda KARADAĞ tarafından hazırlanan bu çalışma 05.06.2013 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Biyoloji Anabilim Dalı Botanik Programında Yüksek Lisans Tezi olarak kabul edilmiştir.

Tez Jürisi



Doç. Dr. Gülriz BAYÇU KAHYAOĞLU (Danışman)
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü



Prof. Dr. Nazlı ARDA
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü



Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü



Prof. Dr. Orhan KÜÇÜKER
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü



Y. Doç. Dr. Ergül ÇETİN
İstanbul Üniversitesi
Fen Fakültesi Biyoloji Bölümü

ÖNSÖZ

Tezimin planlanması, yürütülmesi ve yazılmasında sürekli yardımlarını gördüğüm, her konuda tecrübesini benimle paylaşan, Erasmus programı ile Almanya’da bir eğitim dönemi geçirmemi sağlayan ve bu dönemde desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Gülriz BAYÇU KAHYAOĞLU’na teşekkürlerimi sunmayı bir borç bilirim.

Tez çalışmamı gerçekleştirdiğim T. C. İstanbul Üniversitesi Botanik Ana Bilim Dalı’nın imkanlarından faydalanmama olanak tanıyan anabilim dalı başkanı Prof. Dr. Gül CEVAHİR ÖZ’e teşekkür ediyorum.

Sekiz ay boyunca tez çalışmamda yardımlarını esirgemeyen aynı zamanda bu süre içinde her türlü manevi desteklerinden dolayı Universität Bielefeld Fakultät für Biologie Experimentelle Ökologie und Ökosystembiologie bölümünden Prof. Dr. Wolfram BEYSCLAG ile Dr. Tom STEINLEIN, Dr. Stephan UNGER, doktora öğrencileri Ingo HÖPFNER, Alexander MOSENA, Christine HELLMANN ile teknik elemanlar Elke FURLKRÖGER ve Barbara TEICHNER’ e teşekkür ediyorum.

Manevi olarak bana destek olan arkadaşlarım Sezen YILDIZ, Emine ÇIRAK, Burcu CESUR, Hayriye DÜZENLİ ve Tuğçe AĞBA’ya teşekkür ediyorum.

Hayatım boyunca maddi ve manevi her türlü desteği veren ve çalışmam boyunca büyük bir sabırla yanımda olan AİLEME özellikle kardeşim Mert KARADAĞ’a en içten teşekkürlerimi ve şükranlarımı sunarım.

Mayıs, 2013

Seda KARADAĞ

İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖNSÖZ.....	iii
İÇİNDEKİLER	v
ŞEKİL LİSTESİ.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	vii
SEMBOL LİSTESİ.....	xii
ÖZET	
.....	xiii
SUMMARY	xiv
1. GİRİŞ	1
2. GENEL KISIMLAR.....	11
3. MALZEME VE YÖNTEM.....	38
3.1 MALZEME.....	38
3.2 YÖNTEM.....	39
3.2.1 DENEME TOPRAĞININ STERİLİZASYONU	39
3.2.2 DENEMENİN KURULMASI.....	40
3.2.3 <i>Rhizophagus intraradices</i> SPORLARININ ÖZELLİKLERİ VE UYGULANMASI.....	42
3.2.4 KURAKLIK STRESİNİN UYGULANMASI.....	43
3.2.5 DENEME SONUNDA YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER	46
3.2.5.1 KÖK YAŞ AĞIRLIĞI (gr).....	46

3.2.5.2 YAPRAK YAŞ AĞIRLIĞI (gr)	46
3.2.5.3 KÖK KURU AĞIRLIĞI (gr).....	47
3.2.5.4 YAPRAK KURU AĞIRLIĞI (gr)	47
3.2.5.5 TOPLAM KURU AĞIRLIK (gr).....	47
3.2.5.6 KÖK / SÜRGÜN ORANI.....	47
3.2.5.7 YAPRAK SAYISI.....	47
3.2.5.8 YAPRAK BOYU (cm)	47
3.2.5.9 YAPRAK ALANI (cm ²)	47
3.2.5.10 TOPRAK BAĞIL SU İÇERİĞİ (%).....	47
3.2.5.11 KÖKLERDE FUNGAL KOLONİZASYON YÜZDESİ	48
3.2.5.12 TOPRAKTA BAZI ELEMENT İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI... 48	
3.2.6 DENEME SÜRESİNCE YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER	49
3.2.6.1 SERA SICAKLIK VE NEM DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ.....	49
3.2.6.2 TOPRAK NEM DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ (m ² .m ⁻²).....	50
3.2.6.3 YAPRAK SU POTANSİYELİ (Ψ) DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ (MPa).....	51
3.2.6.4 FOTOSENTEZ VE TRANSPİRASYON HIZLARININ ÖLÇÜMÜ....	52
3.2.7 İSTATİSTİKSEL ANALİZLER	53
4. BULGULAR.....	54
4.1 KÖK KURU AĞIRLIĞI.....	55
4.2 YAPRAK KURU AĞIRLIĞI	57
4.3 YAPRAK YAŞ AĞIRLIĞI.....	59
4.4 TOPLAM KURU AĞIRLIK.....	61
4.5 KÖK / SÜRGÜN ORANI.....	62
4.6 YAPRAK SAYISI	64
4.7 YAPRAK BOYU	66

4.8 YAPRAK ALANI.....	67
4.9 TOPRAĞIN BAĞIL SU İÇERİĞİ.....	68
4.10 KÖKLERDE FUNGAL KOLONİZASYON YÜZDESİ	71
4.11 KÖKLERDE ARBUSKÜL VE VESİKÜL YÜZDESİ.....	72
4.12 TOPRAKTA FOSFAT İÇERİĞİ.....	75
4.13 TOPRAKTA NİTRAT İÇERİĞİ	77
4.14 TOPRAK NEM DEĞERLERİ.....	79
4.15 YAPRAK SU POTANSİYELİ DEĞERLERİ.....	83
4.16 FOTOSENTEZ VE TRANSPIRASYON HIZLARI	84
5.TARTIŞMA VE SONUÇ.....	89
KAYNAKLAR	101
ÖZGEÇMİŞ.....	125

ŞEKİL LİSTESİ

Sayfa No

Şekil 1.1: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinden genel görünüm	2
Şekil 1.2: Mikoriza uygulanmış (sağ) ve uygulanmamış (sol) <i>Hieracium pilosella</i> bitkisinden görünüm.....	9
Şekil 2.1: Arbusküler mikoriza yapıları (ext; eksternal hif, int; internal hif, ves; vesikül, arb; arbuskül).....	13
Şekil 2.2: <i>Glomus</i> ırkına ait arbuskülden görünüm	14
Şekil 3.1: Petri kabında çimlendirilen <i>Plantago lanceolata</i> L. tohumlarından görünüm.....	39
Şekil 3.2: Plastik kasalara ekilmiş mikorizalı ve mikorizasız fidelerden görünüm.....	41
Şekil 3.3: Saksıların yer değişimi uygulamasından görünüm (30 günlük bitki)	42
Şekil 3.4: Denemenin yürütüldüğü serada bitkilerin genel görünümü (25 günlük bitki)	43
Şekil 3.5: Kuraklık stresine başlamadan önce deneme saksılarından görünüm (60 günlük bitki)	44
Şekil 3.6: Kuraklık stresinden önce aynı boya ulaşan mikorizalı (üst) ve mikorizasız (alt) bitkilerden görünüm (60 günlük bitki)	46
Şekil 3.7: FIA-LAB II cihazından görünüm.....	49
Şekil 3.8: HOBO cihazından görünüm.....	50
Şekil 3.9: HH ₂ Moisture meter cihazından görünüm	51
Şekil 3.10: Scholander Pressure Chamber cihazından görünüm	52
Şekil 3.11: GFS-3000 cihazından görünüm	53
Şekil 4.1: Mikoriza uygulaması yapılmamış(NM) <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkilerinden görünüm (30günlük bitki).....	52
Şekil 4.2: Mikoriza uygulaması yapılmış(AM) <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkilerinden görünüm (30günlük bitki).....	53
Şekil 4.3: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök kuru ağırlığına (gr) etkisi(NM;mikorizasız,AM;mikorizalı).....	56
Şekil 4.4: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak kuru ağırlığına (gr) etkisi.....	58
Şekil 4.5: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeydeki kuraklık uygulamasının yaprak yaş ağırlığına (gr) etkisi	60
Şekil 4.6: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının toplam kuru ağırlığa (gr) etkisi.....	62
Şekil 4.7: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök / sürgün oranına etkisi.....	63
Şekil 4.8: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeydeki kuraklık uygulamasının yaprak sayısına etkisi.....	65
Şekil 4.9: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak boyuna etkisi	67
Şekil 4.10: Mikoriza uygulamasının toprağın bağıl su içeriğine etkisi	69
Şekil 4.11: Farklı düzeydeki kuraklık uygulamalarının toprağın bağıl su içeriğine etkisi	70
Şekil 4.12: Saksı derinliğinin toprağın bağıl su içeriğine etkisi (A; yüzeysel, B;orta, C; derin).....	70
Şekil 4.13: Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun toprağın bağıl su içeriğine etkisi	71
Şekil 4.14: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine etkisi	72

Şekil 4.15: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde farklı düzeydeki kuraklık uygulamasının köklerde arbuskül yüzdesine etkisi.....	73
Şekil 4.16: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde vesikül yüzdesine etkisi	75
Şekil 4.17: Mikoriza uygulamasının topraktaki fosfat miktarına etkisi.....	76
Şekil 4.18: Mikoriza uygulamasının topraktaki nitrat miktarına etkisi	78
Şekil 4.19: Mikoriza uygulamasının toprak nem değerine etkisi	80
Şekil 4.20: Kuraklık uygulamasının toprak nem değerine etkisi.....	81
Şekil 4.21: Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi	81
Şekil 4.22: Mikoriza x Zaman interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi	82
Şekil 4.23: Zaman x Kuraklık interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi.....	82
Şekil 4.24: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak su potansiyeli değerine etkisi.....	84
Şekil 4.25: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde mikoriza uygulamasının fotosentez hızına etkisi.....	85
Şekil 4.26: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde zamanın fotosentez hızına etkisi	86
Şekil 4.27: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde mikoriza uygulamasının transpirasyon hızına etkisi.....	87
Şekil 4.28: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde zamanın transpirasyon hızına etkisi.....	88
Şekil 4.29: <i>Plantago lanceolata</i> L.bitkisinde zaman x mikoriza interaksiyonunun transpirasyon hızına etkisi	88

TABLO LİSTESİ

Sayfa No

Tablo 3.1: Sera sıcaklık ve nem değerleri.....	50
Tablo 4.1: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök kuru ağırlığına (gr) etkisi.....	55
Tablo 4.2: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde kök kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları.....	56
Tablo 4.3: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak kuru ağırlığına (gr) etkisi.....	57
Tablo 4.4: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları.....	58
Tablo 4.5: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının yaprak yaş ağırlığına (gr) etkisi.....	59
Tablo 4.6: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak yaş ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları.....	60
Tablo 4.7: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının toplam kuru ağırlığa (gr) etkisi.....	61
Tablo 4.8: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde toplam kuru ağırlığa ait varyans analiz sonuçları.....	62
Tablo 4.9: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök / sürgün oranına etkisi.....	63
Tablo 4.10: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde kök / sürgün oranına ait varyans analiz sonuçları.....	64
Tablo 4.11: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeydeki kuraklık uygulamasının yaprak sayısına etkisi.....	64
Tablo 4.12: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları.....	65
Tablo 4.13: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak boyuna etkisi.....	66
Tablo 4.14: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak boyuna ait varyans analiz sonuçları.....	67
Tablo 4.15: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları.....	68
Tablo 4.16: Toprağın bağıl su içeriğine ait Varyans Analiz Sonuçları.....	68
Tablo 4.17: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine etkisi.....	71
Tablo 4.18: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine ait varyans analiz sonuçları.....	72
Tablo 4.19: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde arbuskül yüzdesine etkisi.....	73
Tablo 4.20: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde köklerde arbuskül yüzdesine ait varyans analiz sonuçları.....	73
Tablo 4.21: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde vesikül yüzdesine etkisi.....	74
Tablo 4.22: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde köklerde vesikül yüzdesine ait varyans analiz sonuçları.....	75
Tablo 4.23: Mikoriza uygulamasının topraktaki fosfat miktarına etkisi.....	76
Tablo 4.24: Topraktaki fosfat miktarına ait varyans analiz sonuçları.....	77
Tablo 4.25: Mikoriza uygulamasının topraktaki nitrat miktarına etkisi.....	77

Tablo 4.26: Topraktaki nitrat miktarına ait varyans analiz sonuçları.....	78
Tablo 4.27: Toprakta nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları.....	79
Tablo 4.28: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde yaprak su potansiyeli değerlerine ait varyans analiz sonuçları	83
Tablo 4.29: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde fotosentez hızına ait varyans analiz sonuçları ...	85
Tablo 4.30: <i>Plantago lanceolata</i> L. bitkisinde transpirasyon hızına ait varyans analiz sonuçları.....	87
Tablo 5.1: Bazı araştırmacıların mikoriza uygulamasının bitkilerde kök kuru ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin sonuçları	91

SEMBOL LİSTESİ

ABA	: Absisik Asit
Al	: Alüminyum
AM	: Arbusküler mikoriza
AMF	: Arbusküler Mikorizal Mantar
C	: Karbon
Ca	: Kalsiyum
Ca(NO₃)₂	: Kalsiyum Nitrat
Cl	: Klor
cm	: Santimetre
cm³	: Santimetreküp
Cu	: Bakır
Cu SO₄	: Bakır Sülfat
EM	: Ektomikoriza
Fe	: Demir
GA	: Gibberellik Asit
gr	: Gram
H₃BO₃	: Borik Asit
IAA	: İndol Asetik Asit
K	: Potasyum
KNO₃	: Potasyum Nitrat
KOH	: Potasyum Hidroksit
M	: Molar
Mg	: Magnezyum
Mg SO₄	: Magnezyum Sülfat
ml	: Mililitre
Mn	: Mangan
Mn SO₄	: Mangan Sülfat
MoO₃	: Molibden Trioksit
MPa	: Megapaskal
N	: Azot
Na	: Sodyum
NH₃	: Amonyak
(NH₄)₂HPO₄	: Amonyum Hidrojen Fosfat
(NH₄)₂SO₄	: Amonyum Sülfat
NM	: Mikoriza uygulanmamış
P	: Fosfor
S	: Kükürt
VAM	: Vesiküler Mikorizal Mantar
Zn	: Çinko
Zn SO₄	: Çinko Sülfat
µm	: Mikrometre

ÖZET

SİNİRLİ OT (*PLANTAGO LANCEOLATA* L.) BİTKİLERİNDE MİKORİZANIN KURAKLIK TOLERANSINA ETKİSİ

Bu çalışma, *Rhizophagus intraradices* uygulamalarının kuraklık stresi altında yetiştirilen *Plantago lanceolata* L. bitkisinde, bitki gelişimi, bitki beslenmesi ve strese karşı toleransındaki değişimleri ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür.

Araştırmada, *Plantago lanceolata* L. bitkisine mikorizalı ve mikorizasız koşullarda ve 3 farklı düzeyde (düşük, orta, yüksek) kuraklık stresi, rastgele parseller deneme desenine göre 5 tekrarlamalı olarak uygulanmıştır. Çimlendirilen tohumlar önce plastik kasalara aktarılmış, 3 hafta sonra ise fideler 3 lt'lik plastik saksılara şaşırtılmıştır. Yaklaşık 3 aylık olan bitkilerde kuraklık stresi uygulamasına başlanmıştır.

Deney sonuçlarımızda kök kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı, toplam kuru ağırlık, yaprak boyu ve kök\sürgün oranına mikoriza uygulamasının pozitif etkisi gözlenirken yaprak alanında herhangi bir etkiye rastlanmamıştır. Kuraklık stresinin köklerde fungal kolonizasyon yüzdesi ve arbuskül miktarına herhangi bir etkisi görülmemiş ancak vesikül miktarı, yaprak sayısı ve yaprak yaş ağırlığı üzerinde etkisi olduğu saptanmıştır. Sonuç olarak, *Plantago lanceolata* L. bitkisinde kuraklık stresinin bitki gelişimi ve bitki beslenmesi üzerindeki olası olumsuz etkilerinin mikoriza uygulaması ile önemli derecede azaltılabileceği ve bitkinin strese daha fazla tolerans gösterebileceği sonucuna varılmıştır.

SUMMARY

DROUGHT TOLERANCE EFFECT OF MYCORRHIZA IN *PLANTAGO LANCEOLATA* L. (NARROWLEAF PLANTAIN) PLANTS

This study was conducted to determine the effects of *Rhizophagus intraradices* applications on the plant growth changes, plant nutrition and stress tolerance in Narrowleaf Plantain under the drought stress.

In this research, three different drought levels (low, medium, high) were applied with mycorrhizal and without mycorrhizal conditions according to the randomized design with five replications. Germinated seeds were first sown into the plastic trays and 3 weeks later they were transferred into the 3 lt plastic pots. When the plants were approximately three months old, drought stress application was started.

In our results, we have observed that mycorrhiza applications had positive effects on the root and leaf dry weights, total dry weight, leaf length and root/shoot ratio, but had no effects on the leaf area. Drought stress applications had also effects on the amount of vesicles, number of leaf and leaf fresh weight but no effects on the percentage of fungal colonization of the roots and amount of arbuscules. In conclusion, by mycorrhizal applications, it might be possible to decrease the negative effects of drought stress on plant growth and plant nutrition in *Plantago lanceolata* L. considerably and plants may become more tolerant against drought stress.

1. GİRİŞ

Plantago lanceolata L., Plantaginaceae familyasının, *Plantago* cinsine dahildir ve sinir otu, İngiliz sinir otu, dar yapraklı sinirli ot , geyik boynuzu sinir otu, kuzu dili gibi kullanılan ortak isimleri de bulunmaktadır. Rozet formunda çok yıllık otsu bir bitkidir. Çiçek taşıyan saplar tüylü, ipeksi ve yapraksızdır. Çiçekler 4 mm uzunluğunda (kaliks yeşil, korolla kahverengi) , 4 loblu, kahverengi orta damarlı ve uzun beyaz stamenlidir. Her çiçek en az iki tohum üretebilir. Dip yapraklar mızraksı, yana doğru yayılmış veya dik vaziyette, neredeyse dişli, 3-5 kadar belirgin paralel damarlı, dar ve kısa saplıdır.

Plantago lanceolata L. geniş toprak tipinde yetişebilir (Sagar ve Harper, 1964) ama en yaygın olarak nötr topraklarda yetişmektedir (Bassett ve Crompton,1968). Zeiner (1946)'a göre bu bitkiler asitli topraklara (pH 4.4-4.5) karşı toleranssızdır. Bu bitki gölgelik alanlarda yetişmemektedir.

Plantago lanceolata L. tarla kıyılarında, nemli arazilerde, bahçe ve parkların çimleri arasında, yol kenarlarında yetişir. Avrupa ve Asya başta olmak üzere bütün dünyada yaygın bir dağılım göstermektedir. Tohumları nemlendiğinde yapışkan bir hal almakta bu da bitkinin yayılımını kolaylaştırmaktadır. Avrupa'da şeker pancarı virüsleri ve yaprak bitleri için kış aylarında önemli bir ev sahibidir (Heathcote ve ark., 1965).

Conklin & Biswas (1978)'a göre *Plantago lanceolata* L.'nin rizosferdeki kökleri diğer toprak tabakaları ile karşılaştırıldığında, asetilen azaltıcı bir aktiviteye sahiptir. *Plantago lanceolata* L. yaprakları sıklıkla bitkisel çay ve ilaç yapımında kullanılır.



Şekil 1.1: *Plantago lanceolata* L. bitkisinden genel görünüm

Bitkilerde biyotik (patojenler, zararlılar, diğer organizmalarla yarış) ve abiyotik (sıcaklık, kuraklık, tuzluluk, kimyasallar ve rüzgar) faktörlerin etkisi altında ortaya çıkan değişimler ‘stres’ olarak tanımlanır. Elverişsiz bir çevre faktörüne karşı bitkinin hayatta kalabilme yeteneğine ise ‘stres direnci’ denmiştir (Levitt,1980).

Stres elementlerinin oluşturduğu zarar bitkinin çevreye genetik adaptasyon derecesine bağlı olarak değişir (Dubey,1994). Bu olgu, değişik bitkilerin değişik bölgelerde optimum düzeyde yetişmelerini belirleyen temel etkidir.

Herhangi bir stres faktörü organizmanın bütün fonksiyonel düzeylerinde değişime sebep olurken üründe nitelik ve niceliğin azalmasına yol açar. Dünya genelinde bitkisel üretimde ürün kaybının başlıca nedeni abiyotik streştir ve %65 -%85 arasında ürün azalmasına neden olur.

Dünya üzerindeki kullanılabilir alanlar stres faktörlerine göre sınıflandırıldığında, kuraklık stresi %26’lık payıyla en büyük dilimi içerir (Blum,1986). Kuraklığın, vejetasyonun global coğrafik dağılımını belirlemesi ve ürün kazançlarını kısıtlaması yönünden etkili bir faktör olduğu düşünülür (Flexas et al.,1999). 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, sınırlı çevresel koşullara adapte olmayı sağlayacak tolerans mekanizmaları geliştirebilmektedirler (Arora ve ark., 2002; Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005).

Genel olarak kuraklık terimi, topraktaki su içeriğinin bitkilerin ihtiyacı olan miktarın altına düşmesi ve atmosferik koşulların da etkisi ile transpirasyon ve evaporasyon sonucu suyun sürekli yitirilmesidir. Kuraklığın etkileri birçok yönden incelenebilir:

1) Kuraklığın Morfolojik Etkileri: Bitkiler dokularındaki uygun su içeriğini koruyabilmek için, topraktan iyileştirilmiş su alınımı, difüzyona dayanıklılıkta erken ve etkili bir artış, transpirasyon yüzeyinin azalması sonucu meydana gelebilen su kaybının azaltılması, yüksek bir su iletim kapasitesi veya su depolaması gibi kuraklıktan kaçınma için gerekli fonksiyonel önlemler almaktadırlar. Bu önlemler bitki morfolojisine de yansımaktadır. Yaprak alanının küçülmesi, nemli toprak tabakalarına doğru derinlemesine kök gelişimi ve stomaların kapanması bitkide görülen değişimlerdir. Kurak koşullarda yapraklarda meydana gelen morfolojik değişimler, genelde transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya; köklerde meydana gelen morfolojik değişimler ise topraktaki suyu daha yüksek bir kuvvetle absorbe etmeye yöneliktir (Çırak ve Esendal, 2006).

Su eksikliği durumunda, yaprak dökümü teşvik edilmekte ve fotosentez sınırlanmaktadır. Fotosentezin sınırlandırılmasıyla kuraklık stresine karşı yaprak büyümesinin engellendiği ve yeni yaprak oluşumunun sınırlandırıldığı görülmüştür (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Diğer yandan, kuraklık stresine tepki olarak, bazı bitkilerde yaprak yüzeylerinin sık tüylerle kaplanması şeklinde morfolojik değişimler görülür. Ayrıca yaprak epidermal yüzeyi üzerinde oluşan kalın mumsu kütikula tabakası da meydana gelen morfolojik değişimdir.

Kuraklık koşullarında fotosentez ürünlerinin büyük bölümü kök gelişimi için köklere taşınır. Böylece kök gelişimi hızlanır ve kökün gövdeye oranı artar. Kuraklık stresi altında köklerde meydana gelen bir diğer değişim de kalın bir mantar doku tabakasıyla

örtülmeleridir. Bu tabaka, alttaki canlı hücreleri, kurak toprağın etkisinden korumaktadır (Çırak ve Esendal,2006).

2)Kuraklığın Fizyolojik Etkileri: Bitkilerde kuraklık stresinin fizyolojik etkileri ‘mekanik’, ‘metabolik’ ve ‘oksidatif’ olarak üç bölümde incelenebilir.

Mekanik etki, bitki hücrelerinde belirgin su kaybı gerçekleştiği zaman bitkide oluşan turgor kaybı sonucu kendini gösterir (Levitt,1980). Hücreden su kaybıyla birlikte membran yapısı değişikliğe uğramakta, hücrede hacim azalmakta ve plazma membranı hücre duvarından ayrılarak yalnız plazmodezmler aracılığıyla ilişkisini sürdürmektedir (plazmoliz). Gerilim altındaki plazma membranı ve tonoplastta gerçekleşen çökme, yırtılmalara yol açabilir (McKersie ve Leshem,1994) ve zarlar üzerine yerleşmiş olan hidrolitik enzimler serbest kalarak, sitoplazmanın otolizine neden olabilir (Salisbury ve Rose,1992). Bu zarar, normal hücre metabolizmasını kalıcı olarak bozabilmektedir. Su eksikliğinde, bitkilerin büyümeyle ve özellikle de uzama büyümesiyle ilgili işlemlerinde yavaşlamalar ve turgorlarında azalmalar meydana gelmektedir (Özcan ve ark., 2004; Kalefetoğlu ve Ekmekçi,2005).

Metabolik etkide ise, hücrede aşırı su kaybının olması durumunda, normal işleyiş devam edememekte ve metabolizma bozulmaktadır. Bu durumda, su kaybıyla gerçekleşen iyon birikimi, membran bütünlüğünün ve proteinlerin yapısının bozulmasına yol açarak hücreye zarar verebilir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Bu süreçte, proteinlerin yapısında bulunan amino asitlerin su ile etkileşimlerinin bozulduğu (Campbell,1991) ve bu olgunun protein denatürasyonlarına ve enzim inhibisyonlarına neden olduğu belirtilmiştir (Bray,1997). Proteinlerin parçalanmasıyla dokularda amino asitler birikir, enzim kayıpları ortaya çıkar, absisik asit (ABA) artar ve en önemlisi amonyak (NH₃) gibi toksik bir bileşik ortaya çıkar. Kuraklık stresi ayrıca DNA ve RNA gibi nükleik asitlerin bozulmasına neden olur.

Oksidatif etki, suyun kısıtlı olduğu dönemlerde vejetatif bitki dokularında, kloroplastta gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleridir. Su kısıtlı hale gelirken, bitki daha fazla su kaybetmemek için, genelde, stomalarını kapatır, bu da CO₂ alımının kısıtlanmasına neden olur. Birçok türde, kuraklık stresi altında artan O₂ oluşum hızı; lipid

peroksidasyonuna, yağ asidi doymunluğuna ve sonuçta membranların bütünüyle zarar görmesine neden olur (Sgherry ve ark., 1996).

Kuraklık stresi ile toplam yaprak alanı azalmakta dolayısı ile fotosentez yavaşlamaktadır. Fotosentezdeki ilk azalma stomaların kapanması ve CO₂ absorpsiyonunun azalmasıyla ortaya çıkar. Fotosentez stomalar dışındaki bazı faktörler tarafından da azaltılabilir. Bu da çoğunlukla kloroplast ile ilgili faktörlerdir. Kloroplastların özellikle stroma adı verilen bölgesinde CO₂'i fikse eden ve indirgeyerek organik bileşiklere dönüşmesini sağlayan Ribüloz-1,5-bifosfat karboksilaz (RuBisCO) gibi enzimler bulunmaktadır. Su kaybı ile biyokimyasal reaksiyonlar sonucu RuBisCO enzimi azalmakta, dolayısıyla CO₂ fiksasyonu sekteye uğramaktadır (Bota ve ark., 2004). Başlangıçta, fotosentez, stoma faktörleri tarafından azaltılmakta ise de, kuraklık stresinin devam etmesi veya şiddetinin artmasıyla, kloroplast ve enzim aktivitesi depresyona uğramakta, bundan dolayı fotosentez, stomalar dışındaki faktörler tarafından azaltılmaktadır (ırak ve Esendal,2006). Ayrıca, kuraklığın ileri safhalarında, mezofil hücrelerinin duvarlarının difüzyon direnci artmakta ve böylece mezofil hücrelerine CO₂ girişı önlenmektedir. Fotosenteze karşı kloroplastlardaki bir takım metabolik bozukluklar ve mezofil hücrelerinin hücre duvarlarında oluşan değişim sonucu meydana gelen direnç de, mezofil direnci olarak adlandırılmaktadır.

Absisik asit (ABA) önemli bir fitohormondur ve çeşitli stres sinyallerine cevapta kritik bir rol oynar. Kuraklığa maruz kalan bitkilerin hücrelerinde ABA miktarının arttığı bilinmektedir. Susuzluk koşulları altında ksilem özsuynunun pH'ı artar; bu nedenle kök ksilemi içinde ABA içeriği ve onun sürgünlere taşınımı da artar (Hartung ve ark., 2002). ABA kurak şartlar altında stomaların kapanmasını sağlayan bir hormondur. Kuraklık stresine uğrayan bitkilerde stoma hücrelerinde absisik asit (ABA) miktarı artmakta, bunun sonucu olarak suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K⁺ iyonu azalmaktadır. Böylece osmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanmaktadır. Bu mekanizma, hormonal bir kontrol olarak kabul edilmektedir.

Stoma hücrelerindeki K⁺ iyonu miktarı da stoma hareketleri üzerine etkide bulunmaktadır. Bitki turgor durumunda iken stoma hücrelerine bitişik hücrelerden K⁺ iyonları alınır. Böylece osmotik basıncı artan stomalar açılır. Bitkide turgor sona

erdiğinde ise stoma hücrelerindeki K^+ iyonları tekrar bitişik hücrelere geçer ve bu şekilde osmotik basıncı azalan stoma hücreleri turgorunu kaybederek kapanır. Bu mekanizma iyon kontrolü olarak adlandırılır (Çırak ve Esendal, 2006).

Kuraklık stresi altındaki bitkilerde hormonal dengelerde bazı değişiklikler meydana gelir. Hormonlardan ABA, stomaların kapanmasını sağlar, ayrıca protein, RNA ve DNA'nın çeşitli aşamalarda sentezlenmesini önler. Etilen, olgunlaşma üzerine etkili bir hormondur. Bu iki hormon gelişmeyi önledikleri gibi, yaprakların yaşlanmasına da sebep olurlar. Kuraklık stresi durumunda bu iki hormonun seviyesi yükselir ve bitkide yaşlanma başlar. Sitokininler ise yaprakların yaşlanmasını önleyen hormonlardır. Gibberellik asit (GA) büyüme ve olgunlaşma üzerine etkili olup, stomaların geç kapanmasında rol oynar. İndol asetik asit (IAA) hücre uzamasında etkilidir, ayrıca yeni RNA ve protein sentezini de sağlamaktadır. Kuraklık stresi altında sitokininler, GA ve IAA miktarları azalmaktadır.

Özetle, su stresi altındaki bitkilerde hayatta kalma ve büyüme stratejileri iki ana grup altında toplanabilir:

- a.Morfolojik
- b.Fizyolojik

a. Morfolojik stratejiler

- Kök sistemlerinin daha derine inmesi veya uzamasında görülen artışlar,
- Yaprak ve gövde şekillerinde yüzey azaltıcı değişimler,
- Yaprak alanlarının değişik ölçülerde küçülmesi, parçalanması,
- Stoma yüzeylerinin korunması amacı ile yaprakların kıvrılması, yuvarlanması,
- Yaprak ve gövde üzerindeki tüylerin miktarlarındaki değişimler,
- Epidermis üzerindeki kütikula ve mum tabakalarının kalınlığındaki artışlar,
- Stomaların daha derine gömülü olması,
- Yaprakların kaybedilmesi,
- Bazı gövdelerin fotosentetik işlev kazanması.

b. Fizyolojik stratejiler

- Stomalar ile ilgili sorumluluklar,
- Fotosentez olayı ile ilgili düzenlemeler,
- Osmotik ayarlama,
- Yapraklarda koruyucu çözeltilerin ortaya çıkışları,
- Zardaki protein, yağ ve karbonhidrat miktarındaki değişimler,
- Koruyucu bitki yüzey lipidlerinin artması,
- Depo lipidlerinin miktarındaki değişimler,
- Su stresi proteinlerinin varlığı.

Bitkiyi kuraklık stresinin bütün bu zararlı etkilerinden mikoriza uygulaması yaparak koruyabiliriz. Mikoriza, bitki kökleri ile bazı toprak fungusları arasında kurulan ortak yaşama verilen addır. Bu fizyolojik ortaklık sürecinde mikorizalar tarafından teşvik edilen bitkinin gelişimi artar, daha hızlı ve üniform gelişir, strese direnci artar, hastalıklara direnci gelişir veya kök patojenlerine karşı toleransı artar, bitkinin boyutları gelişir, çiçek sayı ve rengi ile besin kompozisyonu gelişir (Saif ve Khan, 1977; Abbott ve Robson, 1982; Nelson ve Safir, 1982; Gianinazzi-Pearson, 1986).

Mikoriza, toprakta var olan sporları aracılığıyla ekosistemdeki bitkilerin yaklaşık %95'inin köklerini enfekte etmektedir. Mikorizal mantar çok miktarda hif üreterek bitki kök yüzey alanını arttırmakta ve kökten çok uzak bölgelerdeki besin elementlerini hifleri aracılığıyla alabilmektedir. Bu işbirliği, bitkinin mikorizal fungusa karbon, mikorizal fungusun da bitkiye besin elementi sağlamasıyla gerçekleşmektedir.

Etkin bir infeksiyon gerçekleştiği zaman mikoriza bitki ile ortak bir yaşam oluşturarak bitkinin su ve bazı mineral besin elementlerini özellikle de fosfor, çinko ve bakır alımını gerçekleştirdiği saptanmıştır. Mikorizal mantar ile enfekte olmamış bitkiler kök bölgesinin 1 cm uzağındaki fosfordan yararlanabildiği halde, mikoriza ile enfekte olmuş bitki kökleri hifleri aracılığı ile kökten 11 cm uzaktaki fosforu alabilmektedir. Yapılan araştırmalar enfekte olmuş ve olmamış bitkilerin aynı fosfor kaynağından beslendiğini ancak mikorizal infeksiyonun büyüklüğü veya etkinliği kendini, çözünürlüğü son derece az olan fosfor kaynaklarının kullanılmasında göstermektedir.

Mikoriza infeksiyonu aynı zamanda bitkilerin demir ve molibden gibi ağır metallere de daha iyi beslenmesini sağlamaktadır (Ortaş, 1998).

Mikoriza konukçu bitkinin, toprak fungusları ve nematodlara karşı dayanıklılığını arttırmaktadır. Daha iyi beslenen mikorizalı bitki, zayıf gelişen mikorizasız bitkiye nazaran obligat patojenlere karşı daha dayanıklı olabilmektedir (Demir ve Onoğur, 1999). Ayrıca, mikorizal funguslar, kök yenilenmesini teşvik eder, bitki büyümesini hızlandırır ve kimyasal gübre kullanımını azaltır (Kara ve Tilki, 2001).

Mikoriza araştırmaları, bitkiye sağladığı katkıların önemi açısından, özellikle endomikorizal yaşam şekilleri içinde yer alan Arbusküler Mikoriza (AM) oluşumuna odaklanmıştır (Demir,1998). Dünya üzerinde bilinen karasal bitkilerin % 80'i Vesiküler Arbusküler Mikorizal mantar (VAM) ile simbiyotik bir yaşam sürdürmekte ve topraktaki Arbusküler mikorizal mantar (AMF)'in potansiyeli, toprak kalitesini belirleyen en önemli faktörlerden biri olarak kabul edilmektedir (Abbot ve Robson, 1991; Brundrett, 1991; Janos, 2007).

Arbusküler mikorizal mantar (AMF), topraklarda doğal olarak bulunmaktadır. Arbusküler mikorizal mantar toprakta besinlerin çözünmesini sağlayan enzimler salgılamaktadır. AMF dışı doğru (eksternal) hifler üreterek toprağın su tutma kapasitesini arttırmaktadır (Ortaş, 1997; Ghazi ve Al-Karaki, 2006).

Arbusküler mikorizal fungusların köke nüfuz etmesinden sonra, köklerde tepki olarak arginin, isoflavonoidler gibi bileşikler (Caron, 1989) ile sitokin ve gibberellin gibi hormonların üretiminde artış olmaktadır (Muchovej, 2001).

Etkin bir mikorizal inokülasyonun bitki gelişimi üzerine olan etkileri özetle aşağıda sıralandığı gibidir;

- Bitki büyümesini artırır,
- Bitki besin elementleri ve su alımını artırır,
- Kimyasal gübre kullanımına olan talebi azaltır,
- Fumigasyon ve solarizasyon sonrası ekilen bitkilerin bodur kalmasını önler,
- Bitki ekim performansını artırır ve erken çıkışı sağlar,
- Şaşırtma esnasındaki fide şokunu ve fide ölümlerini minimize eder,
- Meyve ve ürünlerin üniform olmasını sağlar,
- Patojenlere karşı bitkiyi korur,
- Hastalıklı ve zayıf fide sayısını en aza indirir,
- Bitkinin hastalık ve zararlılara karşı direncini artırır,
- Kuraklık ve streslere karşı bitkiyi korur ve direncini artırır,
- Kirletilmiş ve dezenfekte edilmiş toprakların olumsuz etkilerini azaltabilir.



Şekil 1.2: Mikoriza uygulanmış (sağ) ve uygulanmamış (sol) *Hieracium pilosella* bitkisinden görünüm

Bu çalışmada, abiyotik stres faktörlerinden kuraklığın *Plantago lanceolata* L. bitkisinin gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin, arbusküler mikorizal mantar (AMF)'ın bitki beslenmesine, bitki gelişimine ve strese karşı olumlu katkılarından faydalanılarak, elimine edilip edilemeyeceğinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. GENEL KISIMLAR

Yakın zamana kadar toprakta alınabilirliği yavaş olan besin elementlerinin alımının yalnızca bitki kökleri tarafından sağlandığı düşünölmekteydi. Son yıllarda yapılan bilimsel araştırmalar, bitki besin elementleri alımının köklerin yanı sıra çoğunlukla, mikoriza diye adlandırılan ve teşhisi mikroskop altında yapılan, birim cm kök uzunluğu başına yüzlerce metre uzunluğunda hif üreten bazı mantar türleri tarafından da yapıldığını ortaya çıkarmıştır (Koide, 1991; Marschner, 1995; Ortaş, 1996 ve 1997; Smith ve Read, 1997).

‘Mikoriza’ terimi; 1885 yılında A.B Frank tarafından ‘‘Mykes’’ mantar ve ‘Rhiza’ kök anlamına gelen Yunanca kelimelerden üretilmiş olup, ‘Kök Mantarı’ anlamına gelmektedir (Haktanır ve Arcak, 1997).

Mikorizanın kelime anlamı; bitki kökleri ile belirli mantar türleri arasındaki karşılıklı bir yaşam biçimi olarak tanımlanmaktadır. Aktif bitki gelişimi evresinde köklerin korteks dokusunu kolonize eden mantar ile bitkiler arasında oluşan işbirliği veya simbiyozu ifade etmektedir. Bu iş birliğinde bitki mikorizal mantara karbon, mikorizal mantar da bitkiye besin elementi ve su sağlamaktadır (Tinker, 1980).

Mikoriza daha çok mikrobiyal aktivitenin olduğu bitki kök bölgesinde bulunan baskın mikroorganizmalardan biri olup bitki yetişmesine etki eden stres faktörlerinin var olduğu alanlarda daha etkili olduğu sanılmaktadır (Sylvia ve Williams, 1992). Bitkiler arasında mikorizal durum bir istisna değil bir kuraldır. Ekosistemdeki bitkilerin %95’den fazlası mikoriza ile ortak bir yaşam kurmuştur (Sieverding, 1991).

Mikoriza geniş alanlarda yayılım gösterip, gelişimi çevre faktörlerinin etkisi altındadır (Harley ve Smith 1983).

Mikorizal mantarlar, ortak yaşam oluşturdıkları konukçu bitkilere, konukçu bitki kökü içindeki hücre içi ve hücreler arası işleve, morfolojik ve fizyolojik yapılarına, toprak yapısı ve fiziksel çevreye bağlı olarak “Endomikoriza, Ektomikoriza, Erikoid, Monotropoid ve Orkide mikoriza” gibi farklı tiplere ayrılır (Allen, 1991). Tanımlanan türler içerisinde kök yapısına etkileri ve işlevleri bakımından ektomikoriza ve endomikoriza en yaygın iki grubu oluşturmaktadır (Bagayoko, 1999). Mikoriza tiplerinin dağılımı, yükseklik ve enlem farklılıkları ile azot (N) ve fosfor (P) bulunabilirliğine bağlıdır.

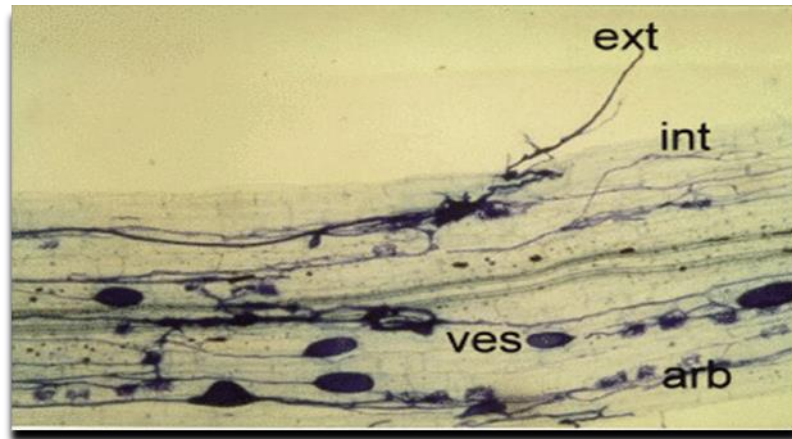
Ektomikorizaların (EM) teşhisinde en belirgin özellikleri; yüksek yapılı orman ağaçlarının kök yapılarında bulunmakta olup, mikoriza hiflerinin kortekste hücreler arası boşluğu doldurarak ‘hartig net’ olarak adlandırılan ağ oluşumunu sağlamasıdır (Harley ve Smith, 1983; Bagyaraj, 1991; Killham, 1995). Çok sayıda EM aynı zamanda kök emici tüylerini (genellikle ince besleyici kökler) tamamen kaplayabilen ‘mantle’ diye adlandırılan kökcük görünümündeki dallanmış hiflere sahiptir (Mossea, 1981; Marschner, 1995). Kökleri kaplayan bu örtünün kalınlığı, rengi ve bünyesi özel bitki–mantar kombinasyonlarına bağlıdır. Mantar dokusunun oluşturduğu örtü, emici köklerin yüzey alanını artırır ve çoğu kez ince köklerin morfolojisini etkileyerek, kök çatallaşmasına ve gruplanmasına neden olur. Hifsel uzantılar, örtü ile bağlantılı olup toprağın içine yayılırlar. Bu hifsel uzantılar, sıkça agregatlaşarak, çıplak gözle görülebilecek kök benzeri yapılar (rhizomorphs) oluştururlar. Rhizomorfların iç kısımları besin elementlerinin ve suyun uzak mesafelere taşınabilmesi için özel olarak tüp benzeri yapılara dönüşebilmektedir.

Endomikorizalar arbusküler mikoriza (AM) olarak bilinirler. Ayırt edici özellikleri, kök korteks hücreleri içerisinde oldukça dallı yapı oluşturmalarıdır. Mantar kortekste geliştiği için ortamda lipidce zengin oval görümlü yapılar oluşturulmaktadır ki bunlar ‘vesikül’ olarak adlandırılır. Vesiküllerin dışarıdan alınan besin elementlerini depo ettiği ve gereksinime göre içeriye saldığı tahmin edilmektedir (Bagyaraj ve Manjunath, 1981; Marschner, 1995). Ayrıca hücre içlerinde ağaçların kök yapılarındaki dallanmayı andıran yapılar oluşmaktadır ki bu da ‘arbuskül’ olarak adlandırılır (Mossea, 1981; Marschner, 1995). Mikorizanın arbusküller sayesinde dışarıdan sağladığı besin elementlerini bitki dokularına aktardığı düşünülmektedir (Şekil 2.1).

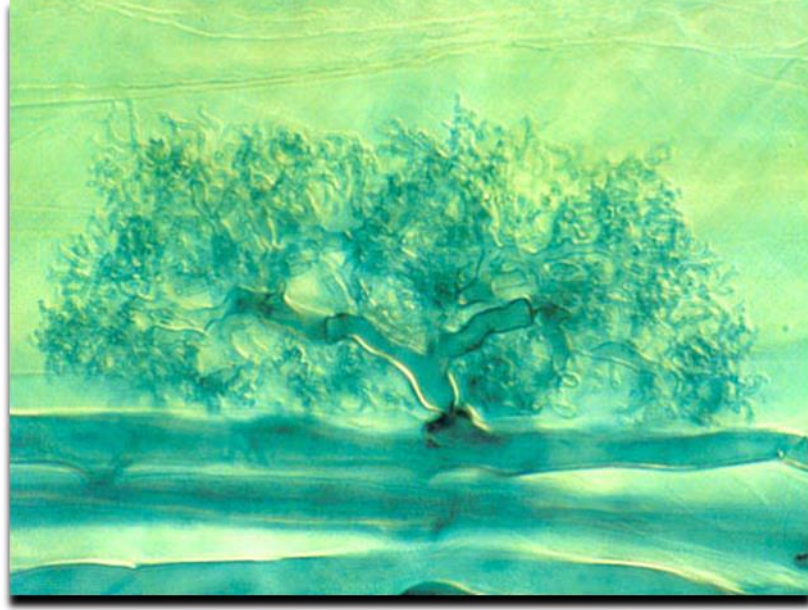
Endomikorizanın bir çok türü olmasına rağmen vesiküler ve arbusküler oluşturmalarından dolayı bu grup mikoriza artık arbusküler mikoriza (AM) olarak bilinmektedir (Simpson ve Daft, 1990; Ortaş, 1996; Ortaş ve ark., 1999). Arbuskül oluşturan mikorizal mantar türlerinin hepsinin vesikül oluşturmamaları nedeniyle arbusküler mikoriza deyimi daha çok kullanılmaya başlanmıştır.

Arbusküler mikoriza ile konukçu hücre arasındaki bu ortak yaşamda ne mantar hücresi ne de konukçu bitki hücresi membranı bozulmamaktadır. Mantar büyüdükçe konukçu bitki hücresi membranı, mantarı bir kılıf içerisine alır ve tamamen etrafını kuşatarak, içerisinde yüksek moleküler yapıdaki maddelerin depolandığı ayrı bir bölme oluşturur. Bu ayrı bölme, bitki ile mantar sitoplazması arasında doğrudan temasa engel olarak simbiyotların (bitki-mantar) arasındaki besin maddelerinin taşınımının daha iyi bir şekilde gerçekleşmesini sağlar (Cebel.N., 1989).

Arbusküler mikoriza topraktaki sporları, yapıları ve bitkiler tarafından infekte olmaları yönünden farklılıklar göstermekte olup taksonomik olarak alt sınıflar şeklinde yeniden sınıflandırılmaktadırlar (Daniels ve Menge, 1981).



Şekil 2.1: Arbusküler mikoriza yapıları (ext; eksternal hif, int; internal hif, ves; vesikül, arb; arbuskül)



Şekil 2.2: *Glomus* ırkına ait arbuskülden görünüm

Erikoid, monotropoid ve orkidede bulunan mikorizal funguslar ise belirli konukçulara özelleşmişlerdir ve isimlerini konukçularından almışlardır (Smith ve Read, 2008).

Mikoriza oluşumunu fiziksel, kimyasal ve biyolojik faktörler etkilemektedir. Fiziksel faktörler, sıcaklık, ışık ve su; kimyasal faktörler, pH, azot, mikro besin elementleri, aşırı fosforlu gübre kullanımı, pestisid kullanımı, tuzluluk ve organik maddedir.

Fiziksel Faktörler;

Sıcaklık: Schenck ve Schroder (1974) tarafından yapılan araştırmada mikoriza gelişmesinin ve oluşumunun 30°C olduğu rapor edilmiştir. Ayrıca aynı araştırmada en fazla hif oluşumu ve yüzey alanının 28-34°C arasında olduğu belirlenmiştir. Bagyaraj (1991), mikoriza ile sıcaklık arasındaki ilişkinin bölgeler arasında farklılık gösterdiğini rapor etmiştir.

Hava sıcaklığı fotosentez oranını ve bitki vasıtasıyla assimilatların taşınmasını etkilemektedir. 26°C'ye kadar artan hava sıcaklıklarının, özellikle gece ve gündüz sıcaklıkları arasındaki farklılıklara bağlı olarak bitki büyümesini arttırdığı rapor

edilmiştir (Hayman, 1975; Furlan ve Fortin, 1977). Toprak sıcaklığı mikoriza gelişimini; a) sporların çimlenmesi b) köke nüfuz etmesi c) hiflerin kök hücreleri içerisinde çoğalması gibi üç safhada etkilemektedir.

Işık: Mikoriza mantarları karbon kaynağını doğrudan bitkinin fotosentez ürünlerinden aldığından, mikoriza oluşumu ve etkinliği tamamen fotosentez ve karbohidratların kök bölgesine aktarılmasına bağlıdır. İyi bir kök kolonizasyonu için 12 saat veya daha fazla fotoperiyod miktarı ışık yoğunluğundan daha önemlidir (Schenck ve Schroder, 1974). Ayrıca ışığın mikoriza üzerine etkisi bitki türlerinin fotosentezle olan ilişkisine bağlı olarak değişmektedir (Tinker, 1975). Yapılan çalışmalar ışığın mikorizanın gelişimini teşvik ettiğini göstermiştir (Furlan ve Fortin, 1977). Buna karşın gölgelemenin kök içerisindeki hiflerin yayılmasını azaltması nedeniyle, hem kök kolonileşmesini hem de spor sayısını ve mikorizaya bitki tepkisini azalttığı ve sonuç olarak toprak içinde hiflerin gelişimini sınırladığı bildirilmiştir (Gerdemann, 1968; Nyabyenda, 1977).

Su: Vesiküler arbusküler mikoriza oluşumu çok geniş bir toprak-nem içeriğinde gerçekleşmektedir ama genel olarak yüksek düzeyde su içeren topraklarda gelişimi olumsuz etkilenmektedir (Khan, 1974). VAM vasıtasıyla köklerin kolonileşmesinin; bitki su ilişkilerini, kök hidrolitik (Nelsen, 1987) ve yaprak iletkenliğini (Auge ve ark., 1986a), yaprak gaz değişimini (Hardie, 1985), yaprak büyümesini (Koide, 1985), osmotik durumu (Auge ve ark., 1986b) ve fitohormon üretimini (Gogala, 1991) kontrol eden mekanizmaları etkilediği bildirilmiştir. Hardie ve Leyton (1981), mantar hiflerinin su taşınımında aktif bir rol göstermesi ve toprak su potansiyelinin düşük olduğu durumlarda toprak suyunu sömürmelerindeki üstün özelliklerinden dolayı, VAM'ın kurak alanlarda yeni bir tarım stratejisi olarak kullanılabileceğini ifade etmişlerdir.

Kimyasal Faktörler;

pH: pH'ın mikoriza oluşumu üzerine olan etkisini belirlemek son derece zordur. Çünkü toprakların kimyasal ve biyolojik özellikleri direkt pH tarafından yönlendirilmektedir. Fakat agar ortamında yapılan çalışmalarda mikoriza türlerinin pH'ya bağlı olarak farklılıklar gösterdiği belirlenmiştir (Gren ve ark., 1976; Tinker, 1980). Toprak pH'sı sporların gelişmesi üzerinde etkili olduğu kadar çimlenmesini de

etkilemektedir (Angle ve Heckman, 1986). Büyüme ve kolonileşmenin pH'sı 5.6 ve 7.0 olan topraklarda oluşmasına rağmen, pH'sı 3.3'ten 4.4'e kadar olan asidik topraklarda olmadığı saptanmıştır (Hayman ve Mosse, 1971). Toprak pH'sı ve mikorizal etki arasındaki kompleks ilişkinin; bitki türüne, toprak tipine, fosforun formuna ve içerdiği mantar türüne bağlı olduğu belirtilmiştir (Mukerji, 1996).

Azot: Azot ve mikoriza arasındaki ilişki halen tam olarak bilinmemekle birlikte, yapılan araştırmalar azot mikoriza ilişkisinin ortama, toprakların pH'sına ve sıcaklığa bağlı olarak değiştiğini göstermektedir. Hayman (1975), N'lu gübre uygulamasının mikoriza oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini rapor etmiştir. Davis ve Young (1985), nitrat uygulamasının mikoriza oluşumunu amonyum uygulamasına oranla daha fazla etkilediğini bildirmiştir.

Mikro Besin Elementleri: Mikro elementlerden çinko ve mangan mikoriza sporlarının çimlenme kapasitelerini etkilemektedir. Gildon ve Tinker (1983), geniş bitki topluluğu üzerine yaptıkları araştırmada Zn ve Cu'nun mikoriza oluşumunu olumsuz yönde etkilediğini rapor etmişlerdir. Asidik toprak koşullarında ise her ne kadar mikro besin elementleri fazlasıyla serbest duruma gelmişlerse de, bitkilerin Al, Fe ve Mn konsantrasyonlarına adapte olduğu belirtilmiştir.

Aşırı Fosforlu Gübre Kullanımı: Mikorizanın toprakta bulunuşu, bitki kökleri içindeki oluşumu ve aktivitesi, toprak verimliliği tarafından önemli ölçüde etkilenmektedir, özellikle de ortamın P konsantrasyonuna bağlı olarak değişikliğe uğramaktadır (Kitt ve ark, 1988). Tinker (1980), bitki türlerinin ihtiyacına göre belirli bir P düzeyine kadar kök infeksiyonunun arttığını ve bu noktadan sonra ilave edilen her P miktarının bitkinin mikoriza ile olan infeksiyonunu azalttığını bildirmiştir. Toprakların P düzeyi yüksek olduğu zaman mikorizal mantar aktivitesi azalmaktadır. Bunun nedeni, ya köklerin infekte edilmemesi ya da infeksiyon sağlansa bile besin elementlerinin sağlanamamasıdır. Böyle durumlarda mikorizal infeksiyon bitkiye besin elementleri sağlayamadığı gibi bitkinin fotosentez ürünlerini tüketerek yarar sağlama yerine zararlı olabilmektedir.

Pestisid Kullanımı: Kimyasal mücadele ilaçlarından olan ve bütün dünyada bitki hastalık ve zararlılarına karşı son yıllarda kontrolsüzce kullanılan tonlarca pestisid ve fungusitler toprakların doğal mikroorganizma popülasyonunu değiştirdiği için doğal olarak toprağın verimliliğini de düşürmektedir. Toprakların verimliliğini yükseltmek için ise aşırı derecede N ve P'lu gübreler kullanılmaktadır. Fazla N ve P gübrelemesi ise aynı şekilde doğal mikoriza oluşumunu azaltmaktadır. Aynı zamanda uzun süreli P uygulaması fazla P birikmesine neden olmakta ve bunun sonucu P diğer mikro besin elementleri ile negatif interaksiyonlar oluşturarak bunların alınmasını engellemektedir.

Pestisid, fungusit, herbisit ve toprak kökenli patojenler değişik yollarla VAM'ın işlevini ve gelişimini etkileyebilmektedirler (Trappe ve ark., 1984). Genellikle metil bromid gibi fumigantlar yoğunluklarının havadan daha fazla olması nedeniyle toprak profilindeki mikorizaların ölümüne neden olabildikleri gibi (Menge, 1982), aromatik hidrokarbonlar ve benzimidazol gibi fungusitler de mikoriza mantarının gelişimi için toksik etki oluşturabilmektedirler (Johnson ve Pflieger, 1992). Örneğin; Guillemin, Gianinazzi ve Trouvelot (1992), ananas bitkilerinde kullandıkları dört fungusitten sadece birinin mikorizanın büyümesi üzerinde zararlı etkisi olduğunu, diğerlerinin ise bazı durumlarda olumlu etki yaptıklarını saptamışlardır.

Tuzluluk: Tuz koşulları altında bitki büyümesi ve mikorizal kolonileşme üzerinde VAM'ın etkileri ile ilgili az sayıda çalışma bulunmaktadır (Mukerji, 1996; Rosendahl ve Rosendahl, 1991). Mikoriza mantarı sağlamış olduğu yararlar vasıtasıyla bitkileri tuz stresine karşı koruyabilmesine karşın (Epstein ve ark., 1980), mekanizması tam olarak açıklanamamıştır. Konuyla ilgili olarak yürütülen çalışmalarda tuz koşulları altında mikorizalı bitkilerde sağlanan büyümedeki artışın, artan besin alımıyla ilişkili olabileceği belirtilmiştir (Ojala ve ark., 1983). Bazı bataklık-tuzcul türlerde ise mikoriza kolonileşmesi, K ve P içeriğini değiştirmeksizin Na^+ ve Cl^- içeriğini azaltarak tuza dayanıklılık sağlamaktadır (Rozema ve ark., 1986). Yüksek tuz koşulları altında ise genellikle VAM'ın kolonileşmesinde azalma olduğu bildirilmiştir (Kim ve Webber, 1985). Gildon ve Tinker (1983)'a göre sodyum ve klor iyonları mikoriza sporlarının oluşumunu olumsuz yönde etkilemektedir. Bowen (1980), mikoriza infeksiyonunun bitki için toksik elementleri bertaraf edeceğini veya bünyesinde tutarak bitkiyi toksisiteden koruyabileceğini belirtmiştir.

Organik Madde: Normal olarak organik maddenin yüksek olduğu tropikal ormanlarda mikoriza gelişimi ve spor oluşumu organik maddenin varlığı ile direkt ilgilidir. Fakat tarla topraklarında artan organik madde ile spor oluşumu arasında herhangi bir korelasyon elde edilememiştir (Johnson ve Michelini,1974). Toprakta organik madde oranı %1–2 arasında olması durumunda maksimum düzeyde spor oluşumu sağlandığı rapor edilmiştir (Bagyaraj, 1991). Hasat sonrası toprakta kalan bitki köklerinin parçalanması sonucu oluşan organik bileşenlerin spor sayısını ve spor infeksiyonunu arttırdığı rapor edilmiştir (Redhead, 1977).

Biyolojik Faktörler ;

Bitkilerin mikorizaya bağımlılıkları farklılık göstermektedir. Bazı bitkiler mikorizaya bağımlılık göstermezler. Bunlardan acı bakla, şeker pancarı ve hardal türü bitkiler daha çok mikoriza oluşumunu engelleyecek oranda toksik salgılar oluşturduğundan bu tür bitkiler mikorizal infeksiyon sağlamazlar. Birçok bitki türü mikoriza ile infekte olmakta ve spor oluşumu sağlamaktadır (Schenck ve Kinloch, 1980). Konukçu bitkinin genetik yapısı, kökün morfolojisi ve yapısı ve toprak mikroflorası da mikoriza oluşumunda önemli rol alır.

Mikorizanın kolonileşme ve besin elementi taşıma yeteneği ve diğer faydalı etkileri, mikoriza türüne ve konukçu bitkinin farklı türlerine göre değişiklik göstermektedir (Powell ve Sithamparanathum 1977; Lambert ve ark. 1980; Mukerji 1996).

Kök anatomisinin mikorizal kolonileşmeyi etkilediği (Baylis,1975) ve kök anatomisinin tipi ile mikorizal kolonileşme arasında önemli bir ilişki olduğu saptanmıştır. Buna ilave olarak, kök absorpsiyon kapasitesi, birim kök uzunluğu başına düşen absorpsiyon hızı, mantar türü, bitki tür ve çeşidi ve simbiyosisin evresi gibi faktörler de besin alımında önemli rol almaktadır (John, 1980).

VAM toprak fosfatını çözememekte, ancak fosforun köklere alımını arttırmaktadır (Mukerji,1996). Bununla birlikte, chemoorganotrophs (*Pseudomonas* ve *Bacillus* sp.) ve chemolithotrophs (*Thiobacillus* sp.) gibi yaygın olarak tanınan iki bakteri grubundan birisi VAM ile birlikte olması durumunda, çözünmez formdaki fosfatı çözerek bitki

büyümesini önemli düzeyde arttırmaktadır (Barea ve ark., 1973; Vosatka ve ark., 1992). Bakteri ile VAM'ın etkinliği düşük pH düzeyinde daha yüksek olmaktadır (Azcon ve ark., 1976).

Serbest yaşayarak N₂ fikse eden bakteriler ile VAM arasında olumlu ilişki olduğu bildirilmiştir (Bagyaraj ve Menge, 1978; Fitter ve Garbays, 1994; Tisdall, 1994). *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Pseudomonas* gibi fitohormon üreten belirli bakteriler VAM'ın kolonileşmesini arttırmaktadır. Örneğin, IAA (Indol 3-asetik asit) VAM'ın formasyonunu etkilemektedir (Azcon ve ark., 1978). Rizosferde büyük oranda bakteri bulunması fitohormon üretimini etkilemesine rağmen, VAM kolonileşmesini nasıl ve ne kadar etkileyeceği ilave araştırmalar gerektirmektedir (Mukerji, 1996).

Mikorizanın; a) yüksek miktarda dallanan hifler ve onların oluşturmuş olduğu geniş absorbe alanı ile, b) organik madde ve topraktan çözmüş olduğu besinleri absorbe ederek, c) bazı durumlarda organik maddelerin parçalanmasını sağlayan fosfataz gibi enzimler salgılamak koşuluyla besin alımını sağladığı Haselwandter ve ark., (1987) tarafından bildirilmiştir. Bansal ve Mukerji (1994), VAM'ın açık olarak besin döngüsünde ve bitkilerin verimliliğinde önemli bir rol aldığını, Marschner ve Dell (1994) ise VAM'ın P, N, K, Zn ve Cu'nun alımını sırasıyla % 80, 25, 10, 25 ve 60'a kadar arttırdığını bildirmişlerdir.

Mikorizanın alımını arttırdığı besin elementlerinin, bitki büyüme ve gelişmesi için gerekli olan bazı enzim, pigment ve biyolojik moleküllerin birer parçasını oluşturması ve bitki fizyolojisini etkilemeleri bakımından önemi oldukça büyüktür (Srivastava ve ark., 1996).

Mikorizanın besin alımı içerisinde en büyük artışı fosfor alımında yaptığı bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996). Bilindiği üzere fosfor; çekirdek, DNA ve RNA'nın yapısında yer alması, fosfolipid parçası olarak bitki mebranlarını oluşturması, ADP, ATP, NADP ve NAD gibi yüksek enerji moleküllerinin bir parçasını oluşturarak, fotosentez, respirasyon, azot ve yağ metabolizması ve diğer bazı reaksiyonlarda rol alması gibi özellikleri nedeni ile bitki büyüme ve gelişmesi için büyük önem taşımaktadır (Srivastava ve ark., 1996). Buna karşın onun eksikliğinde ise; yaprakların erken

dökülmesi, mor veya kırmızı pigmentlerin ortaya çıkması, yapraklar üzerinde lekeli alanların oluşması, yaprakların koyu yeşil veya mavi bir renge dönüşmesi, yapraklarda biçimsel bozuklukların ortaya çıkması ve bitkide iletim sistemlerinin zayıflaması nedeni ile yapraklarda belirtilerin görülmesi gibi anormal durumlar ortaya çıkabilmektedir (Srivastava ve ark., 1996).

Mikorizanın fosfor alımında toprakta bulunan mevcut miktarı önemli rol almaktadır. Bununla ilgili olarak yapılan çalışmalarda, düşük fosforlu topraklarda mikorizalı bitkilerin mikorizasızlar ile kıyaslandığında daha fazla büyüdüğü ve birim kök uzunluğu başına düşen fosfor alımını arttırdıkları (Sanders, 1975; Hale ve Sanders, 1982; Smith, 1982; Smith ve ark., 1985; Tester ve ark., 1985; Srivastava ve ark., 1996), ancak topraktaki fosfor artışının mikorizanın etkisini ve kök uzunluğunu azalttığı (Baath ve Spokes, 1988; Thomson ve ark., 1990) ve yüksek fosfor düzeylerinde ise VAM kolonileşmesinin engellendiği bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996).

Mikorizanın toprak içerisine nüfuz eden hiflerinin, kök absorpsiyon alanını ve birim kök uzunluğu başına düşen su miktarı ile birim zamandaki alımını arttırması, yüksek kök elektriksel iletkenliği ve sağlamış olduğu ilave fosfor beslenmesi sonucu oluşturmuş olduğu fiziksel, besinsel, fizyolojik ve hücrel etkiler sonucu bitkilerin kuraklık stresine karşı dayanıklılığını arttırdığı bildirilmiştir (Sanders ve Tinker, 1973; Allen ve ark., 1980; Levy ve Krikum, 1980; Sieverding, 1980; Hayman, 1983; Levy ve ark. 1983; İbrahim ve ark., 1990; Duvert ve ark., 1990; Simson ve Daft, 1990; Michelsen ve Rosendahl, 1990; Faber ve ark., 1991; Davies ve ark., 1992; Osonubi, 1994; Ruiz-Lozano ve ark., 1995; Bethlenfalvay ve ark., 1998; Ruiz-Lozano, 2003).

Mikorizalı bitkilerin kuraklığa karşı toleranslılıklarının artmasının; bitki turgoru, yaprak su potansiyeli, stoma iletkenliği, yaprakların klorofil içeriği, hormonal aktivite, konukçu bitkinin mikorizaya karbonhidrat sağlaması ve kök hidrolik iletkenliğinin artmasıyla ilişkili olduğu Pedersen ve Sylvia (1996), Raman ve Mahadevan (1996) ve Auge (2001) tarafından rapor edilmiştir.

Bugüne kadar sürdürülen sera çalışmalarında mikorizanın kuraklık stresine rağmen, domates bitkisinin çiçek ve meyve sayısı, sap kuru ağırlığı, meyve kalitesi ve N ve P

alımını arttırdığı (Subramanian ve ark., 2006); buğday bitkisinin su kullanım etkinliği (Al-Karaki, 1998), toplam kuru ağırlık ve kök uzunluğunda artışlar sağladığı (Al-Karaki ve Al-Raddad, 1997) ve mısır bitkisinin yaprak su potansiyeli ve karbondioksit asimilasyon hızını arttırdığı (Amerian ve Stewart, 2001) belirtilen çalışmalarda saptanmıştır.

Morte ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışmada *Helianthemum almeriense* bitkisinde kuraklık stresi altında mikorizanın (*Terfezia claveryi*) büyüme ve su içeriğine etkisi incelenmiştir. Deneme sonunda hem normal sulama koşullarında hem de kuraklık stresi altında *Terfezia claveryi* ile inoküle edilmiş bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilere göre kök ve sürgün ağırlıklarında açıkça farklılık gözlenmiştir. Kuraklık stresinin mikorizal kolonizasyon yüzdesini etkilemediği de belirlenmiştir. Ayrıca her iki koşulda da su potansiyeli değerlerinin mikoriza içeren bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilere göre daha az negatif olduğu saptanmıştır. Normal sulama koşullarında, su potansiyeli mikoriza içeren bitkilerde içermeyenlere göre %14, kuraklık stresi altında ise %26 daha yüksektir. Mikorizalı bitkilerde mikorizasız bitkilere göre terleme, stoma iletkenliği ve net fotosentez miktarı daha yüksektir. Kuraklık stresi altında mikorizalı ve mikorizasız bitkiler karşılaştırıldığında net fotosentez miktarının daha fazla olduğu bildirilmiştir.

Heidari ve Karami (2013) tarafından ayçiçeği üzerine yapılan çalışmada su stresinin önemli şekilde tane verimini azalttığı fakat kuraklık stresi altında mikoriza uygulaması yapılan ayçiçeği bitkilerinde verimin önemli derecede arttığı gözlenmiştir.

Subramanian ve Charest (1999) tarafından yapılan çalışmada normal sulama koşullarında ve kuraklık stresi altında mısır bitkisinde arbusküler mikorizanın N alımına etkisi ve bitkinin fizyolojik yanıtları incelenmiştir. Daha önce yapılmış çalışma sonuçları gibi (Ames ve ark., 1983; Frey ve Schüepf 1993; Tobar ve ark., 1994a,b) bu çalışmada mikoriza içeren bitkilerde sınırlı miktarda su bulunması durumunda misellerin konukçu bitkide N alımını ve translokasyonu geliştirdiğini göstermektedir. Ayrıca bu çalışmada çok açık bir şekilde fizyolojik yanıtlarda mikorizanın etkileri görülmüştür.

Abbaspour ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada mikoriza ile enfekte edilmiş Antep fıstığı'nın kuraklık stresine toleransı incelenmiştir. Bu çalışma sonunda hem normal sulama koşullarında hem de kuraklık stresi altında bulunan mikorizalı bitkilerde bitki ağırlığının, yaprak alanının ve klorofil içeriğinin arttığı gözlenmiştir. Ayrıca her iki su rejiminde mikorizalı bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilere göre P, N, K, Ca, Zn ve Cu elementlerinin daha yüksek miktarda olduğu bildirilmiştir. Sonuç olarak, yapılan bu çalışmada, köklerdeki mikoriza varlığının Antep fıstığı'nda kuraklık direncini arttırdığı görülmüştür.

Mathur ve Vyas (2000) tarafından yapılan çalışmada su stresi altındaki *Ziziphus mauritiana* Lam.'da arbusküler mikorizanın besin alımı, biyokütle ve fizyolojik değişimler üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda kuraklık stresi altında, mikorizalı bitkilerde mikorizasız bitkilere oranla daha fazla büyümenin meydana geldiği gözlenmiştir. Ayrıca mikoriza içeren bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilerle kıyaslandığında besin ve N,P,K gibi elementlerin alımının daha yüksek olduğu, çözülebilir protein, toplam klorofil ve serbest aminoasit içeriğinin ise arttığı bildirilmiştir.

VAM ile enfekte olan turunç ağaçlarının enfekte olmayanlara göre daha iyi büyüdüğü, kuru madde ile P, K içeriklerinin arttığı (Menge ve ark., 1982), fasulyede kuru ağırlık, sürgün ve kökteki P içeriğinde artışlar olduğu, benzer biçimde soğan bitkisinin toprak üstü aksamının arttığı, şeftali, elma ve kavunda mikoriza eksikliğinde P, Zn, Cu, K, Ca ve N noksanlığı gösterdikleri bildirilmiştir .

Mikorizanın tohumların, daha iri, dolgun, fosfor ve diğer bazı besin elementlerince zengin olmasını sağlamasından dolayı onların kalitesini arttırdığı Koide (1991), Merry-Weather ve Fitter (1996), Ortaş (1997) ve Zhu ve Smith (2001) tarafından saptanmıştır.

Mikoriza uygulanan biber bitkisinin hem büyümesinde hem de ürün miktarında artış olduğu ayrıca fosforca zengin topraklarda da verim artışı olduğu gözlenmiştir (Bagyaraj ve Sreeramulu, 1982).

Asrar ve ark. (2012), tarafından yapılan çalışmada arbusküler mikorizal mantar uygulanan aslanağzı bitkisinde normal sulama koşullarında ve su stresi altında büyüme, çiçek verimi ve su ilişkileri incelenmiştir. Çalışma sonunda mikoriza uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde kuraklık stresi altında kök ve sürgün kuru ağırlığı, sürgün uzunluğu, yaprak sayısı, kök çapı ve yaprak alanı değerlerinin normal sulama koşullarındakilerden daha düşük olduğu saptanmıştır. Bununla birlikte, mikoriza uygulanmayan bitkilerde uygulananlara göre belirgin olarak daha az miktarda büyüme meydana geldiği belirtilmiştir. Kuraklık stresi altında mikoriza uygulanan aslanağzı bitkilerinin mikoriza uygulanmayanlara göre önemli ölçüde daha yüksek değerlerde kök ve sürgün kuru ağırlığına, yaprak sayısı ve alanına, kök çapına, sürgün uzunluğuna, klorofil içeriğine, N, P, K, Ca, Mg elementlerine ve yaprak su potansiyeline sahip olduğu anlaşılmıştır. Ayrıca kuraklık stresi altındaki aslanağzı bitkilerinde normal sulama koşullarındaki bitkilere göre daha düşük oranda mikorizal kolonizasyon olduğu görülmüştür. Bu çalışmada mikorizal kolonizasyonun aslanağzı bitkisini kuraklık stresinin etkilerinden koruduğu görülmüştür.

Zhu ve ark. (2012) tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresi altındaki mısır bitkisinde arbusküler mikorizanın fotosentezi geliştirmesi ve su durumuna etkisi incelenmiştir. Çalışma sonunda mikorizal kolonizasyonun kuraklık stresi altında önemli derecede azaldığı belirtilmiştir. Bitki boyu, sürgün kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlığın kuraklık stresi altındaki bitkilerde normal sulama koşullarındaki bitkilerle karşılaştırıldığında daha düşük miktarda olduğu ancak kök kuru ağırlığının benzer miktarda olduğu anlaşılmıştır. Porcel ve Ruiz-Lozano (2004), Kohler ve ark. (2008), tarafından daha öncede belirtildiği gibi bu çalışmada da mikoriza uygulanan ve uygulanmayan bitkiler arasında bitki boyu, sürgün kuru ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlık bakımından önemli farklılıklar bulunmamıştır. Ayrıca mikoriza uygulanmış mısır bitkilerinde her iki su rejiminde de (normal ve su stresi) net fotosentez ve transpirasyon oranlarının mikoriza uygulanmamış olan mısır bitkilerinden daha yüksek miktarda olduğu görülmüştür. Buna ek olarak, kuraklık stresi altında mikoriza uygulanmış bitkilerde mikoriza uygulanmayan bitkilere oranla stoma iletkenliğinin önemli derecede yüksek olduğu saptanmıştır.

Sánchez-Blanco ve ark. (2004) tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresi altında *Glomus deserticola* tarafından inoküle edilmiş *Rosmarinus officinalis* bitkisinde gaz değişimi, bitki büyümesi ve su durumundaki değişimler incelenmiştir. Çalışma sonucunda mikorizal infeksiyonun bitkinin büyümesini uyardığı, bu infeksiyonun kuraklık stresi altında mikoriza içermeyen bitkilere oranla kök kuru ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlığı arttırdığı belirtilmiştir. Normal sulama koşullarındaki bitkilerde yaprak su potansiyelinin mikorizalı ve mikorizasız bitkiler arasında önemli bir fark görülmemesinin yüksek seviyede olduğu belirtilmiştir. Kuraklık stresinden yedi gün sonra mikorizalı ve mikorizasız bitkiler arasında su potansiyeli bakımından önemli bir fark görülmediği ancak stresten 14 gün sonra mikoriza uygulanmayan bitkilerde mikoriza uygulanan bitkilere göre su potansiyelinin yaklaşık 0.7 MPa daha düşük olduğu açıklanmıştır. Normal sulama koşullarında mikoriza uygulanmış ve uygulanmamış bitkilerde bağıl su içeriğinin aynı oranda (yaklaşık %80) bulunduğu ancak stresten 7 gün sonra hem mikorizalı hem mikorizasız bitkilerde bu değerlerin %10 azaldığı, stresten 14 gün sonra ise mikoriza içeren bitkilerde %70 oranında kaldığı, mikoriza içermeyen bitkilerde %50 'ye düştüğü bulunmuştur. Aynı zamanda deney boyunca kuraklık stresinin hem mikorizalı hem mikorizasız bitkilerde stomata iletkenliğini ve fotosentez oranını azalttığı açıklanmıştır. Kuraklık stresi altında ise mikoriza içeren bitkilerde içermeyenlere göre daha yüksek değerlerde klorofil içeriği ve fotosentez oranı görülmektedir. Sonuç olarak, bu çalışmada kuraklık stresi altındaki *Rosmarinus officinalis* bitkisinde mikorizanın su alımına, fotosenteze ve büyümeye olumlu etkilerinin olduğu anlaşılmıştır.

Khalvati ve ark. (2005), kuraklık stresine maruz bırakılan arpa bitkisinde arbusküller mikorizanın hifleri tarafından su alımını ve mikorizanın büyüme üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda kuraklığın mikorizalı ve mikorizasız arpa bitkisinde kök ve sürgün kuru ağırlığında önemli derecede azalmaya neden olduğu, kuraklık stresi altında ise mikoriza içeren bitkilerin mikoriza içermeyenlere göre sürgün ve kök kuru ağırlıklarının daha yüksek olduğu belirtilmiştir. Ayrıca ekimden sonraki 35 ve 77 gün arasında kuraklık stresine maruz kalan mikorizalı arpa bitkisinde mikorizasız arpa bitkisine göre daha yüksek fotosentez oranına rastlanmıştır. Ekimden sonraki 49 ve 77 gün arasında kuraklık stresine maruz bırakılan mikorizasız bitkilerde yaprak su potansiyelinin mikorizalı bitkilere göre daha düşük olduğu görülmüştür. Sonuç olarak

bu çalışmada, mikorizanın arpa bitkisinin kuraklık stresine direncini arttırdığı, kuraklık stresi altında mikorizalı bitkilerde mikorizasız bitkilere kıyasla yaprak uzaması, net fotosentez oranı, stoma iletkenliği ve turgor basıncında daha az miktarda azalma olduğu açıklanmıştır.

Mikoriza, sadece bitkilere besin maddeleri ve su alımı konusunda yardımcı olmakla kalmaz, aynı zamanda bitkilerin hastalıklara ve patojenik organizmalara karşı direncini de artırır (Augé, 2001; Graham, 2001; Smith ve Read, 2008). Bitki kök sisteminde arbusküler mikorizal mantarın varlığının bitki sağlığını iyileştirdiği bilinmektedir.

İnfeksiyonun iyi bir şekilde gerçekleşmesi durumunda bitkilerin fungal patojenlere ve nematodlara karşı dirençlerinin arttığı belirlenmiştir (Sikora, 1992; Mack ve Rudgers, 2008).

Mikoriza, bitki köklerini diğer patojenik organizmalara karşı koruduğu gibi çevre faktörlerinin yarattığı ağır metal toksisitesi, tuzluluk, kuraklık gibi streslere karşı da bitkiyi korur ve bitkinin direncini artırır (Smith ve Read, 2008). Ayrıca mikorizal infeksiyon, kirletilmiş veya dezenfekte edilmiş toprakların bitki bünyesi üzerindeki olumsuz etkilerini azaltabilir (Mossea, 1981). Mikoriza bitki hastalık ve zararlarına karşı da bitkiyi hem iyi besleyerek korur hem de direkt rizosferde diğer organizmalarla mücadele ederek etkin duruma gelir. Lax ve ark (2011), mikoriza aşılmasının domates bitkisinin kökündeki nematod zararını önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Estaun ve ark. (1997), "Bozulmuş Toprakların *Rosmarinus officinalis* ile Biyolojik Amaçlı Mikorizal Mantar (AMF) Aşılansarak Yarı Kurak Koşullar Altında Yeniden Bitkilendirilip Geliştirilmesi" konulu bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada herdem yeşil bir Akdeniz çalısı olmasından dolayı yarı-kurak koşullarda yeniden bitkilendirme amacıyla *Rosmarinus officinalis* L. bitkisi kullanılmıştır. Bitkiler son zamanlarda yapılmış bir otoyol şevinden toplanarak arbusküler mikoriza (AMF) mantarı olan *Glomus intraradices* (Schenck & Smith) ile aşılansarak erozyona uğrayarak bozulmuş üst toprak üzerinde yetiştirilmiştir. Simbiyozun bitki gelişimi ve toprak kaplama ile toprakta mikoriza sayısının gelişimi üzerindeki etkileri başarılı sonuçlar vermiş,

bitkilere AMF aşılamanın erozyona uğramış alanlarda çok yararlı olduğu ortaya konulmuştur.

Bitkisel üretim sistemlerinde mikorizal bağımlılığın dikkate alınması oldukça önemlidir. Netice olarak belli bitki türlerinin VAM'dan az yararlandığını veya bunun tersi olarak başka bitki türlerinin ise beslenme, verim ve istenilen diğer bazı özellikler bakımından VAM'a yüksek düzeyde bağımlılık gösterdiğini bilmemiz, çalışmalarımızın ilerleyen aşamalarında amacımıza uygun seçim yapmamıza yardımcı olacaktır.

Mikorizaya bağımlılık ile ilgili olarak geçmişten günümüze değin farklı görüşler ileri sürülmüştür. Literatür bilgisinden elde edilen ilk tanımlamaya göre, Gerdemann (1975) "mikorizaya bağımlılığı", bir bitkinin toprak verimliliğinin belli bir düzeyinde maksimum büyüme ve verim sağlamak için mikorizal koşula bağımlı olmanın derecesi olarak ifade etmiştir. Menge ve ark., (1978), steril topraklarda "nispi mikorizaya bağımlılığı", mikorizalı bitkilerin kuru ağırlığının mikorizasız bitkilerin kuru ağırlığına olan oranın yüzdesi olarak ifade etmişlerdir. Plenchette ve ark., (1983) ise, steril ve steril olmayan tarla koşullarında bitki türlerinin mikorizaya bağımlılığını "nispi tarla mikorizal bağımlılığı" olarak tanımlamış ve bunun (mikorizalı kuru ağırlık – mikorizasız kuru ağırlık) / mikorizasız kuru ağırlık x 100 formülü ile hesaplanabileceğini ifade etmişlerdir. Daha sonraları Bagyaraj ve ark.,(1988), yerli VAM'ın bulunduğu steril olmayan topraklardaki "mikorizal inokulasyonun etkisini", mikorizalı ve mikorizasız bitkiler arasındaki kuru ağırlık farkının mikorizalı kuru ağırlığa olan oranın yüzde ifadesi olarak hesaplamışlardır. İlgili tanımlamanın sonucusu, Hetrick ve ark. (1992, 1993, 1995) tarafından Bagyaraj ve ark., (1988)'nin formüle ettiği biçimde tanımlanmıştır.

Bitkiler mikoriza ile infekte edildiği zaman, ortak yaşamdan yararlanacak bitkilerin mikorizaya bağımlılığı veya derecesi; kök ağırlığı (Azcon ve Ocampo, 1981), köklerin fosfor konsantrasyonu, şeker içeriği (Ratnayake ve ark., 1978), toprağın fosfor içeriği (Lackie ve ark., 1988), kolonileşme zamanı, bitki tür ve çeşitleri (Azcon ve Ocampo, 1981; Krishna ve ark., 1985; Hetrick ve ark. (1993 ve 1995)) ile ilişkilidir. Bir tür içerisindeki farklı genotipler mikoriza ile inoküle edildiği zaman; % kök kolonileşmesi, üretilen spor sayısı, köklerdeki alkali ve asit fosfat aktivitesi bakımından farklılıklar

göstermektedirler (Krishna ve ark., 1985; Lackie ve ark., 1988; Duc ve ark., 1989; Mercy ve ark., 1990; Kesava Rao ve ark., 1990).

Bitki familyalarından Cruciferae (Turpgiller), Cyperaceae (Suudotugiller), Chenopodiaceae (Ispanakgiller) ve Amaranthaceae (Tilkikuyruğugiller)'a ait (Zeybek ve Zeybek, 1994) birçok bitki türleri dışındaki çoğu bitkilerin VAM ile ortak yaşam oluşturdukları bildirilmiştir (Newman ve Reddell, 1987).

Bitki türlerinin mikorizaya bağımlılık bakımından farklılıklar gösterdiği rapor edilmiştir (Clark, 1983; Estaun ve ark., 1987; Manjunath ve Habte, 1991). Örneğin, buğday (Stoppler ve ark., 1990), mısır (Toth ve ark., 1980), akdarı (Krishna ve ark., 1985), yer fıstığı (Daft, 1991), börülce (Mercy ve ark., 1990), nohut (Daft, 1991), yonca (Lackie ve ark., 1988), ayırık (Jun ve Allen, 1991), turuncgiller (Menge ve Kirby, 1982), üzüm (Mossea, 1981), şeftali (Gilmore, 1971), elma (Runjin, 1989), domates ve patlıcan'ın (Karagiannidis ve ark., 2001) mikorizaya yüksek düzeyde bağımlılık göstermesine karşın, kanola (Glenn ve ark., 1988), şeker pancarı (Ocampo ve ark., 1980) ve yulaf (Bryla ve Koide, 1990) çok az veya hiç bağımlılık göstermemişlerdir.

Yapılan araştırmaların sonucunda, bitkilerin mikorizaya bağımlılığının, bitki genetiğinden kaynaklandığı görüşüne varılmıştır (Kapulnik ve Kushnir, 1991). Rizosfer bölgesinde oluşan mikoriza fonksiyonunun birbirinden bağımsız iki farklı gen tarafından kontrol edildiği belirlenmiştir (Duc ve ark., 1989). Bu genlerden bir tanesi mikoriza oluşumunu kontrol etmekte, diğeri ise mikorizadan yararlanmanın etkinliğini belirlemektedir.

Bitkinin büyümesi için hava, su, sıcaklık gibi birtakım faktörler vardır. Bunlar içerisinde su en önemlisidir. Çünkü su bitkinin gelişimini önemli ölçüde etkilemektedir.

Yaşam, canlı organizmaların çok büyük bir bölümünü oluşturan su ve özellikle suyun sıvı fazıyla yakından ilgilidir. Su, canlı bitki bünyesinin vazgeçilmez maddesidir. Bitki bünyesinde suyun en fazla olduğu organ yapraklardır. Bu oran bitkiden bitkiye değişebilmektedir. Bitkide yapraklardan sonra suyun en fazla bulunduğu organlar;

yumru, kök ve meyvedir. Olgun tanelerde ise su oranı mısırdaki olduğu gibi %15'e kadar düşebilir.

Su, bitki protoplazmasının oluşumu için gereklidir. Taze bir bitki örneğinin yaklaşık %80-95'ni, büyümekte olan dokuların ise %90'nını oluşturan su oranı, bazı bitkilerde %98'e ulaşırken, yaşlılık döneminde %5'in altına düşmektedir.

Yerkabuğunda ortalama 3 km derinliğe kadar ve bazen de 8 km' ye kadar indiği söylenen su, bitkiler için gerekli besin maddelerinin, kökler tarafından alınabilecek duruma getirilmesini sağlar. Bunların yapraklara götürülmesi için bir taşıt aracı görevi yapar. Böylece organik maddelere bağlı besin maddelerinin bitkiler tarafından alınmasını sağlar.

Sıvı durumdaki suyun oldukça yüksek gerilim kuvvetine sahip olması nedeniyle kohezyon ve adezyon kuvvetleri oldukça yüksektir. Bu iki özelliği sayesinde suyun, toprakta ve hücre çeperindeki hareketi çok kolaylaşır (Çepel, 1995; Aktura, 1990).

Kovancı' ya (1985) göre bitkilerin su alımını çeşitli çevresel etmenler etkiler. Bu etmenler;

- Bitkiler topraktaki suyun tümünden yararlanamazlar. En fazla tarla kapasitesinde ve ona yakın düzeylerde su alırlar.
- Toprak çözeltisinde tuz konsantrasyonunun artması ile osmotik basınç artar. Bitki hücre özsuosu osmotik basıncı toprak çözeltisinin osmotik basıncından büyük olduğu sürece suyun, bitkiler tarafından absorbe edilmesi yerine su, bitkinin dışına çıkar.
- Toprak sıcaklığının azalmasıyla da bitkilerde su absorpsiyonu azalır. Toprak sıcaklığı 25°C'den -10°C'ye düşüncü sıcak iklim bitkisi olan karpuz ve pamuğun su absorpsiyonu %20 azalmış; serin iklim bitkisi olan lahananın su absorpsiyonu %75 artmıştır. Sıcaklık sınırını aşan (30-35° C) topraklarda da su alımı azalmaktadır.

- Toprakta O₂ azlığı ve CO₂'nin fazlalığı ile kökte hücre protoplazmasının geçirgenliği azalır. Buna bağlı olarak da bitkinin su absorpsiyonu geriler. Topraktan suyu alan kökler bol plazmalı, ince çeperli ve iri nukleuslu küçük emici tüylerle kaplanmış olup oldukça geniş bir yüzeyle toprak tanecikleriyle teması sağlarlar. Bu suretle toprak taneciklerinin aralarında ve toprağın derinliklerinde bulunan en küçük su damlacığından bile yararlanmaya çalışırlar.

Bitki kuru toprakta büyümediği gibi su ile tamamen doymuş toprakta da iyi gelişemez. Bu kural, özellikle kısmen kurak, kısmen de nemli bölgelerde yetişebilen mezofit bitkiler için geçerlidir. Bunun nedeni de, bitki büyümesi için topraktaki hava ve su arasında belirli bir denge olması zorunluluğunun bulunmasıdır. Öteki ekolojik etkenlerin optimum olmaları koşulu ile, toprakta bitki için oksijen miktarı yeterli olduğu sürece, bitki gelişimi topraktaki su miktarı ile doğru orantılıdır (Çepel, 1995).

Toprakta su miktarının düşük; buna karşı transpirasyonun yüksek olması durumunda meydana gelen ve bitkinin olağan yaşamsal fonksiyonlarını olumsuz yönde etkileyen durum kuraklık stresi olarak tanımlanır (Jensen ve ark., 2000; Patakas ve ark., 2002).

Kuraklık, bitkilerde; mineral elementler, serbest radikaller, iyonlar, hormonlar, lipidler, karbohidratlar, nükleik asitler gibi birçok fizyolojik ve biyokimyasal olayı ve hemen hemen tüm bitki fonksiyonlarını etkileyen kompleks bir yapıdır (Hong Bo ve ark, 2005).

Su stresine dayanıklılık, bitki tür ve çeşitleri arasında farklılık göstermesine rağmen, genellikle metabolik yolların değişerek dayanıklılık sınırını belirlediği görülür (Levitt, 1980; Mukherjee ve ark., 1980). Pek çok araştırmacı, organizmaların organik ve inorganik iyonlarının içsel değişimlerini ayarlayarak çevrelerindeki osmotik basınca uyum gösterdiklerini belirtmişlerdir (Barlow ve ark., 1986; Dunlop ve ark., 1985). Nitekim toprağın su tutma kapasitesi engellenince, yaprakların solmasından önce ABA miktarında bir artış olduğu gözlenmiştir (Most, 1971; Mizrahi ve ark., 1971).

Dışarıdan ABA uygulamaları ile kuraklığa dayanıklılığın teşvik edildiği ve ortamsal kuraklığın olduğu durumlarda bitkinin canlı kalmasını sağladığı bildirilmiştir (Davies ve ark., 1980).

Su eksikliğinin bitki çimlenmesi, büyümesi ve gelişmesinde büyük bir negatif etkisi vardır. Bitkide filizlenme, fide oluşumu, çiçeklenme gibi belli büyüme aşamaları su eksikliğinin meydana getirebileceği zararların en yoğun şekilde görüldüğü aşamalardır. Bu dönemlerde meydana gelecek olan eksiklik ürün gelişimini kesinlikle olumsuz yönde etkilemektedir. Doğal bir tehlike olan susuzluğun bitkideki etkisi yavaş yavaş ilerleyip uzun süre devam edebilir (ztrk, 1999).

Su eksikliği sonucu oluşan su stresi, özellikle hücre büyümesini engellemektedir (Viets, 1972). Yeşil bitkilerde mevcut toplam suyun, yalnız %0,01-0,06'sını matrikse bağlı sudur. Suyun büyük bir kısmı, hücre duvarlarında bulunur. Su eksikliği başlangıcında bitki, özellikle vakuollerden gelen suyu kaybeder. Bitki içinde bulunan toplam suyun kk miktardaki kaybıyla bile, bitkisel dokularda 10 barlık potansiyel düşüşüne neden olur. Çünkü vakuol suyundaki çok az bir kayıp hücre içinde hidrostatik basıncın önemli lde düşmesi sonucunu doğurur. Eğer, hidrostatik basınc belirlili bir eşik değerinin altına düşerse, hücre uzaması ve bu suretle bitkide büyüme engellenmiş olur (Aktura, 1990). Aydemir ve İnce (1988), ve Barlow (1980)'a göre su stresine en duyarlı gelişim sürecinin, hücre büyümesi olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca aynı araştırmacılar hücre büyümesine su stresinin birincil etkisinin fiziksel olup hücre içinde turgor basıncı düşünce, basınc yetersizliğinden dolayı büyümenin gerilediğini ve azaldığını ifade etmişlerdir.

Hücre büyümesi ve bölünmesi için hücre hidrasyonu veya hücre turgoru yüksek olmalıdır. Bitkideki su kaybında veya turgor basıncının azalmasında özellikle vejetatif gelişim etkilenmektedir. Sonuçta bitkide stomalar kapanmakta ve fotosentetik aktivite azalmaktadır. Bu durum uzun süre birkaç kez tekrarlanırsa bitki zarar görür ve bitkisel üretim düşer. Ayrıca su gerilimi stoma açılmasını ve fotosentezi önler ancak düşük düzeydeki su gerilimi, stoma kapanmasında çok az etkilidir (Patakas ve ark., 2002; Boyer 1983; Eanstin ve ark., 1983).

Su eksikliği dokunun kimyasal ve fiziksel yapısını değerıiren bir etmendir (Heuer ve Nadler, 1998). Bitki dokularından su kaybı, hücre içinde hidrostatik basıncın azalması, makromoleküler ve düşük molekül ağırlıklı çözünmüş maddelerin konsantrasyonunda

artma, hücre zarının geometrisinin değişmesi ve bitki suyunun kimyasal potansiyel aktivitesinin düşmesi gibi etkilere neden olabilmektedir (Aydemir ve İnce 1988; Cutler ve Rains 1977).

Bitki büyümelerinde çok önemli sınırlayıcı faktör olan su ve eksikliğinden dolayı oluşan su stresi altında biyolojik kütle üretimi, yaprakların toplam sayısı, filiz yüksekliği ve toplam yaprak alanları önemli şekilde azaltmaktadır. Kök kütlesi / yaprak alan kütlesi, kök / sürgün oranı ile kök kuru madde miktarı ise önemli şekilde artmaktadır (Yin ve ark., 2004).

Toprak çözeltilisinden besin alımı, bitki kökü ve toprak su durumu ile yakından ilgilidir. Su stresi esnasında kök hareketi ve kök geçirgenliği değişebilir. Su stresine maruz kalmış bitkilerde genellikle bitki kökünün suyu emme potansiyel kapasitesi azalır (Pessarakli, 1999). Yarı kurak koşullarda veya kurak mevsimde, bitkiler toprağın derinliklerindeki suyu alabilmek veya çok geniş toprak kütleindeki sudan yararlanmak için hem derine, hem de yanlara doğru çok uzun kökler geliştirirler. Sulanmayan bitkilerin kökleri toprakta düzenli olarak sulanan bitkilerin köklerinden çok daha derinlere gitmektedir. Bu durum su stresi altında köklerin uzunluklarının arttığının göstergesidir. Bunun yanı sıra toprakta az su bulunan durumlarda bitkinin gövde/kök oranı da düşük olmaktadır. Bu durum kurak bölgelerde bitkinin toprak üstü kısımlarına ait biyolojik kütlelerinin düşük, kök gelişiminin ise derindeki suya erişmek için yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Bunun aksine optimum nem koşullarında gövde/kök oranı ise yüksek olur (Güven ve ark., 1996).

Yapılan bir çalışmada gövde gelişimini tamamıyla yavaşlatan düşük su potansiyelinde mısırın ana kökünün yavaşça gelişimine devam ettiği gözlemlenmiştir. Domates fidanlarının kök gelişiminde de benzer bir durum gözlenmiştir. Bununla birlikte her iki durumda da kökler düşük hacim artış oranına sahiptirler ve çok zayıftırlar. Bu ise düşük su potansiyellerinde hücre duvarındaki gevşeme artışının ana kökün uzamasını koruduğunu göstermektedir.

Bitkilerde uygulanan su eksikliği farklı fizyolojik sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Örneğin, yaprak su potansiyeli artınca yaprak büyümesi, fotosentez ve solunumdan

önce yavaşlamış ve her bir yaprak alanındaki kuru madde yığılımı daha yüksek oranlara ulaşmıştır. Azalan yaprak alanının sebebinin ise kökteki hücre oluşumunda meydana gelen azalmanın bir sonucu olabileceği düşünülmektedir.

Tanguilig ve ark. (1987), pirinç, mısır ve soyada yaptıkları çalışmalarda yaprak uzaması, yaprak su potansiyeli ve terlemenin su stresinde her bitki için belirli bir miktarda azaldığını belirtmişlerdir. Ayrıca su stresi altındaki bitkilerin turgoritelerini korumak için terleme oranlarını azalttıklarını açıklamışlardır.

Aydemir ile İnce (1988), susuzluğun buğday yapraklarında büyüme hızını düşürdüğünü ve yaprak yüzeyini küçülttüğünü söylemişlerdir.

Su stresi bitki yaprak saplarında da indirgenmeye yol açmaktadır. Gelişme süreci içerisinde ki, farklı şeker kamışları ile yapılan bir deneyde gittikçe artan su stresi ile bitki sapları uzama oranlarının azaldığı görülmüştür (Wiedenfled, 2000). Şeker kamışı ile yapılan başka bir çalışmada topraktaki su eksikliği sonucunda ilk olarak yaprak ve sap kısmında, sonrada biyolojik kütle yığılımında azalma olduğu görülmüştür.

Yapraktaki su eksikliğinin biyolojik kütle ve kuru ağırlık miktarlarını da olumsuz yönde etkilediği bilinmektedir (Iannucci ve ark. 2002).

Argyranthemum coronopifolium bitkileriyle yapılan bir çalışmada su stresi sonucunda yaprak biyolojik kütlelerinin indirgenmiş olduğu ve sonuçta bu yapraklarda beklenen yaşlanma ve ölümün meydana geldiği görülmüştür. Deneyde stresli bitkilerin saplarının kuru ağırlığının önemli şekilde etkilenmiş olduğu, kontrol bitkileri ile stresli bitkilerde yaprak su potansiyelleri ve yaprak osmotik potansiyelleri arasında farklılıklar meydana geldiği görülmüştür. Ayrıca susuzluk ile bitkilerin stomalarının iletkenliğinde ve fotosentez oranında azalma olduğu gözlemlenmiştir (Herralde ve ark., 1998).

Yaşamı boyunca dolaylı veya dolaysız olarak su kaynağından etkilenen bitkilerin su eksikliğinde kuru madde miktarı da azalmaktadır (Akıncı, 1997). Denmead ve Shaw (1960), su kaybı ile mısırdaki bitki gelişimi ile tane ve kuru madde veriminin her gelişme döneminde azalmış olduğunu söylemişlerdir. Ayrıca kaybın telafi edilmesi ile

gelişmenin normale hemen dönmediği fakat birkaç gün sonra tam olarak eskisine döndüğünü belirtmişlerdir.

Mısır ile ilgili yapılan çalışmalarda püsküllenme ve vejetatif evre boyunca meydana gelen kısa süreli su eksikliği süresince kuru madde ağırlığının %28-32 oranında kaybedildiği gözlemlenip uzun süreli su stresi sonucunda ise %66-93 oranında ürün tanelerinin kaybolduğu görülmektedir (Çakır, 2004).

Su stresi aynı zamanda bitkisel üretimi de sınırlayan en önemli etkenlerden birisidir. Su stresinin gelişen bitkilerin ürün miktarlarına ve tohum verimliliğine olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir.

Aiyelaagbe ve ark. (1986), su stresinin vejetatif fazdan itibaren uygulanması ile çiçek dökümü nedeni ile meyve oluşumunun önlendiğini belirtmişlerdir. Ayrıca vejetatif gelişmenin ortası ile çiçeklenme ve meyve oluşum dönemlerinde bitkinin neme çok hassas olduğunu bildirmişlerdir.

Kadhem ve ark. (1985), çiçeklenme döneminde sulamanın az bir etkisinin olduğunu, tohum oluşumu döneminde ise düşen yağmur miktarına bağlı olarak verimin arttığını belirtmişlerdir.

Rodiyati ve ark., (2004) *Cyperus brevifolius* (Rottb.) Hasskl. ve *Cyperus kyllingia* (Endl) adlı iki farklı kültürle çalışmışlardır. Deneyde iki türünde büyümesi incelenmiş topraktaki değişen su rejimine, her ikisinin de farklı yanıtlar vermiş oldukları gözlemlenmiştir. Kuraklık koşulları altında her iki türde de çiçeklenme ve fidan ürün miktarında, yaprak genişlemesinde ve büyümesinde açıkça azalma meydana gelmiş olduğunu belirtmişlerdir. Doorenbos ve Kassam (1979), mısır bitkisinin su eksikliğine karşı vejetatif ve olgunlaşma periyodu boyunca aşağı yukarı toleranslı görüldüğünü, çiçeklenme periyodu boyunca ise ürün tanelerinde en büyük noksanlığa neden olduğunu söylemişlerdir.

Şeker kamışı ile yapılan bir deneyde de stres miktarının en yüksek olduğu evrede şeker kamışı ürünlerinde %15 oranında indirgenme meydana geldiği görülmüştür (Wiedenfled, 2000).

Suyun kısıtlı olduğu periyotlarda, vejetatif bitki dokularında oksidatif stresin en yaygın nedeni kloroplastta gerçekleşen ışık-klorofil etkileşimleri diye düşünülmektedir (Farrant, 2000). Su kısıtlı hale gelirken, bitki daha fazla su kaybetmemek ve canlılığını sürdürebilmek için de stomalarını kapatmaktadır. Böylece fotosentezin temel maddelerinden biri olan CO₂'in girişi de engellenmiş olmakta, CO₂ fiksasyonu azalmaktadır.

Stres koşullarında, bitkilerde biyosentetik reaksiyonların gerilemesi ve ATP'ye olan gereksinimin azalması sonucunda mitokondri ve kloroplastlardaki elektron taşıma sisteminde elektron fazlalığı oluşabilmektedir (Eker, 2002). Fotosentez için absorbe edilen ışık enerjisi ve açığa çıkan elektronlar, yeterli CO₂ olmadığından ve bu nedenle CO₂ indirgenmesinde kullanılmadığından, kloroplastlarda biriktirilmekte ve moleküler O₂'nin aktivasyonunda kullanılmaktadır. Bu tür olumsuz koşullarda, fotosentetik kaynaklı elektronlar ve pigmentler tarafından absorbe edilmiş olan enerji, CO₂ yerine moleküler O₂'ye aktarılmakta ve toksik etkileri çok yüksek olan oksijen radikalleri ve türevleri oluşmaktadır (Okuda ve ark., 1991; Asada, 1994; Foyer ve ark., 1994; Cakmak, 1994). Bunlar süperoksit radikal (O₂⁻); hidrojen peroksit (H₂O₂); hidroksil radikal (OH⁻) ve singlet oksijen (¹O₂) olarak adlandırılmaktadır (Cakmak, 1994; Makela ve ark., 1999).

Stres faktörlerinin neden olduğu oksidatif zararlanmanın en etkili olduğu hücre kısımlarından birisi hücre zarlarıdır. Oksidatif zararlanma sonucunda hücre zarlarında lipid peroksidasyonu meydana gelmekte ve zarın geçirgenliği bozularak hücre sıvısının hücre içinde tutulmaması sonucunda bitki ölüme doğru yönelmektedir.

Oksidatif zararlanmaya neden olan kuraklık stresi üzerinde çalışan Dhindsa ve Mathowe (1981); SOD ve katalaz enzimlerinin aktiviteleri ile lipid peroksidasyonu düzeyinin sınırlanması arasında çok iyi bir pozitif etkileşim olduğunu belirlemişlerdir. Eserde, kuraklığa duyarlı *C.filicinum* bitkisinde olduğu gibi kontrol edilemeyen lipid

peroksidasyon düzeyinin, sınırsız bir hücre zarı hasarına, hücre sıvısının kaybına ve sonuçta ölüme neden olduğu açıklanmaktadır.

Kuraklığa bağlı olarak bitkilerin fotosentetik elektron transferi ve klorofil miktarlarında azalmaların olduğu daha önceki yapılan çalışmalarla belirlenmiştir (Zuily ve ark., 1990; Moran ve ark., 1994; Fu ve Huang, 2001; Türkan ve ark., 2005).

Kuraklık şartları altında Ca alınımı azalır. Bitkilerde ki Ca birikimi azalmasında stres şartları altında P ve K iyonlarıyla da rekabete girdikleri içindir ki, iyi sulanmış bir ortamda yetişen mısır bitkilerindeki P, K ve Ca elementlerinin birikimi sırasıyla; %40, %71 ve %91 oranlarında olurken, kurak şartlarda Ca birikimi her ikisinden de az olabilmektedir (Jenne ve ark., 1958).

Bitkilerde kuraklık, Mn, Fe ve Zn iyonlarının alınımını engelleyebilir ve bitkilerde bu iyonların eksikliğinin belirtileri görülmeye başlar (Havlin ve ark., 1999). Kuraklık stresi altında mikro besin elementleri (Mn, Fe ve Zn gibi), bitkilerdeki birikimleri bitkiden bitkiye değişmek üzere farklılıklar göstermektedir. Bazı bitkilerde bu elementler azalırken bazılarında artmaktadır. Hassan ve ark., (1970), arpada yaptıkları çalışmada bu elementlerde artış olduğunu, fakat Verma ve Neue, (1984) pirinçte yaptıkları çalışmada azalma olduğunu görmüşlerdir. Son zamanlarda Hu ve ark., (2000) ile Hu ve Schmidhalter, (2001) yaptıkları çalışmalarda Mn, Fe ve Zn'nin kuraklık şartlarında değişmediğini belirlemişlerdir.

Halep çamı ile yapılan çalışmalar sonucunda kuraklık boyunca stomaların iletkenliğinin arttığı ve net fotosentezin, klorofil a ve klorofil b konsantrasyonlarının ve biyolojik kütlelerinin azaldığı görülmüştür. Ayrıca yapraklar önemli ölçüde etkilenmiş ve C, Mg, Mn konsantrasyonları yükselmiş, P, N ve K konsantrasyonları ise indirgenmiştir (Thiec ve Manninen, 2003).

Sanchez ve ark. (2004), PEG 6000 kullanarak oluşturdukları kuraklık stresinde bezelye epikotillerinin gelişiminde önemli azalmalar olduğunu bildirmişler, gelişim ve osmotik düzenleme ile turgor düzenlemesi arasında bir korelasyon olduğunu ortaya koymuşlardır.

Ashraf ve Iram (2005) tarafından serada yapılan bir kuraklık çalışmasında *Phaseolus vulgaris* ve *Sesbania aculeata* türleri kullanılmıştır. Kuraklık uygulamasında %60 kısıtlı sulama, kontrol bitkilerinde ise %100 tarla kapasitesinde sulama gerçekleştirilmiştir. Stres uygulamasından 45 gün sonra hasat edilen bitkilerde biyomas ölçümleri yapılmış, yapraklarda klorofil içeriği incelenmiştir. Her iki türde de gövde yaş ve kuru ağırlıkları, kök yaş ve kuru ağırlıkları, yaprak alanı ve gövde boyu kuraklık stresi sonucu kontrol bitkilerine oranla azalma göstermiştir. Araştırmacılar yapraklarda klorofil a ve b ile a/b oranlarının stres koşullarında kontrol bitkilerine göre önemli bir fark oluşturmadığını bildirmişlerdir.

Martinez ve ark. (2007), yaptıkları kuraklık çalışmasında altı farklı fasulye çeşidini kullanmışlardır. Kontrol bitkileri 7 gün ara ile sulanırken, stres bitkileri 21 gün ara ile sulanarak kuraklık stresine sokulmuştur. Kuraklık; bitkilerde dane, bitki başına bakla sayısı ve toplam verim bakımından etkilenmesine neden olmuştur. Bitki su potansiyeli kuraklık stresi sonucunda oldukça azalmış, genotipler arasında farklılıklar olsa da ortalama olarak %44 oranında bir azalma kaydedilmiştir.

Brito ve ark. (2003), *Olea europaea maderensis* türünde 0.1 M ve 0.2 M sorbitol kullanarak oluşturdukları kuraklık stresinde, orta şiddette bir kuraklık karşısında bitki bünyesinde K iyon konsantrasyonunun artış gösterdiğini ancak stres derecesinde meydana gelen artış ile birlikte K ve Cu iyon alınımının da engellendiğini bildirmişlerdir.

Jung (2004), dört hafta süresince yetiştirilen *Arabidopsis* bitkilerinin genç ve yaşlı yapraklarında klorofil ve antioksidan enzim aktivitelerinde meydana gelen değişimleri incelemiştir. Çalışmada kontrol bitkileri tam sulama ile sulanırken, stres bitkilerinde sulama tamamen kesilmiştir. Bitkiler strese sokulduktan 7 gün sonra genç ve yaşlı yaprak olarak ayrılmış ve hasat edilmiştir. Klorofil a ve b içeriği genç yapraklarda herhangi bir değişim göstermezken, yaşlı yapraklarda %24 oranında azalmıştır. Çalışma sonucunda kuraklık stresinden yaşlı yaprakların daha fazla etkilendiği bu nedenle stresten korunmak için enzim aktivitelerini çalıştırdığı bildirilmiştir.

Oliveira Neto ve ark. (2009), sorgumda kuraklık stresinin klorofil içeriğini olumsuz etkilediğini, bitkinin vejetatif döneminde kontrol bitkilerine oranla %38 oranında azalma olduğunu, bitkinin yaşlı döneminde bu oranın %62'yi bulduğunu bildirmişlerdir. Araştırmacılar, fotosentetik pigmentlerin kuraklık stresinden olumsuz etkilenmesi sonucu klorofilin tüm bitki aşamasında azaldığını ifade etmişlerdir. Ayrıca çalışma sonucunda karbon bileşiklerinin vejetatif ve ürün aşamasındaki artışı ile osmotik düzenlemenin sağlanmaya çalışıldığı bildirilmiştir.

Stoyanov (2005), farklı fasulye çeşitlerinde kuraklık stresi karşısında osmotik düzenleme açısından ortaya çıkan farklılıkları incelemiştir. Bitkiler 14 gün süresince kuraklık stresinde tutulmuş ve bu süre içerisinde toprak osmotik potansiyeli -0.9 MPa düzeyine ulaşmıştır. Su eksikliği, bütün çeşitlerde osmotik potansiyelin düşmesine neden olmuştur. Çalışma sonucunda, bitkilerin kuraklık stresinde osmotik düzenleme ile hayatta kalmaya çalıştıkları bildirilmiştir.

3. MALZEME VE YÖNTEM

Araştırma 2012-2013 yıllarında İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalı ile Bielefeld Üniversitesi Deneysel & Sistem Ekolojisi Bölümü sera ve laboratuvarlarında ortak çalışma olarak yürütülmüştür.

3.1 MALZEME

Bitki materyali olarak *Plantago lanceolata* L. (Blauetikett-Bornträger GmbH, Offstein, Almanya) kullanılmıştır.

Tohumlar filtre kağıdı bulunan ve daha önce 170°C'de 1 saat boyunca otoklavda steril edilen petri kabında, oda sıcaklığında 13 Kasım 2012 tarihinde çimlendirilmiştir (Şekil 3.1). 1 hafta sonra (20 Kasım 2012 tarihinde) daha önceden steril edilmiş plastik kasaların içinde bulunan toprağa şaşırtılmıştır (Şekil 3.2).

Deneme toprağı Weser River-Almanya bölgesinden toplanmıştır. Fidelerin yetiştirildiği bu toprağın pH'sı 6,7 olarak ölçülmüştür. Toprak, 12 cm taban çapı ve 19 cm yüksekliği olan 3 lt'lik siyah, plastik saksılara 12 Aralık 2012 tarihinde aktarılmıştır.

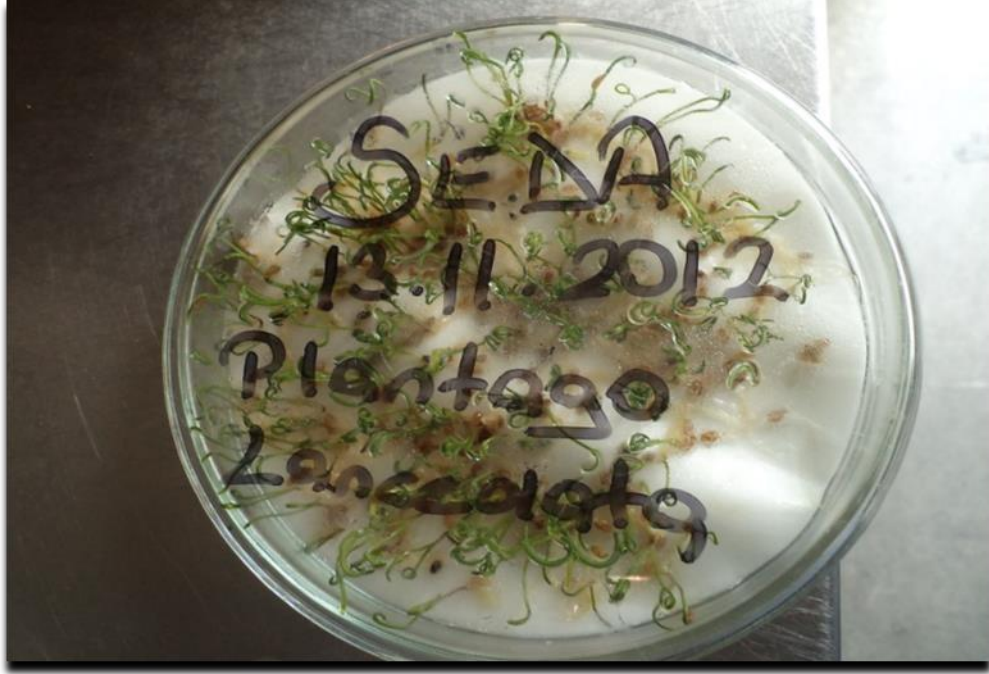
Araştırmamızda AMF çeşidi olarak *Rhizophagus intraradices* (Schüssler/walker) (INOQ GmbH Schnega-Almanya) kullanılmıştır.

Sulama suyundan kaynaklanacak herhangi bir bulaşmayı önlemek için fidelerin sulanmasında deneme boyunca saf su tercih edilmiştir.

Denemenin yapıldığı dönemde, araştırma serasının sıcaklığı 22°C gündüz/ 15°C gece, nem değeri %41 ve ışık miktarı yaklaşık 300 μmol dir.

Denemede besin çözeltisi olarak Hoagland solüsyonu (3 mmol KNO_3 , 1 mmol $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$, 0,5 mmol $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0,5 mmol $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, 1 mmol MgSO_4 , 0,5 mmol KCl , 1,5 mmol NaCl , 0,5 mmol Fe-Sitrat , 0,5 mmol eser elementler (0,0125 μmol

H₃BO₃, 0,001 µmol MnSO₄, 0,001 µmol ZnSO₄, 0,00025 µmol CuSO₄, 0,00025 µmol MoO₃ ; litre başına, pH:6,5) (Hoagland & Arnon, 1950) kullanılmıştır.



Şekil 3.1: Petri kabında çimlendirilen *Plantago lanceolata* L. tohumlarından görünüm

3.2 YÖNTEM

3.2.1 DENEME TOPRAĞININ STERİLİZASYONU

Doğal yollarla gerçekleşecek mikorizal bulaşma ve diğer toprak kaynaklı patojen etkilerinin ortadan kaldırılması için deneme toprağı elekten geçirildikten sonra 120°C'de 1,5 saat süreyle otoklav edilerek sterilizasyon yapılmıştır.

Ayrıca NM bitkilerine, AM bitkilerine benzer bir toprak bakterileri topluluğu oluşturmak için mikrobiyal yıkama yapılmıştır (Koide ve Li, 1989).

Mikrobiyal Yıkama: 300 gr *Rhizophagus intraradices*, 400 ml distile su ile 10 dakika boyunca karıştırıcıda karıştırılmıştır. Daha sonra 20 µm çapında elek kullanılarak 3 kere filtre edilmiştir.

3.2.2 DENEMENİN KURULMASI

Deneme rastgele parseller deneme desenine göre planlanmış olup, iki faktör üzerinden yürütülmüştür. Faktörlerden biri iki farklı mikoriza uygulaması (mikoriza bulunduran (AM) ve mikoriza bulundurmeyan (NM)) ve diğeri ise üç farklı seviyedeki kuraklık (düşük, orta ve yüksek) uygulamasıdır. Beş tekrarlı olarak yürütülen araştırma 30 adet saksıdan oluşmuştur.

Tohumlar petri kaplarında 13 Kasım 2012 tarihinde çimlendirilmiştir. Fideler 20 Kasım 2012 tarihinde kasalara ekilmiş, 22 gün sonra (12 Aralık 2012 tarihinde) plastik saksılara şaşırtılmıştır.

Saksılardaki deneme toprağının sterilizasyonu (120°C 1,5 saat) yapıp ekim için uygun nem seviyesine getirildikten sonra fideler saksının ortasına, toprak yüzeyinden 7 cm derinliğe ekilmiştir.

Deneme boyunca bitkilere her hafta 100 ml Hoagland solüsyonu (Hoagland & Arnon, 1950) uygulanmıştır. Denemede kullanılan Hoagland solüsyonu'nun (Hoagland & Arnon, 1950) seyreltme miktarları bitkinin AM veya NM olmasına ve bitkinin durumuna göre değişiklik göstermiştir.

Bitki büyümesindeki farklılıklar ve evapotranspirasyon nedeniyle her saksının ağırlığı her gün ölçülmüş ve her saksının su ihtiyacı hesaplanmıştır. Kuraklık stresinin başlangıcına kadar saksılar hesaplanan miktarlara göre her gün sulanmıştır.

Saksıların sera şartlarından eşit derecede yararlanması için haftada bir kez saksıların yerleri değiştirilmiştir (Rotasyon) (Şekil 3.3).



Şekil 3.2: Plastik kasalara ekilmiş mikorizalı ve mikorizasız fidelerden görünüm



Şekil 3.3: Saksıların yer değişimi uygulamasından görünüm (30 günlük bitki)

3.2.3 *Rhizophagus intraradices* SPORLARININ ÖZELLİKLERİ VE UYGULANMASI

Sporlar küre şeklinde olup rengi yeşilden açık kahverengi, griye göre değişir. Genç sporlar ise genellikle renksizdir. Fungusun klamidosporları kök içinde tek tek veya salkım halinde, nadir olarak kök dışında oluşurlar. Klamidosporlar 40.5-90.5 µm çapında, spor çeperleri 3-15 µm kalınlığındadır (Schenck ve Smith 1982).

Rhizophagus intraradices ırkı, INOQ GmbH (Schnege-Almanya) şirketinden temin edilmiştir.

Denememizde ortalama 200 spor/cm³ spor bulunduran mikorizalı karışımdan her kasaya 5 gr olarak fide dikiminden önce uygulanmıştır.

Bütün uygulamalar sonrasında hazırlık çalışması tamamlanan saksılar, denemenin yürütüleceği seraya yerleştirilmiştir. (Şekil 3.4)



Şekil 3.4: Denemenin yürütüldüğü serada bitkilerin genel görünümü (25 günlük bitki)

3.2.4 KURAKLIK STRESİNİN UYGULANMASI

Fideler saksılara şaşırtıldıktan 2 ay sonra (11 Şubat 2013 tarihinde) düşük, orta ve yüksek seviyede kuraklık uygulaması yapılmıştır. Mikorizal infeksiyon genellikle büyümeyi arttırarak, mikoriza içeren bitkilerin mikorizasız bitkilere oranla daha fazla suya ihtiyaç duymasına sebep olur. Bu nedenle kuraklık stresi toleransı üzerinde AM'nin olumlu etkisi yüksek su talebinden kaynaklanan olumsuz etkileri telafi edebilir. Bu negatif geri beslemeyi azaltmak için kuraklık stresi uygulamasına AM ve NM bitkileri aynı boya ulaştıklarında başlanmıştır. (Şekil 3.6)



Şekil 3.5: Kuraklık stresine başlamadan önce deneme saksılarından görünüm (60 günlük bitki)





Şekil 3.6: Kuraklık stresinden önce aynı boya ulaşan mikorizalı (üst) ve mikorizasız(alt) bitkilerden görünüm (60 günlük bitki)

3.2.5 DENEME SONUNDA YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER

Deneyimiz tohum ekim tarihinden 15 hafta sonra (07 Mart 2013 tarihinde) sonlandırılmıştır. Deneme sonunda, fideler, yetiştirme ortamlarından kökleri zarar görmeden sökülmüş çeşme ve saf suda yıkanmış, suları süzölmüş; sayım ve gözlemlerin yapılabilmesi için kök ve yapraklarına ayrılmıştır. Yapılan ölçüm ve analizler aşağıda ayrı ayrı açıklanmıştır.

3.2.5.1 KÖK YAŞ AĞIRLIĞI (gr)

Deneme saksılarındaki bitki köklerinin yaş ağırlıkları 0,1 gr hassasiyetli hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

3.2.5.2 YAPRAK YAŞ AĞIRLIĞI (gr)

Deneme saksılarındaki bitki yapraklarının yaş ağırlıkları 0,1 gr hassasiyetli hassas terazide tartılarak belirlenmiştir.

3.2.5.3 KÖK KURU AĞIRLIĞI (gr)

Yaş ağırlıkları saptanan bitki köklerinin kese kağıtlarına yerleştirilerek, 70°C'de 3 gün bekletilmesi sonucunda hassas terazide ölçülen kuru ağırlıklarıdır.

3.2.5.4 YAPRAK KURU AĞIRLIĞI (gr)

Deneme saksılarındaki bitki yapraklarının kese kağıtlarına yerleştirilerek, 70°C'de 3 gün bekletilmesi sonucunda hassas terazide ölçülen kuru ağırlıklarıdır.

3.2.5.5 TOPLAM KURU AĞIRLIK (gr)

Elde edilen kök kuru ağırlık, yaprak kuru ağırlık ve yaprak vejetatif kısım kuru ağırlık değerlerinin toplamı bitkinin toplam kuru ağırlığıdır.

3.2.5.6 KÖK / SÜRGÜN ORANI

Elde edilen kök kuru ağırlık değerlerinin yaprak kuru ağırlık ve yaprak vejetatif kısım kuru ağırlık değerlerinin toplamına oranı kök/ sürgün oranıdır.

3.2.5.7 YAPRAK SAYISI

Her bir saksıdaki bitkinin yaprak sayıları sayılarak adet olarak bulunmuştur.

3.2.5.8 YAPRAK BOYU (cm)

Her bir saksıdaki bitkinin en uzun yaprağı cetvel yardımı ile ölçülerek yaprak boyu cm olarak bulunmuştur.

3.2.5.9 YAPRAK ALANI (cm²)

Her bir saksıdaki bitkinin tüm yapraklarının toplam alanı tarayıcı yardımı ile ölçülerek yaprak alanı cm² olarak bulunmuştur.

3.2.5.10 TOPRAK BAĞIL SU İÇERİĞİ (%)

Deneme saksılarının üst, orta ve alt bölümlerinden toprak alınarak yaş ağırlıkları 0,1 gr hassasiyetli hassas terazide tartılarak belirlenmiştir. Yaş ağırlıkları belirlenen topraklar kese kağıtlarına yerleştirilerek, 70°C'de 3 gün bekletildikten sonra hassas terazide kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen değerler kullanılarak aşağıdaki formüle göre su içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{SU İÇERİĞİ (\%)} = (\text{Yaş Ağırlık} - \text{Kuru Ağırlık}) / \text{Yaş Ağırlık}$$

3.2.5.11 KÖKLERDE FUNGAL KOLONİZASYON YÜZDESİ

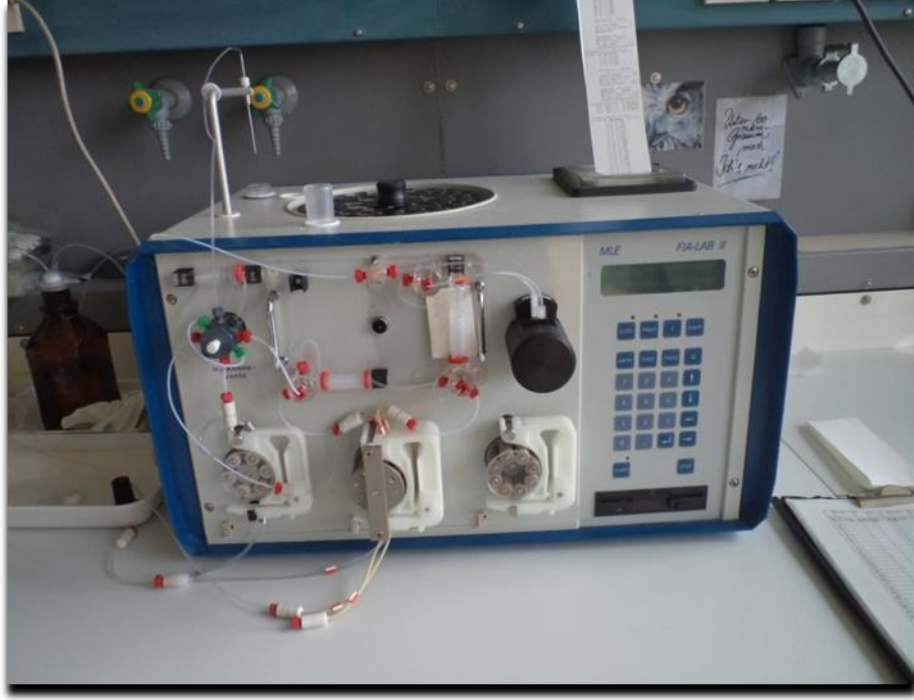
Bitkiler hasat edilerek kökleri topraktan çıkarılmış ve köklerin canlılığını koruması amacıyla bir kez çeşme suyunda, iki kez de saf su ile yıkanmıştır. Yıkanan bitki köklerinden % kök infeksiyonu hesaplamak için bir miktar alt örneği ayrılmıştır. Ayrılan bu örnekler, %10'luk KOH ile yıkanmış ve %10'luk mürekkep-asidik asit solüsyonu ile 90°C'de işlem görerek boyanmıştır (Phillips and Hayman 1970). Boyanan preparatlardan mikoriza yapıları olan hif, arbuskül ve vesikül miktarları sayımı yapılmıştır. Köklerde mikorizal infeksiyon, arbuskül ve vesikül oranlarının belirlenmesi için McGonigle ve ark.(1990)'nın metodu kullanılmıştır.

3.2.5.12 TOPRAKTA BAZI ELEMENT İÇERİKLERİNİN SAPTANMASI

Hasat sırasında her bir saksıdan bir miktar toprak alınmıştır. Alınan bu topraklar kese kağıtlarına yerleştirilerek 40°C'de 3 gün bekletilmiştir.

Bekletilen toprak örneklerinden fosfat tayini için 10 gr alınarak üzerine 100 ml CAL-solüsyonu (Kalsiyum asetat, Kalsiyum laktat, Asetik asit) eklenmiştir. Hazırlanan bu karışım öncelikle 90 dakika karıştırıcıda karıştırılmış daha sonra bir miktar santrifüj tüpüne alınarak 3000 rpm'de 3 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra supernatant kısım Luer Spritze'den geçirilmiştir. Elde edilen serum FIA-LAB II (MLE GmbH-Dresden-Almanya) cihazında okutulmuştur (Şekil 3.7).

Bekletilen toprak örneklerinden nitrat tayini için 15 gr alınarak üzerine 0,01M 30 ml CaCl₂ eklenmiştir. Hazırlanan bu karışım öncelikle 60 dakika karıştırıcıda karıştırılmış daha sonra bir miktar santrifüj tüpüne alınarak 3000 rpm'de 3 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj işleminden sonra supernatant kısım Luer Spritze'den geçirilmiştir. Elde edilen serum FIA-LAB II (MLE GmbH, Dresden-Almanya) cihazında okutulmuştur (Şekil 3.7).



Şekil 3.7: FIA-LAB II cihazından görünüm

3.2.6 DENEME SÜRESİNCE YAPILAN ÖLÇÜM VE ANALİZLER

3.2.6.1 SERA SICAKLIK VE NEM DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ

Deneme süresince bitkilerin yetiştirildiği seranın sıcaklık ($^{\circ}\text{C}$) ve nem değerleri (%) HOBO cihazı (Synotech GmbH, Hückelhoven-Almanya) ile ölçülmüştür. (Şekil 3.8) Sera sıcaklık ve nem değerleri aşağıda Tablo 3.1’de verilmiştir.



Şekil 3.8: HOBO cihazından görünüm

Tablo 3.1: Sera sıcaklık ve nem değerleri

İKLİM VERİLERİ	SICAKLIK (°C)	NEM (%)
MAKSİMUM SICAKLIK VE NEM DEĞERLERİ	40	83
MİNİMUM SICAKLIK VE NEM DEĞERLERİ	15	16
ORTALAMA SICAKLIK VE NEM DEĞERLERİ	22	41

3.2.6.2 TOPRAK NEM DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ ($m^2.m^{-2}$)

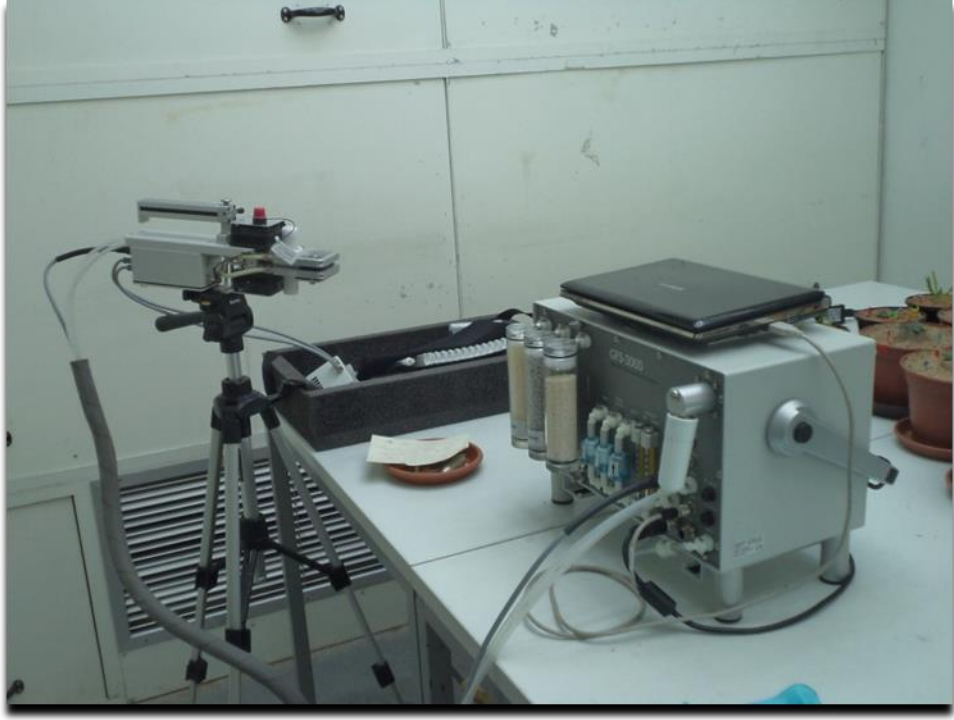
Deneme süresince bitkilerin yetiştirildiği toprakların nem değerleri HH₂ Moisture meter cihazı (Delta-T Devices, Cambridge-İngiltere) ile $m^2.m^{-2}$ cinsinden ölçülmüştür. (Şekil 3.9)



Şekil 3.9: HH₂ Moisture meter cihazından görünüm

3.2.6.3 YAPRAK SU POTANSİYELİ (Ψ) DEĞERLERİNİN ÖLÇÜMÜ (MPa)

Deneme süresince belli aralıklarla alınan yaprakların su potansiyeli değerleri Scholander Pressure Chamber (PMS Instrument Company, Albany – ABD) cihazı ile MPa cinsinden ölçülmüştür (Şekil 3.10).



Şekil 3.11: GFS-3000 cihazından görünüm

3.2.7 İSTATİSTİKSEL ANALİZLER

Araştırma sonunda elde edilen bulguların istatistiksel değerlendirilmesinde Statistica 6.0 (StatSoft Inc, Tulsa, ABD) paket programı kullanılmıştır. Tüm verilerin varyans analizi Fisher LSD testi kullanılarak $p < 0.05$ önemlilik derecesine göre karşılaştırılmıştır. Verilerin normal dağılımları Kruskal-Wallis tek yönlü varyans analizi kullanılarak test edilmiştir. Mikorizal infeksiyon ve farklı düzeydeki kuraklık etkilerinin istatistiksel analizi iki yönlü ANOVA kullanılarak, mikoriza uygulanan bitkilerde vesikül ve arbuskül yapılarının yüzde miktarları ise tek yönlü ANOVA kullanılarak analiz edilmiştir.

4. BULGULAR

Sera koşullarında *Plantago lanceolata* L. bitkisine farklı kuraklık düzeyleri ve *Rhizophagus intraradices* uygulanarak yürütölen çalışmamızda, kök kuru ağırlığı (gr), yaprak yaş ağırlığı (gr), yaprak kuru ağırlığı (gr), toplam kuru ağırlık (gr), kök/sürgün oranı, yaprak sayısı, yaprak boyu (cm), yaprak alanı (cm²), toprak bağıl su içeriğı (%), köklerde fungal kolonizasyon yüzdesi (%), köklerde arbuskül ve vesikül miktarları (%), toprakta fosfat ve nitrat miktarı (mg/l), toprak nem değerleri (m².m⁻²), yaprak su potansiyeli (MPa), fotosentez ve transpirasyon hızları saptanmıştır. İstatistiksel analizi yapılan bulgular aşağıda ayrı başlıklar şeklinde sunulmuştur.



şekil 4.1: Mikoriza uygulaması yapılmamış (NM) *Plantago lanceolata* L. bitkilerinden görünüm (30 günlük bitki)



Şekil 4.2 Mikoriza uygulaması yapılmış (AM) *Plantago lanceolata* L. bitkilerinden görünüm (30 günlük bitki)

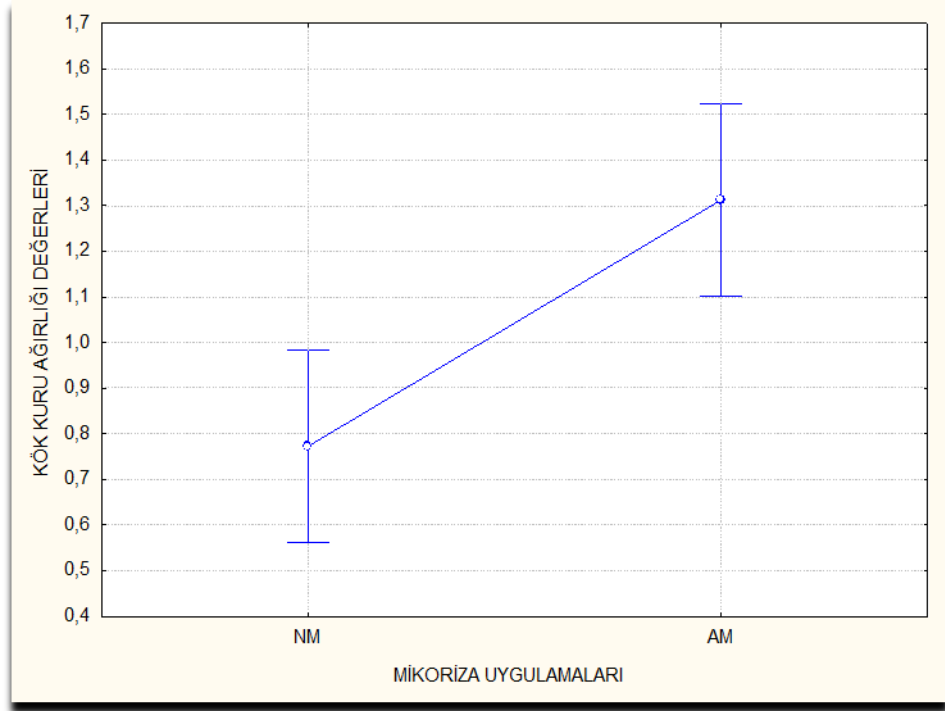
4.1 KÖK KURU AĞIRLIĞI

Kuraklık stresi altında, mikorizalı veya mikorizasız olarak yürütülen çalışmamızda elde edilmiş olan kök kuru ağırlığı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış ve mikoriza uygulaması istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Farklı kuraklık uygulaması ile mikoriza x kuraklık etkileşimi ise istatistiki olarak önemsizdir. Kök kuru ağırlıkları Tablo 4.1’de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.2’de sunulmuştur.

Tablo 4.1: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök kuru ağırlığına (gr) etkisi

İŞLEM	KÖK KURU AĞIRLIĞI
AM	1,31a
NM	0,77b
p	0,00106

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.1: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök kuru ağırlığına (gr) etkisi (NM:mikorizasız; AM:mikorizalı)

Tablo 4.2: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde kök kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	KÖK KURU AĞIRLIK			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	2,18228	2,18228	13,8534 **	0,00106**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,28018	0,14009	0,8893	0,42404
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,00724	0,00362	0,0230	0,97729
HATA	24	3,78063	0,15753	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(SD, 24, 0.05)}=4,26$ **: $F > F_{(SD, 24, 0.01)}=7,82$

Tablo 4.1'e göre, mikorizalı bitkinin kök kuru ağırlığı (1,31 gr), mikorizasız bitkinin kök kuru ağırlığından (0,77gr) daha yüksektir. Bir başka ifade ile, mikorizal uygulamalar kök kuru ağırlığını arttırmıştır.

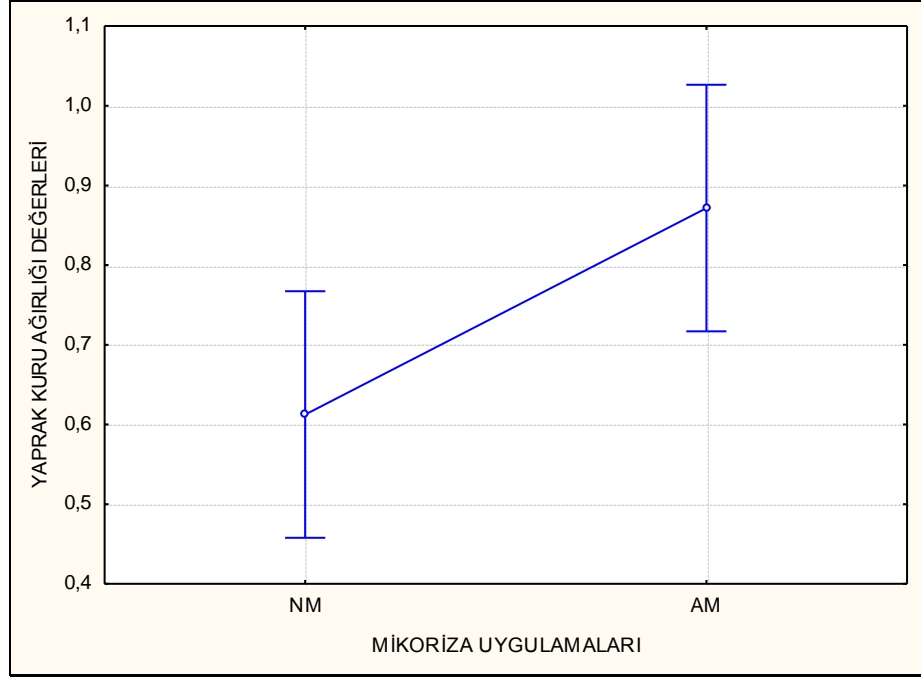
4.2 YAPRAK KURU AĞIRLIĞI

Deneme sonunda elde edilen yaprak kuru ağırlığı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta mikorizal uygulama istatistiki olarak önemli çıkmış, farklı kuraklık düzeyleri uygulaması ve mikoriza x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Tablo 4.3 incelenecek olursa mikorizalı bitkilerde yaprak kuru ağırlığı (0,87 gr), mikorizasız bitkilerin yaprak kuru ağırlığından (0,61 gr) daha fazla çıkmıştır. Başka bir ifade ile mikoriza uygulaması yaprak kuru ağırlığı üzerinde pozitif etkili olmuştur. Yaprak kuru ağırlıkları Tablo 4.3'de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.4'de sunulmuştur.

Tablo 4.3: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak kuru ağırlığına (gr) etkisi

İŞLEM	YAPRAK KURU AĞIRLIĞI
AM	0,87a
NM	0,61b
p	0,022292

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.2: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak kuru ağırlığına (gr) etkisi

Tablo 4.4: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak kuru ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK KURU AĞIRLIK			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	0,50339	0,50339	5,9691*	0,022292*
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,40262	0,20131	2,3871	0,113372
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,02943	0,01471	0,1745	0,840969
HATA	24	2,02400	0,08433	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(SD, 24, 0,05)}=4,26$ **: $F > F_{(SD, 24, 0,01)}=7,82$

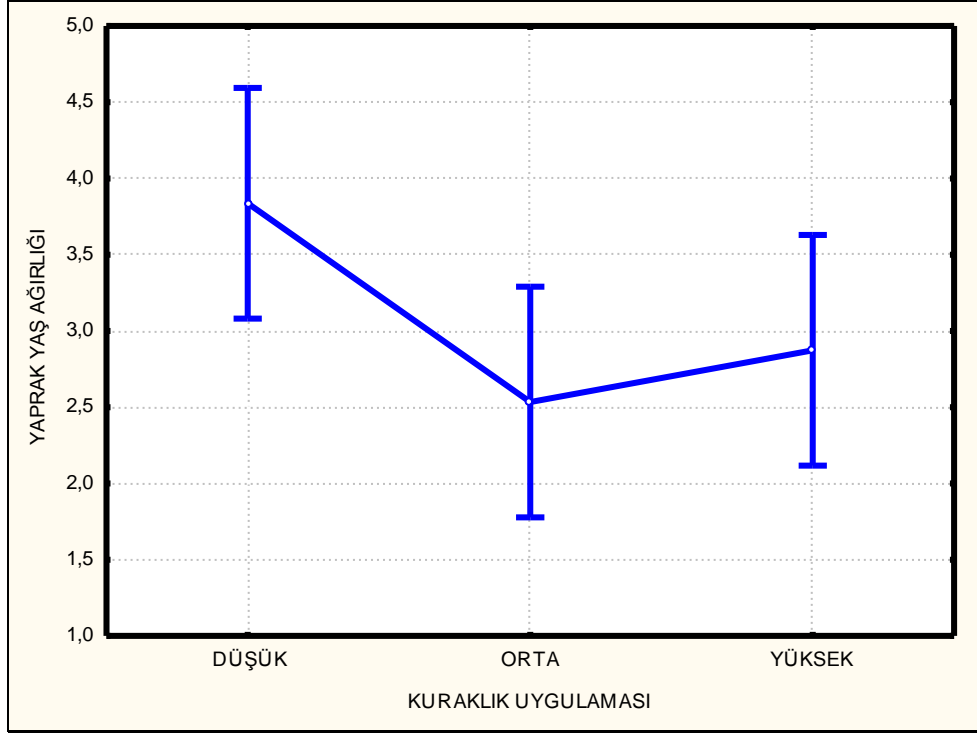
4.3 YAPRAK YAŞ AĞIRLIĞI

Deneyle sonucunda elde edilen yaprak yaş ağırlığı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, farklı düzeylerdeki kuraklık uygulamasının istatistiksel anlamda önemli olduğu belirlenirken, mikorizal uygulama ile mikoriza x kuraklık interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Diğer bir deyişle, kuraklık stresi uygulamalarının yaprak yaş ağırlığı üzerinde etkisi görülürken, mikorizal uygulamaların bir farklılığa neden olmadığı saptanmıştır. Yaprak yaş ağırlıkları Tablo 4.5’de, veriler ile ilgili varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.6’da sunulmuştur.

Tablo 4.5: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının yaprak yaş ağırlığına (gr) etkisi

İŞLEM İŞLEM	DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;3,83)	ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;2,53)	YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;2,87)
DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK	-	0,018939*	0,074972
ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK	0,018939*	-	0,518591
YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK	0,074972	0,518591	-

p<0.05 olduğu durumlarda sonuçlar istatistiki olarak önemlidir.



Şekil 4.3: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının yaprak yaş ağırlığına (gr) etkisi

Tablo 4.6: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak yaş ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK YAŞ AĞIRLIK			
		Kareler	Kareler Toplamı	F değeri Ortalaması	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	0,4368	0,4368	0,3255	0,573600
KURAKLIK UYGULAMASI	2	9,1490	4,5745	3,4092*	0,049752*
MİKORİZA X KURAKLIK	2	2,1825	1,0913	0,8133	0,455254
HATA	24	32,2033	1,3418	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; * : $F > F_{(SD, 24, 0,05)}=3,40$ ** : $F > F_{(SD, 24, 0,01)}=5,61$

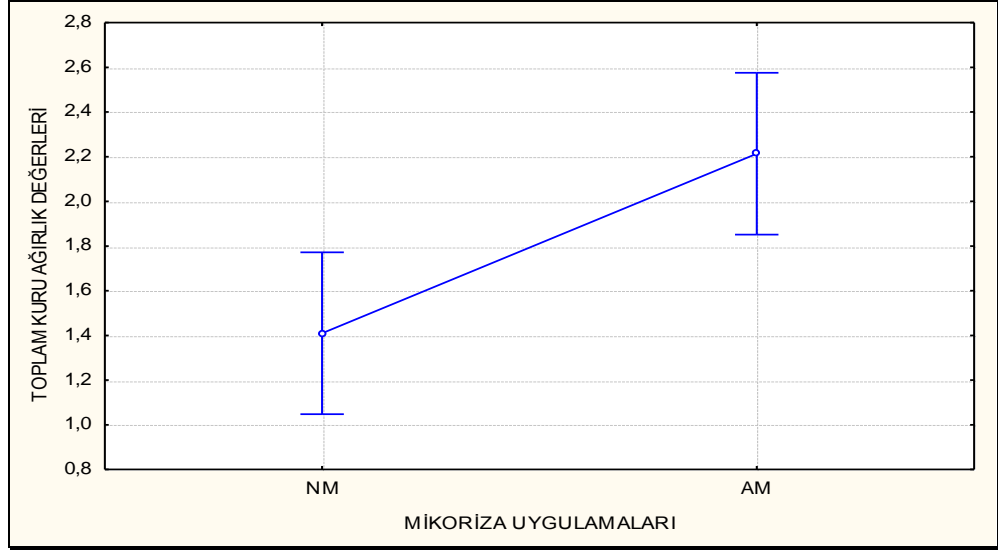
4.4 TOPLAM KURU AĞIRLIK

Kuraklık stresi altında, mikorizalı ve mikorizasız olarak yürütülen çalışma sonrasında elde edilmiş olan toplam kuru ağırlık ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçlarda mikoriza uygulamasının istatistiki olarak önemli olduğu, farklı düzeylerdeki kuraklık uygulaması ile mikoriza x kuraklık interaksiyonunun ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Toplam kuru ağırlık verileri Tablo 4.7’de, verilerle ilgili varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.8’de sunulmuştur. Mikorizalı bitkinin toplam kuru ağırlığı (2,21 gr) mikorizasız bitkinin toplam kuru ağırlığından (1,41 gr) daha fazladır. Tablo 4.7 ve 4.8’den anlaşılacağı üzere mikoriza uygulaması bitki toplam kuru ağırlığını pozitif etkilemiştir.

Tablo 4.7: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının toplam kuru ağırlığa (gr) etkisi

İŞLEM	TOPLAM KURU AĞIRLIK
AM	2,21a
NM	1,41b
p	0,003488

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.4: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının toplam kuru ağırlığa (gr) etkisi

Tablo 4.8: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde toplam kuru ağırlığa ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	TOPLAM KURU AĞIRLIK			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	4,84374	4,84374	10,4959	0,003488**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	1,31926	0,65963	1,4294	0,259126
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,00589	0,00294	0,0064	0,993644
HATA	24	11,07569	0,46149	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(SD, 24, 0.05)}=4.26$ **: $F > F_{(SD, 24, 0.01)}7.82$

4.5 KÖK / SÜRGÜN ORANI

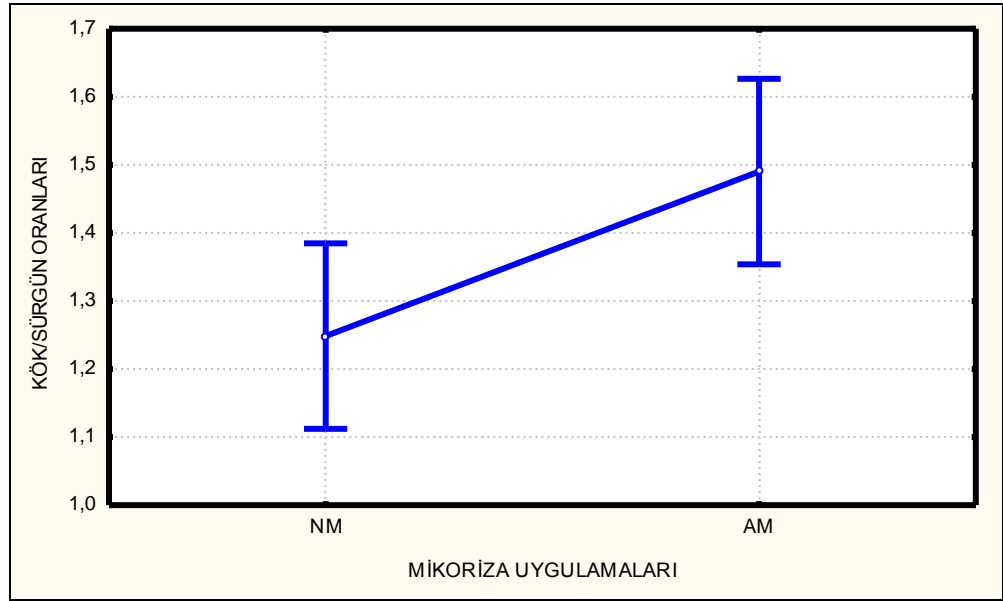
Deneme sonunda elde edilen kök / sürgün oranı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta mikoriza uygulaması istatistiki olarak önemli çıkmış, farklı düzeydeki kuraklık uygulaması ve mikoriza x kuraklık interaksiyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Mikoriza uygulaması sonucu belirlenen kök / sürgün oranı değerleri Tablo

4.9'da, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.10'da sunulmuştur. Tablolardan da anlaşılacağı üzere mikoriza uygulamaları kök / sürgün oranı üzerinde pozitif etkili olmuştur.

Tablo 4.9: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök / sürgün oranına etkisi

İŞLEM	KÖK/SÜRGÜN ORANI
AM	1,49a
NM	1,25 b
p	0,016140

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.5: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının kök / sürgün oranına etkisi

Tablo 4.10: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde kök / sürgün oranına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	KÖK/SÜRGÜN ORANI			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	0,43847	0,43847	6,6972	0,016140*
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,38145	0,19073	2,9132	0,073676
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,13045	0,06522	0,9962	0,384031
HATA	24	1,57128	0,06547	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(SD, 24, 0,05)=4,26}$ **: $F > F_{(SD, 24, 0,01)=7,82}$

4.6 YAPRAK SAYISI

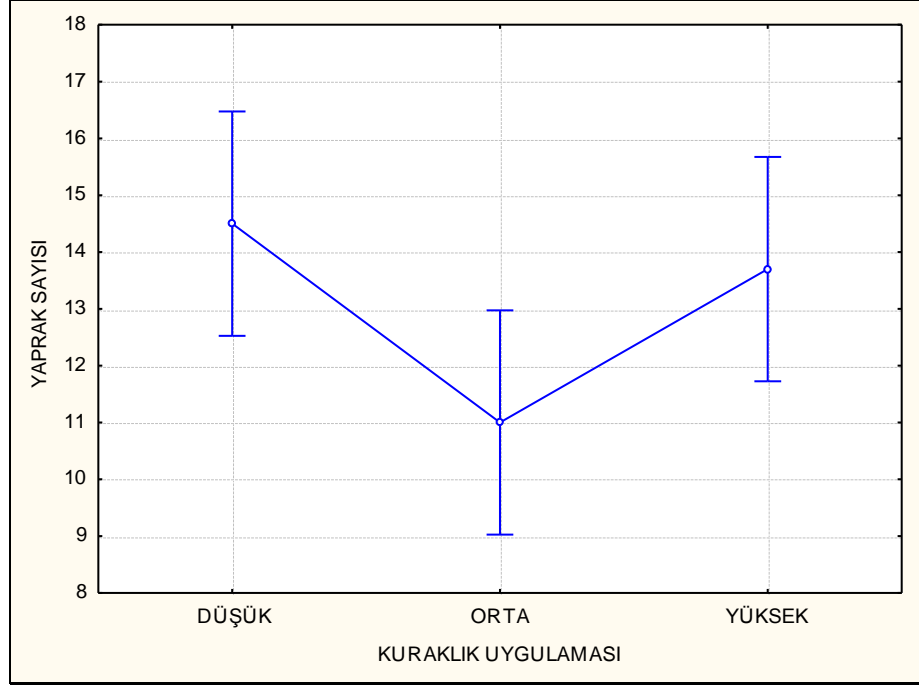
Yaprak sayısı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta farklı düzeydeki kuraklık uygulamaları istatistiki olarak önemli bulunurken ($p < 0.05$), mikoriza uygulaması ve mikoriza x kuraklık interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Farklı düzeydeki kuraklık uygulaması ile belirlenen yaprak sayısı değerleri Tablo 4.11’de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.12’de sunulmuştur. Tablolardan anlaşılacağı gibi, farklı kuraklık düzeyleri yaprak sayısı üzerinde olumsuz yönde etkili olmuştur.

Tablo 4.11: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının yaprak sayısına etkisi

İŞLEM	DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;14,5)	ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;11)	YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;13,7)
DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK	-	0,016162*	0,559797

ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK	0,016162*	-	0,057413
YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK	0,559797	0,057413	-

p<0.05 olduğu durumlarda sonuçlar istatistiki olarak önemlidir.



Şekil 4.6: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının yaprak sayısına etkisi

Tablo 4.12: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak sayısına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK SAYISI			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	6,533	6,533	0,7140	0,406456
KURAKLIK UYGULAMASI	2	67,267	33,633	3,6758	0,040497*
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,467	0,233	0,0255	0,974848

HATA	24	219,600	9,150	-	-
------	----	---------	-------	---	---

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; * : $F > F_{(SD, 24, 0,05)=3,40}$ ** : $F > F_{(SD, 24, 0,01)=5,61}$

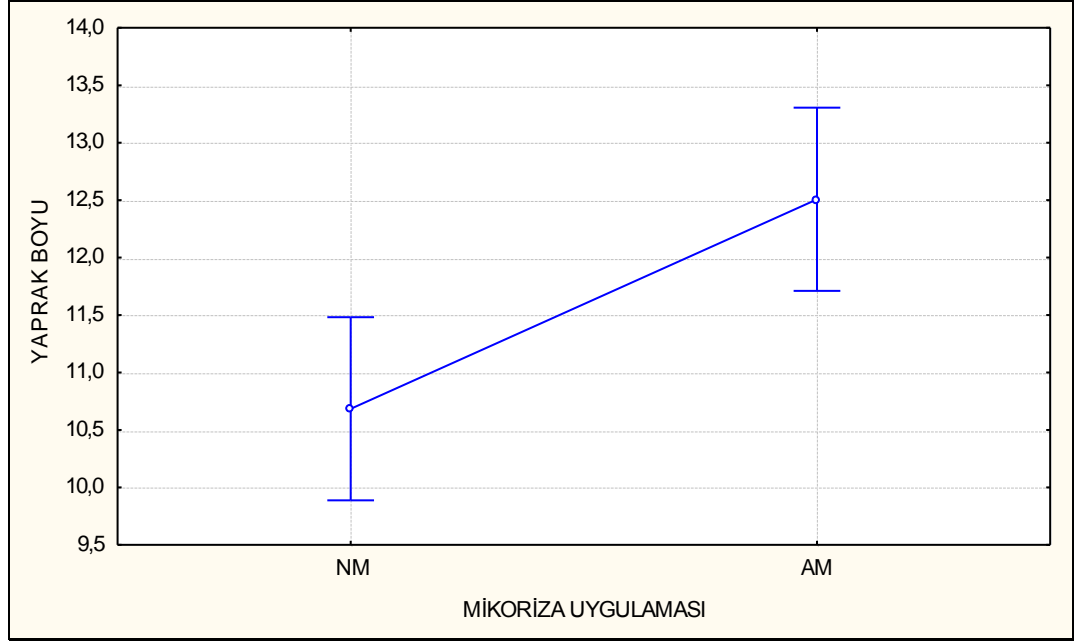
4.7 YAPRAK BOYU

Deneme sonunda elde edilen yaprak boyu ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta mikoriza uygulaması istatistiki olarak önemli çıkmış, farklı düzeydeki kuraklık uygulamaları ve mikoriza x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Mikoriza uygulaması sonucu elde edilen yaprak boyu ile ilgili değerler Tablo 4.13’de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.14’de sunulmuştur. Mikoriza uygulanmamış bitkilerde yaprak boyu 10,68 cm iken mikoriza uygulanmış bitkilerde yaprak boyu 12,51 cm olarak hesaplanmıştır. Tablolardan anlaşılacağı üzere mikoriza uygulamasının yaprak boyunu arttırıcı etkisi bulunmaktadır.

Tablo 4.13: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak boyuna etkisi

İŞLEM	YAPRAK BOYU
AM	12,51a
NM	10,68b
p	0,002745

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.7: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak boyuna etkisi

Tablo 4.14: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak boyuna ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK BOYU			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	24,934	24,934	11,143**	0,002745**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	3,243	1,622	0,725	0,494798
MİKORİZA X KURAKLIK	2	4,589	2,294	1,025	0,373861
HATA	24	53,706	2,238	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(SD, 24, 0,05)=4,26}$ **: $F > F_{(SD, 24, 0,01)=7,82}$

4.8 YAPRAK ALANI

Deneme sonunda elde edilen yaprak alanı ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta mikoriza uygulaması, farklı düzeydeki kuraklık uygulamaları ve Mikoriza x Kuraklık etkileşimi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Elde edilen yaprak alanı ile ilgili değerlerin varyans analizi sonuçları Tablo 4.15’de sunulmuştur.

Tablo 4.15: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak alanına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK ALANI			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	3267,1	3267,1	4,1565	0,052636
KURAKLIK UYGULAMASI	2	4739,6	2369,8	3,0149	0,067903
MİKORİZA X KURAKLIK	2	1613,6	806,8	1,0264	0,373488
HATA	24	18864,5	786,0	-	-

* : p< 0.05 ** : p< 0.01

4.9 TOPRAĞIN BAĞIL SU İÇERİĞİ

Deneme sonunda elde edilen toprak bağıl su içeriği ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta mikoriza uygulaması, farklı düzeydeki kuraklık uygulamaları, saksı derinliği ve mikoriza x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemli çıkmış, mikoriza x saksı derinliği interaksyonu, kuraklık x saksı derinliği interaksyonu ve mikoriza x saksı derinliği x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Verilerle ilgili varyans analizi sonuçları tablo 4.16’da sunulmuştur.

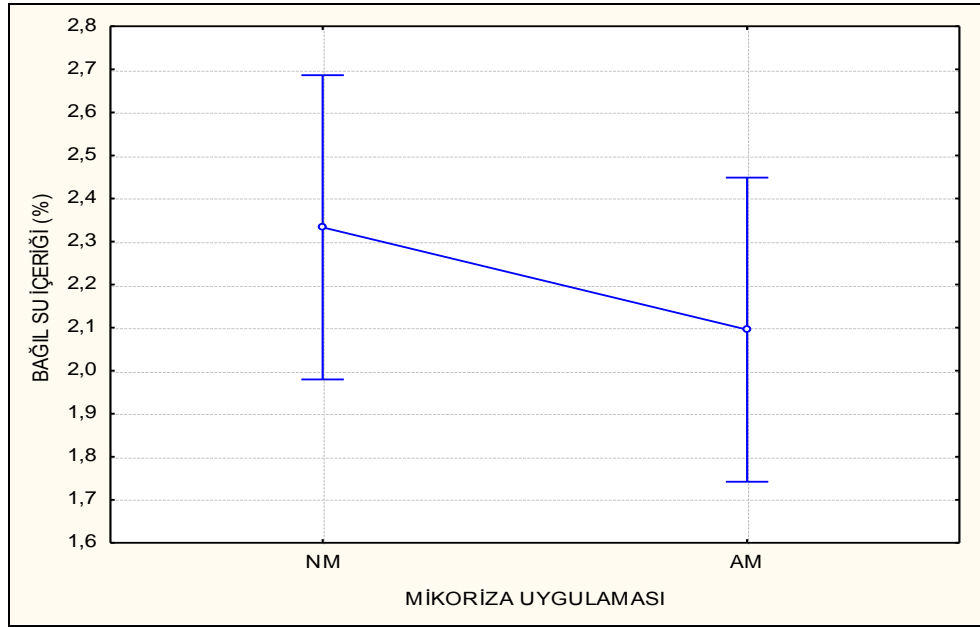
Tablo 4.16: Toprağın bağıl su içeriğine ait Varyans Analiz Sonuçları

İŞLEM	SD	BAĞIL SU İÇERİĞİ			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	4,03035	4,03035	12,83487	0,000615**
KURAKLIKUYGULAMASI	2	49,46259	24,73129	78,75810	0,000000**

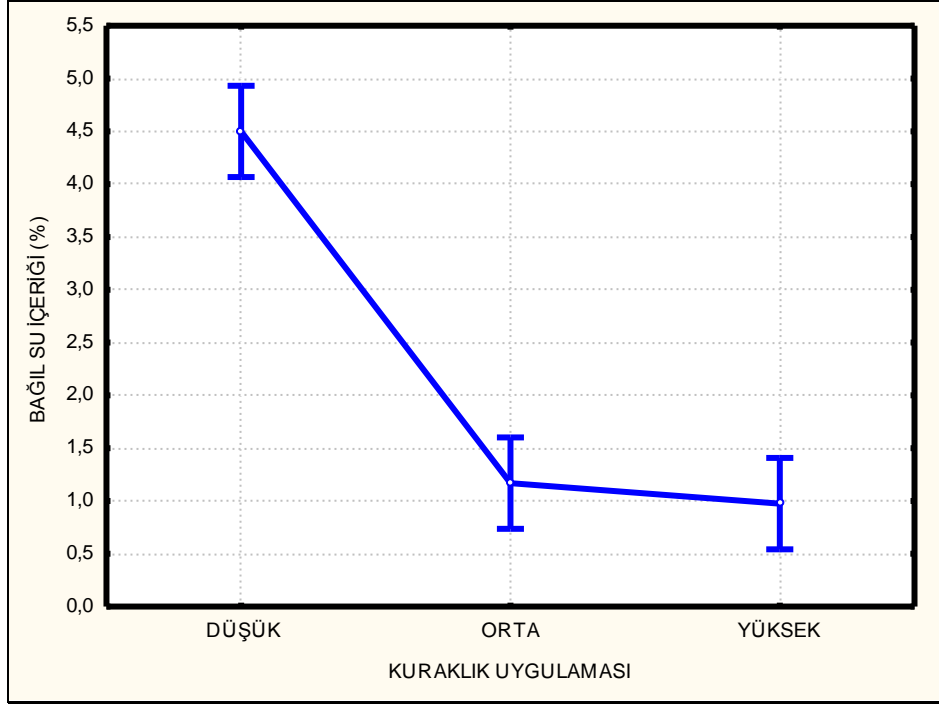
DERİNLİK	2	4,46498	2,23249	7,10948	0,001521**
MİKORİZA X KURAKLIK	2	2,87724	1,43862	4,58136	0,013401*
MİKORİZA X DERİNLİK	2	0,25172	0,12586	0,40080	0,671268
KURAKLIK X DERİNLİK	4	2,21556	0,55389	1,76389	0,145541
MİKORİZA X KURAKLIK X DERİNLİK	4	0,55583	0,13896	0,44252	0,777465
HATA	72	22,60914	0,31402	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 72, 0,05)} \approx 4,0$ **: $F > F_{(1, 72, 0,01)} \approx 7,08$; *: $F > F_{(2, 72, 0,05)} \approx 3,15$

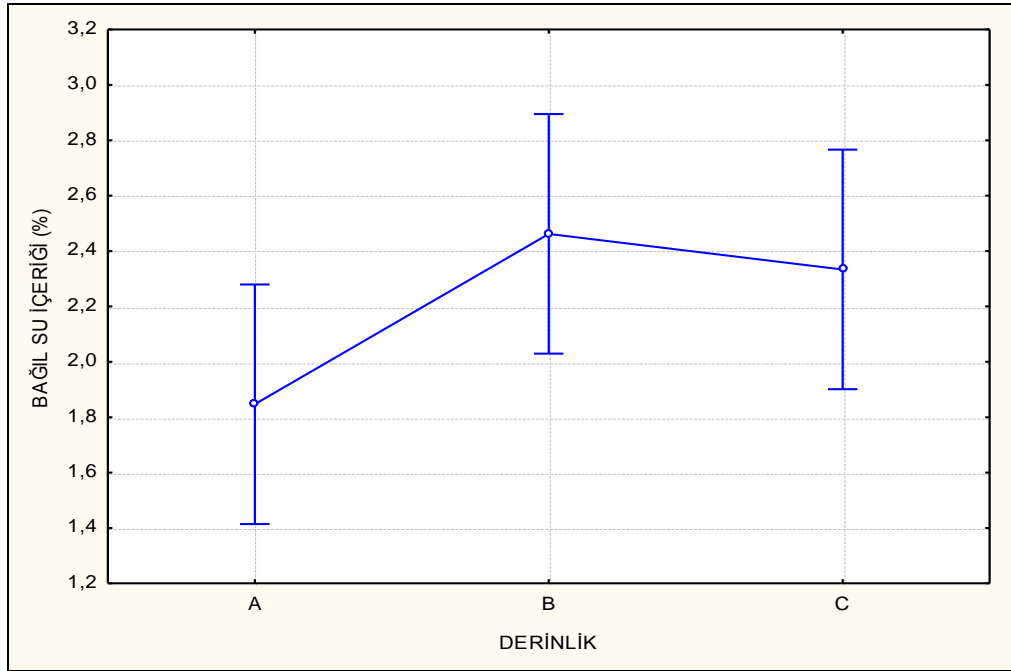
**: $F > F_{(2, 72, 0,01)} \approx 4,98$



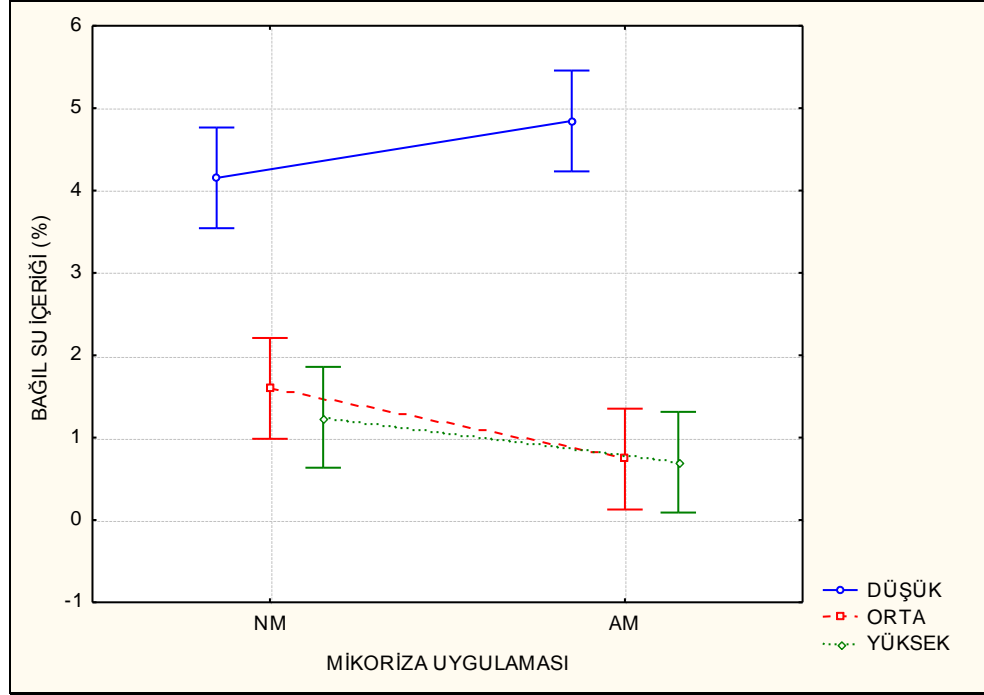
Şekil 4.8: Mikoriza uygulamasının toprağın bağıl su içeriğine etkisi



Şekil 4.9: Farklı düzeyde kuraklık uygulamalarının toprağın bağıl su içeriğine etkisi



Şekil 4.10: Saksı derinliğinin toprağın bağıl su içeriğine etkisi (A; yüzeysel, B;orta, C; derin)



Şekil 4.11: Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun toprağın bağıl su içeriğine etkisi

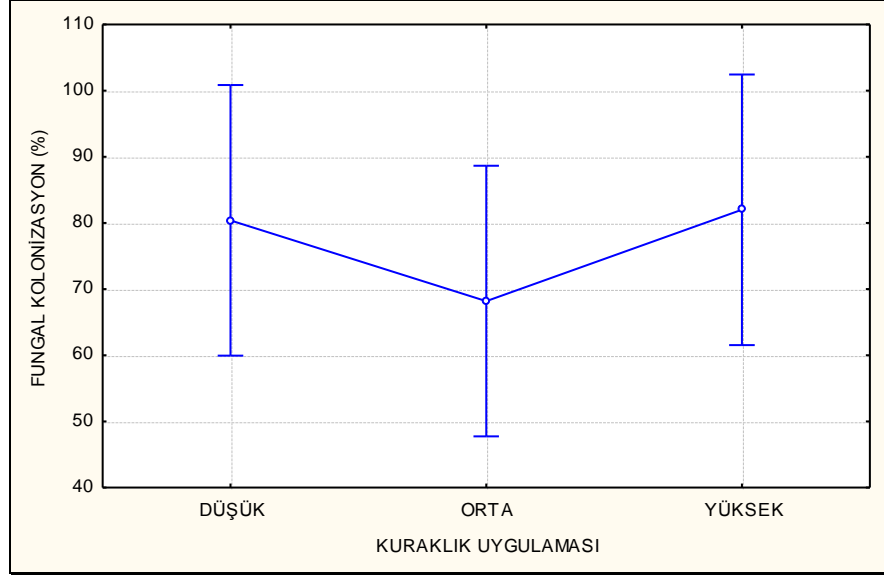
4.10 KÖKLERDE FUNGAL KOLONİZASYON YÜZDESİ

Sera koşullarındaki saksılara 5 gr *Rhizophagus intraradices* aşılarak yetiştirilen *Plantago lanceolata* L. fidelerinin deneme sonunda köklerinde boyama yöntemi ile belirlenen fungal kolonizasyon yüzdesi ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta kuraklık uygulaması istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Farklı düzeydeki kuraklık uygulamalarına ait fungal kolonizasyon yüzdesi sonuçları Tablo 4.17’de, verilerle ilgili varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.18’de sunulmuştur. Başka bir deyişle, düşük, orta ve yüksek düzeyli kuraklık uygulamaları köklerdeki fungal kolonizasyonu etkilememiştir.

Tablo 4.17: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine etkisi

KURAKLIK DÜZEYİ	<i>Rhizophagus intraradices</i> (+) FUNGAL KOLONİZASYON (%)
DÜŞÜK	80,4
ORTA	68,2

YÜKSEK	82
---------------	-----------



Şekil 4. 12: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine etkisi

Tablo 4. 18: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde köklerde fungal kolonizasyon yüzdesine ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	KÖKLERDE FUNGAL KOLONİZASYON (%)			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
KURAKLIK UYGULAMASI	2	28,80	14,40	0,540	0,597303
HATA	11	293,20	26,65	-	-

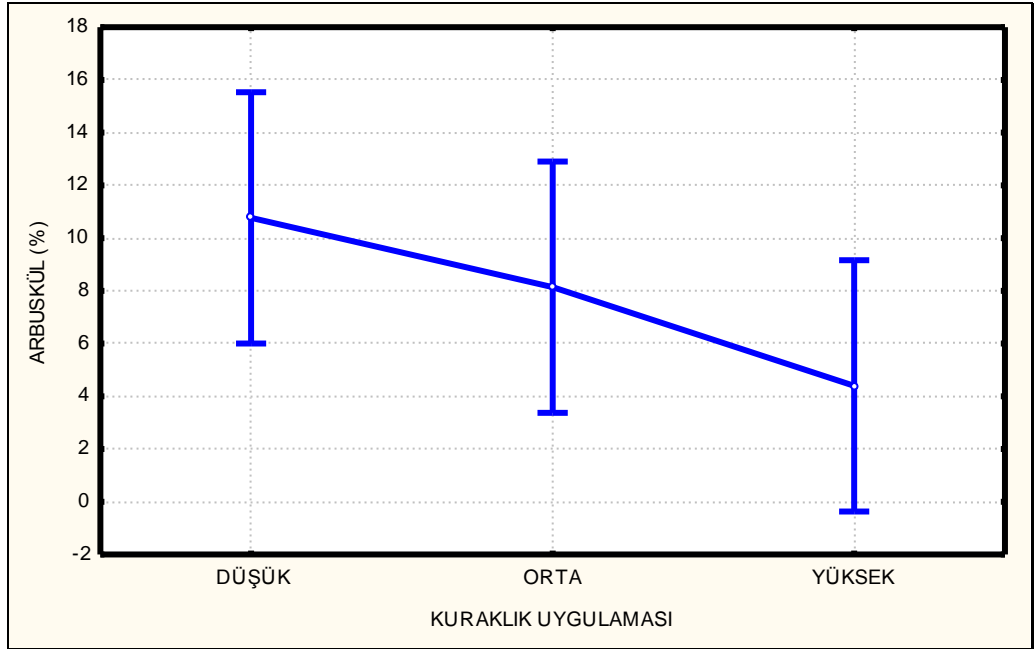
* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

4.11 KÖKLERDE ARBUSKÜL VE VESİKÜL YÜZDESİ

Deneme sonunda bitki köklerinde boyama yöntemi ile belirlenen arbuskül ve vesikül yüzdesi ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmış, sonuçta kuraklık uygulaması vesikül yüzdesinde istatistiki olarak önemli çıkmış, arbuskül yüzdesinde önemsiz bulunmuştur. Farklı düzeydeki kuraklık uygulamalarına ait arbuskül yüzdesi sonuçları Tablo 4.19'da, bu verilerle ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.20'de, vesikül yüzdesi sonuçları Tablo 4.21'de, bu verilerin varyans analizleri ise Tablo 4.22'de sunulmuştur.

Tablo 4.19: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde arbuskül yüzdesine etkisi

KURAKLIK DÜZEYİ	<i>Rhizophagus intraradices</i> (+) ARBUSKÜL (%)
DÜŞÜK	10,77
ORTA	8,14
YÜKSEK	4,40



Şekil 4.13: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde arbuskül yüzdesine etkisi

Tablo 4.20: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde köklerde arbuskül yüzdesine ait varyans analiz sonuçları

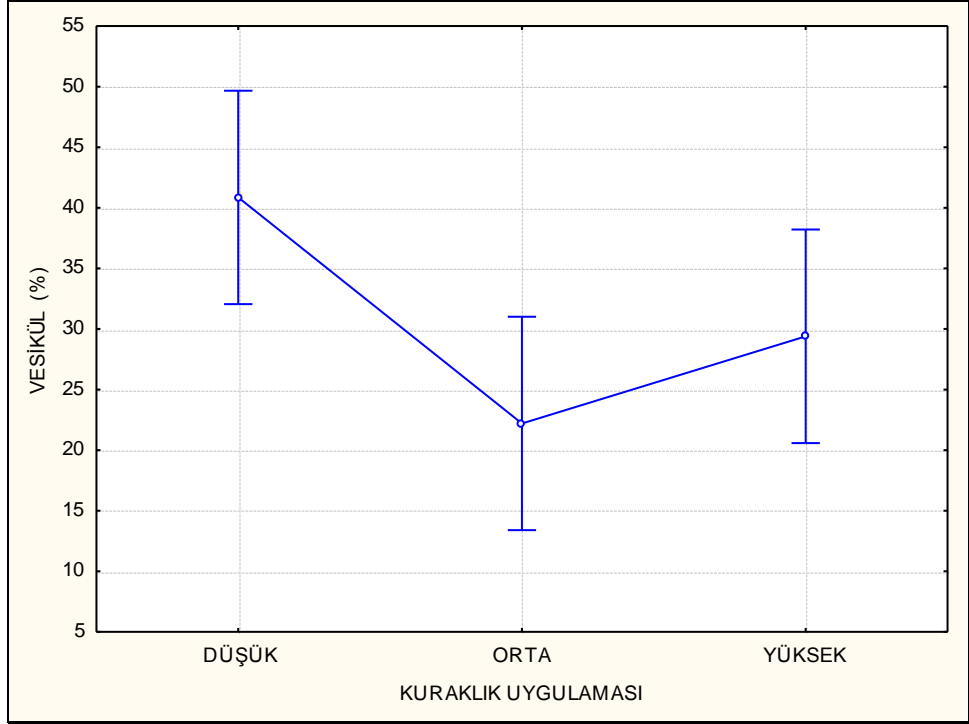
İŞLEM	SD	KÖKLERDE ARBUSKÜL (%)			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri

KURAKLIK UYGULAMASI	2	120,6868	60,3434	3,24757	0,077914
HATA	11	204,3922	18,5811	-	-

* : p< 0.05 ** : p< 0.01

Tablo 4.21: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde vesikül yüzdesine etkisi

İŞLEM	DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA; 40,86)	ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA;22,75)	YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK (ORTALAMA; 29,39)
DÜŞÜK DÜZEYLİ KURAKLIK	-	0,015317*	0,080404
ORTA DÜZEYLİ KURAKLIK	0,015317*	-	0,315415
YÜKSEK DÜZEYLİ KURAKLIK	0,080404	0,315415	-



Şekil 4.14: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde farklı düzeyde kuraklık uygulamasının köklerde vesikül yüzdesine etkisi

Tablo 4.22: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde köklerde vesikül yüzdesine ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	KÖKLERDE VESİKÜL (%)			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
KURAKLIK UYGULAMASI	2	765,81	382,91	4,3222	0,041196*
HATA	11	974,50	88,59	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$

4.12 TOPRAKTA FOSFAT İÇERİĞİ

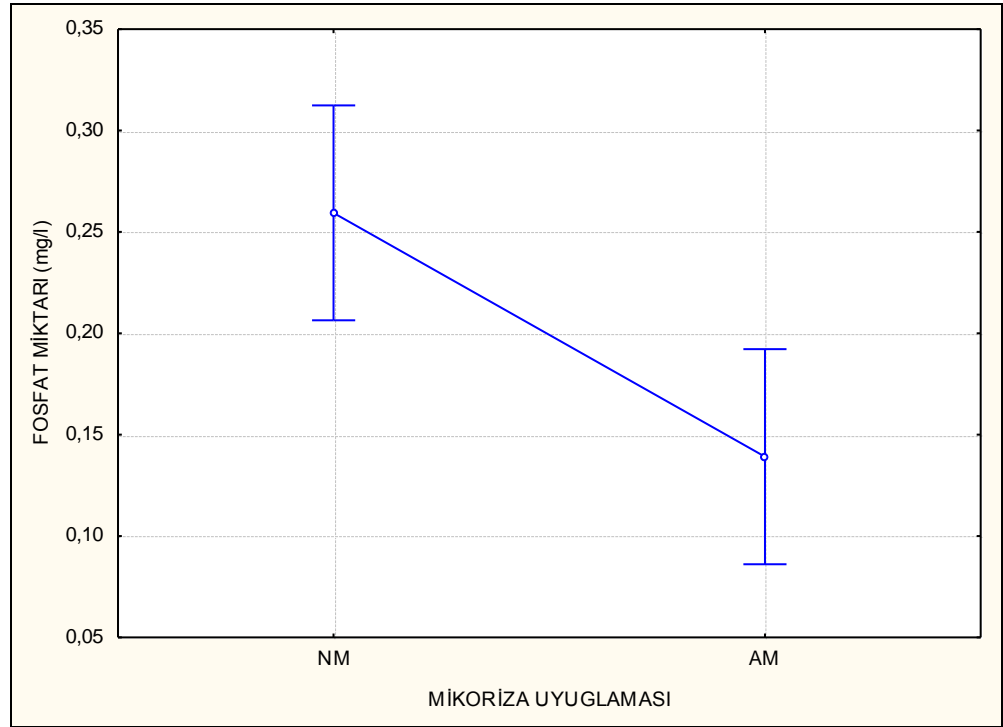
Kuraklık uygulanan mikorizalı ve mikorizasız fidelerde belirlenmiş olan fosfat içeriği verilerine varyans analizi yapılmış, sonuçta mikoriza uygulaması istatistiki olarak önemli çıkmış, farklı düzeyde kuraklık uygulamaları ile mikoriza x kuraklık

interaksiyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Mikorizalı ve mikorizasız şartlarda topraktaki fosfat miktarları Tablo 4.23’de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.24’de sunulmuştur.

Tablo 4.23: Mikoriza uygulamasının topraktaki fosfat miktarına etkisi

İŞLEM	FOSFAT MİKTARI (mg/l)
AM	0,14a
NM	0,26b
p	0,002942

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.15: Mikoriza uygulamasının topraktaki fosfat miktarına etkisi

Tablo 4.24: Topraktaki fosfat miktarına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	FOSFAT MİKTARI (mg/l)			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	0,108444	0,108444	10,9540	0,002942**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,032038	0,016019	1,6181	0,219169
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,029486	0,014743	1,4892	0,245662
HATA	24	0,237601	0,009900	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 24, 0.05)=4.26}$ **: $F > F_{(1, 24, 0.01)=7.82}$

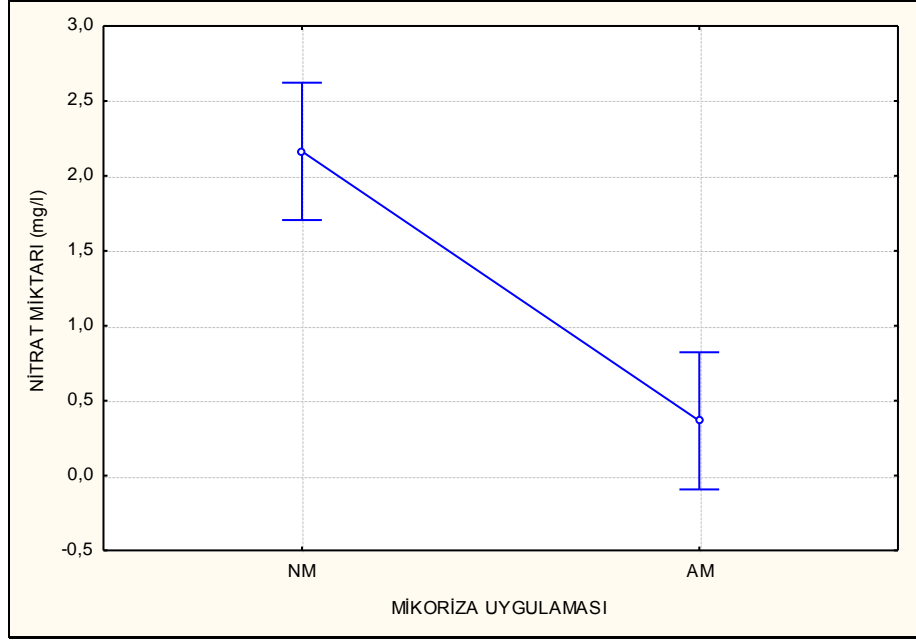
4.13 TOPRAKTA NİTRAT İÇERİĞİ

Fidelere mikoriza ve farklı seviyelerde kuraklık uygulanmış; deneme sonunda elde edilen nitrat içeriği ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmıştır. Mikoriza uygulaması istatistiksel olarak önemli bulunurken, farklı düzeyde kuraklık uygulamaları ile Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun ise önemsiz olduğu belirlenmiştir. Mikorizalı ve mikorizasız şartlarda topraktaki nitrat miktarları Tablo 4.25’de, varyans analizi sonuçları ise Tablo 4.26’da sunulmuştur.

Tablo 4.25: Mikoriza uygulamasının topraktaki nitrat miktarına etkisi

İŞLEM	NİTRAT MİKTARI (mg/l)
AM	0,37a
NM	2,16b
p	0,000007

Aynı sütunda farklı harflerle gösterilen rakamlar arasındaki fark istatistiki olarak ($p < 0.05$) önemlidir.



Şekil 4.16: Mikoriza uygulamasının topraktaki nitrat miktarına etkisi

Tablo 4.26: Topraktaki nitrat miktarına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	NİTRAT MİKTARI (mg/l)			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	24,25610	24,25610	32,82940	0,000007**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,15887	0,07943	0,10751	0,898497
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,93121	0,46561	0,63017	0,541082
HATA	24	17,73247	0,73885	-	-

* : $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 24, 0.05)=4,26}$ **: $F > F_{(1, 24, 0.01)=7,82}$

4.14 TOPRAK NEM DEĞERLERİ

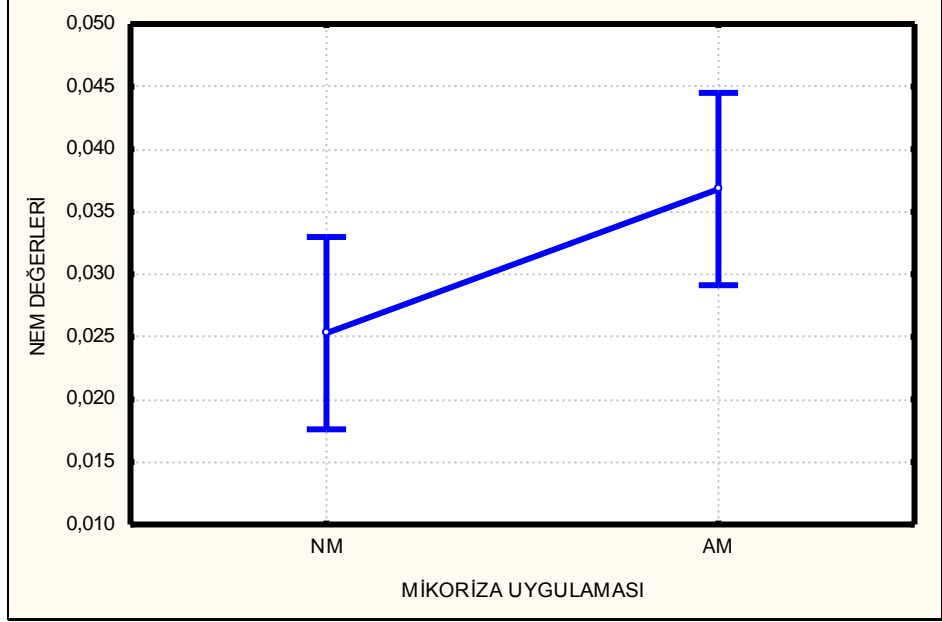
Deneme süresince bitkilerin yetiştirildiği toprakların nem değerleri belirli aralıklarla ölçülmüş ve elde edilen nem değerleri ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmıştır. Sonuçta, mikoriza uygulaması, kuraklık uygulaması, mikoriza x kuraklık interaksyonu, zaman x mikoriza interaksyonu ve zaman x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemli çıkmış, zaman ve zaman x mikoriza x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Verilerle ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.27’de sunulmuştur.

Tablo 4.27: Toprakta nem değerlerine ait varyans analiz sonuçları

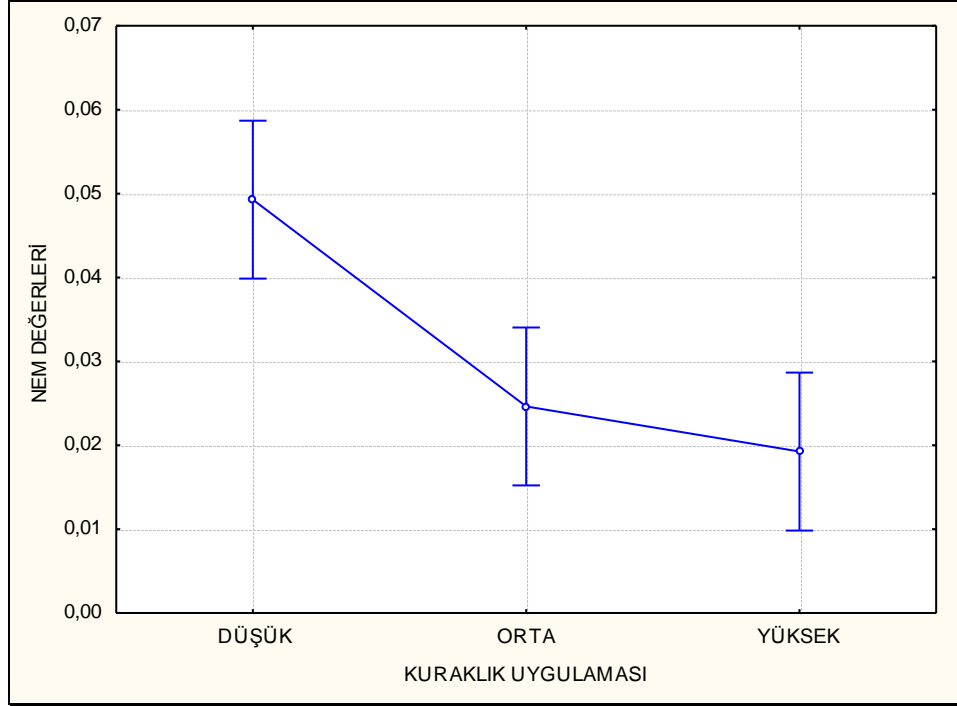
İŞLEM	SD	TOPRAK NEM DEĞERLERİ			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	0,002981	0,002981	4,7778	0,038819*
KURAKLIK UYGULAMASI	2	0,015386	0,007693	12,3284	0,000207**
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,004925	0,002463	3,9466	0,032973*
HATA	24	0,014976	0,000624	-	-
ZAMAN	2	0,000098	0,000049	1,3695	0,263995
ZAMAN X MİKORİZA	2	0,000258	0,000129	3,6015	0,034887*
ZAMAN X KURAKLIK	4	0,000389	0,000097	2,7173	0,040489*
ZAMAN X MİKORİZA X KURAKLIK	4	0,000030	0,000007	0,2089	0,932260

HATA	48	0,001719	0,000036	-	-
-------------	-----------	-----------------	-----------------	---	---

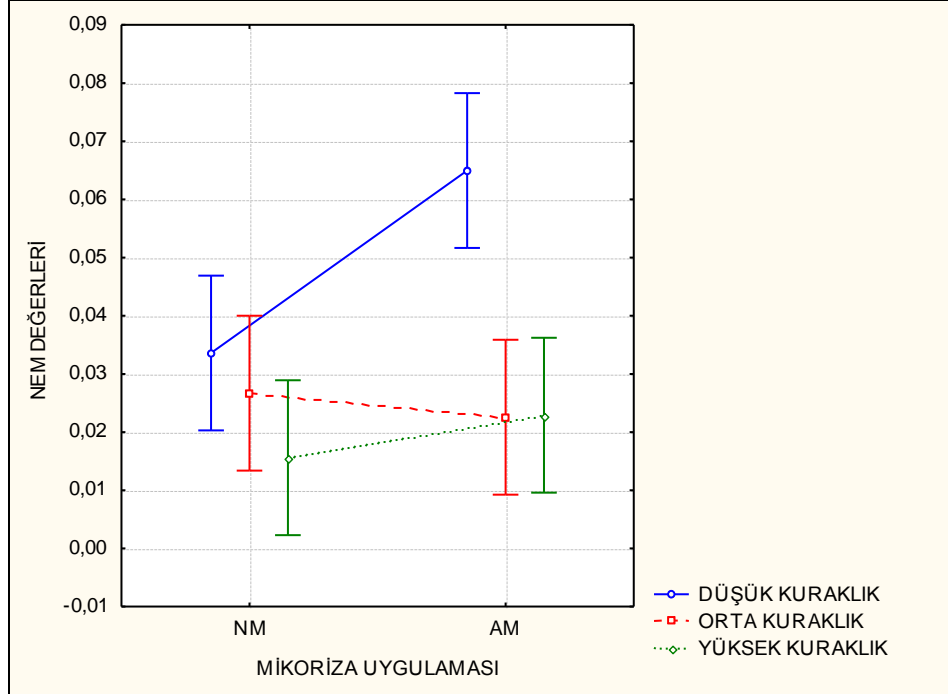
*: $p < 0.05$ **: $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 24, 0.05)}=4,26$ **: $F > F_{(1, 24, 0.01)}=7,82$; *: $F > F_{(2, 24, 0.05)}=3,40$
 **: $F > F_{(2, 24, 0.01)}=5,61$; *: $F > F_{(2, 48, 0.05)}= 3,23$ **: $F > F_{(2, 48, 0.01)}= 5,18$; *: $F > F_{(4, 48, 0.05)}= 2,61$
 **: $F > F_{(4, 48, 0.01)}= 3,83$



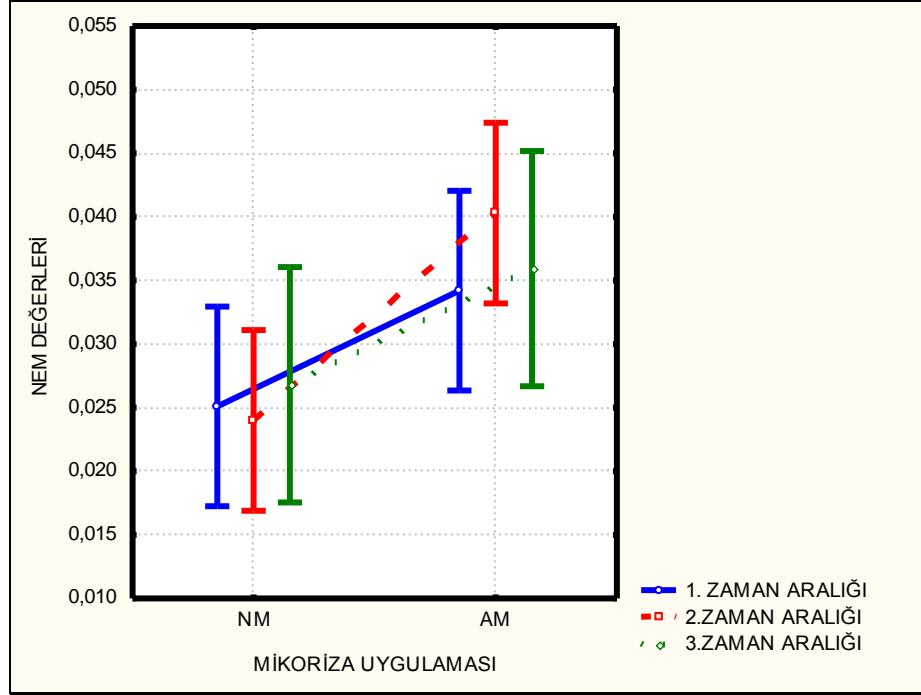
Şekil 4.17: Mikoriza uygulamasının toprak nem değerine etkisi



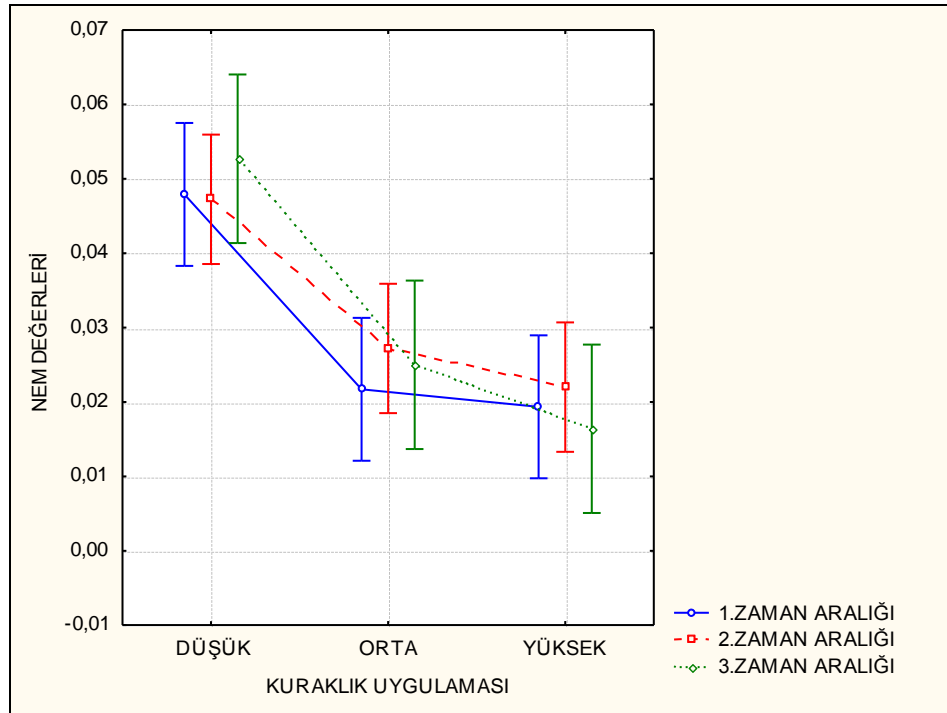
Şekil 4.18: Kuraklık uygulamasının toprak nem değerine etkisi



Şekil 4.19: Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi



Şekil 4.20: Mikoriza x Zaman interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi



Şekil 4.21: Zaman x Kuraklık interaksiyonunun toprak nem değerine etkisi

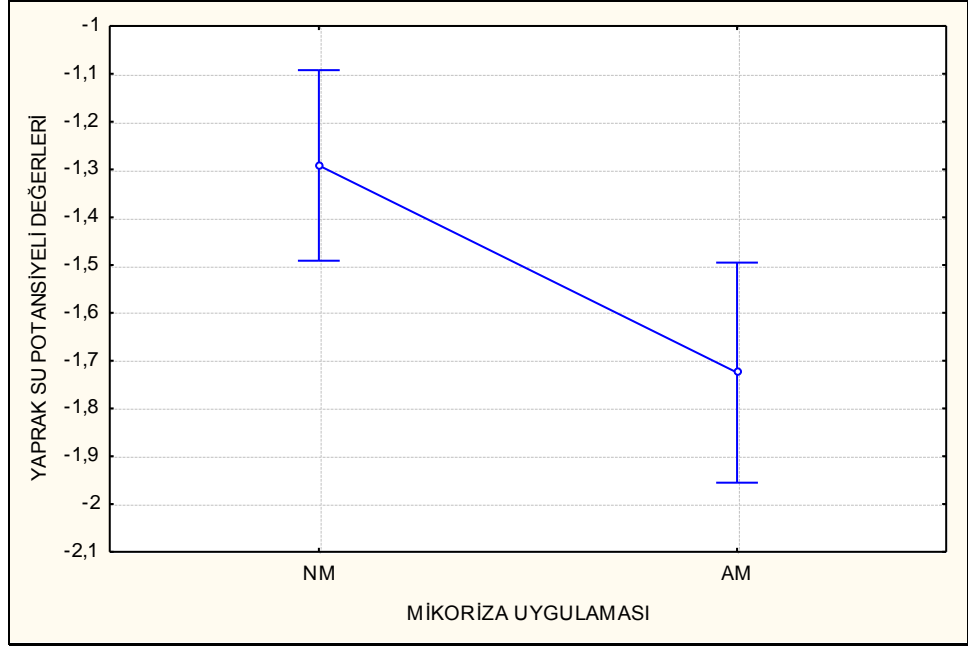
4.15 YAPRAK SU POTANSİYELİ DEĞERLERİ

Deneme süresince belli aralıklarla alınan yaprakların su potansiyeli değerleri ölçülmüş ve elde edilen su potansiyeli değerleri ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmıştır. Sonuçta, mikoriza uygulaması istatistiki olarak önemli çıkmış, kuraklık uygulaması, mikoriza x kuraklık interaksyonu, zaman, zaman x mikoriza interaksyonu, zaman x kuraklık interaksyonu ve zaman x mikoriza x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Verilerle ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.28’de sunulmuştur.

Tablo 4.28: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde yaprak su potansiyeli değerlerine ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	YAPRAK SU POTANSİYELİ DEĞERLERİ			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	1,93143	1,93143	13,3779	0,014632*
KURAKLIK UYGULAMASI	2	1,59695	0,79848	5,5306	0,054073
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,20570	0,10285	0,7124	0,534292
HATA	5	0,72187	0,14437	-	-
ZAMAN	3	1,34286	0,44762	3,1587	0,055710
ZAMAN X MİKORİZA	3	0,22000	0,07333	0,5175	0,676557
ZAMAN X KURAKLIK	6	1,11773	0,18629	1,3146	0,309864
ZAMAN X MİKORİZA X KURAKLIK	6	0,58898	0,09816	0,6927	0,659268
HATA	15	2,12562	0,14171	-	-

*: $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 5, 0,05)=6,61}$ **: $F > F_{(1, 5, 0,01)=16,26}$



Şekil 4.22: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının yaprak su potansiyeli değerine etkisi

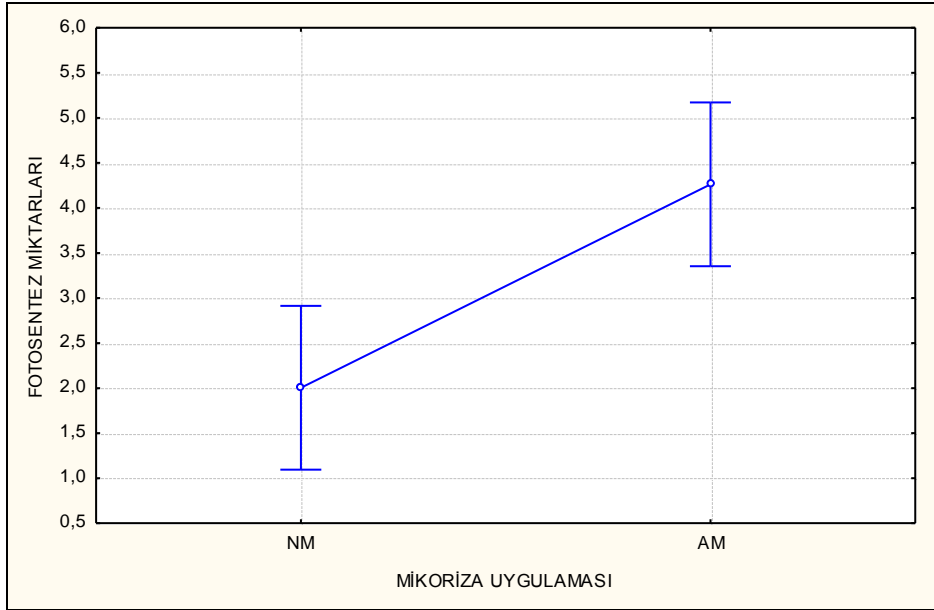
4.16 FOTOSENTEZ VE TRANSPIRASYON HIZLARI

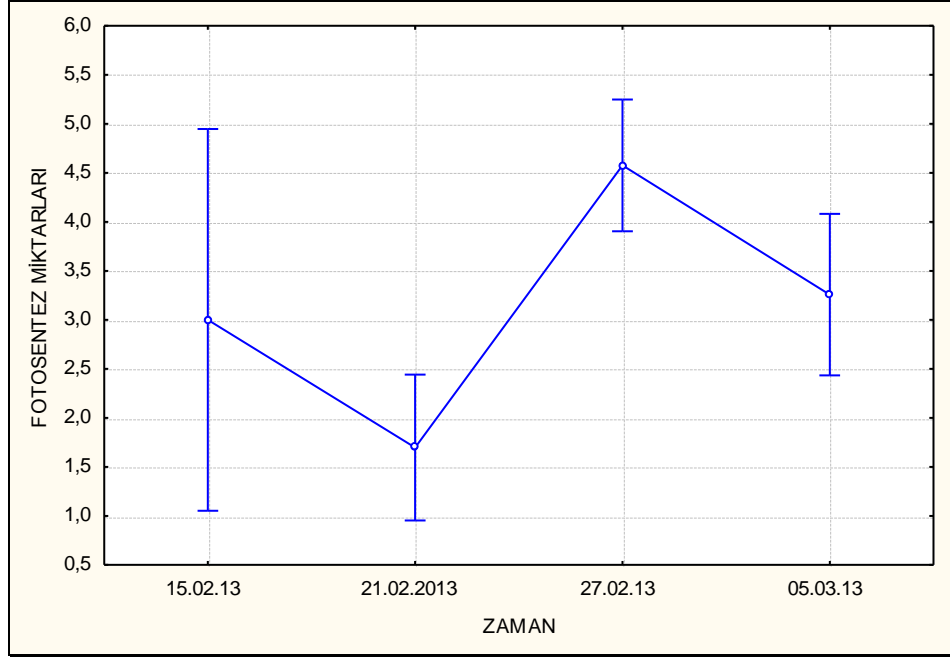
Deneme süresince bitkilerin fotosentez ve transpirasyon hızları belirli aralıklarla ölçülmüş ve elde edilen değerler ile ilgili verilerde varyans analizi yapılmıştır. Fotosentez hızlarının varyans analizi sonuçlarına göre, mikoriza uygulaması ve zaman istatistiki olarak önemli çıkmış, kuraklık uygulaması, mikoriza x kuraklık interaksyonu, zaman x mikoriza interaksyonu, zaman x kuraklık interaksyonu ve zaman x mikoriza x kuraklık interaksyonu ise önemsiz bulunmuştur. Verilerle ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.29'da sunulmuştur.

Tablo 4.29: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde fotosentez hızına ait varyans analiz sonuçları

İŞLEM	SD	FOTOSENTEZ MİKTARLARI			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	91,8637	91,8637	14,6464	0,002408**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	14,4638	7,2319	1,1530	0,348311
MİKORİZA X KURAKLIK	2	5,0688	2,5344	0,4041	0,676347
HATA	12	75,2650	6,2721	-	-
ZAMAN	3	75,2227	25,0742	5,1943	0,004383**
ZAMAN X MİKORİZA	3	5,4621	1,8207	0,3772	0,769995
ZAMAN X KURAKLIK	6	21,9237	3,6540	0,7569	0,608232
ZAMAN X MİKORİZA X KURAKLIK	6	37,6335	6,2722	1,2993	0,282428
HATA	36	173,7808	4,8272	-	-

*: $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 12, 0,05)} = 4,75$ **: $F > F_{(1, 12, 0,01)} = 9,33$; *: $F > F_{(3, 36, 0,05)} = \sim 2,92$
 **: $F > F_{(3, 36, 0,01)} = \sim 4,51$

**Şekil 4.23:** *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının fotosentez hızına etkisi



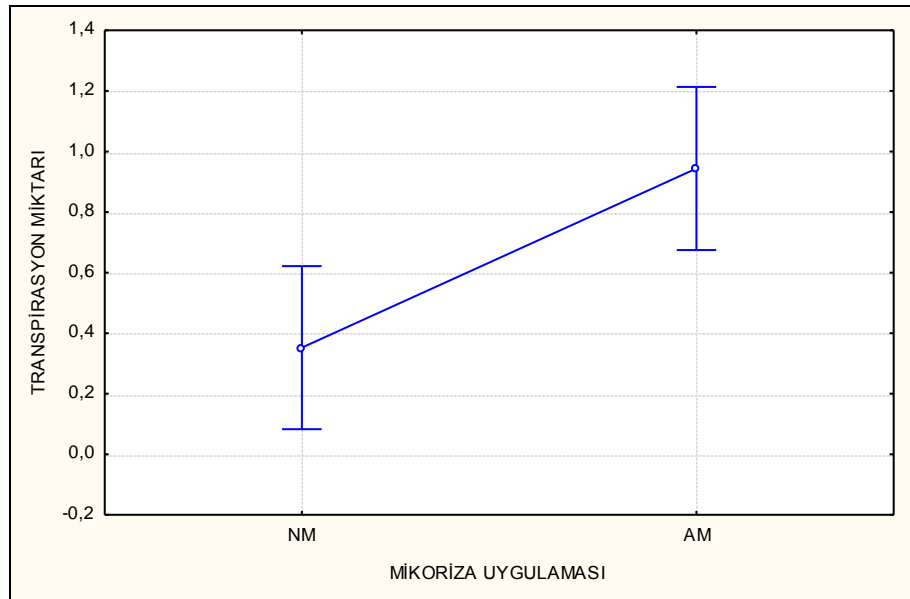
Şekil 4.24: *Plantago lanceolata* L.bitkisinde zamanın fotosentez hızına etkisi

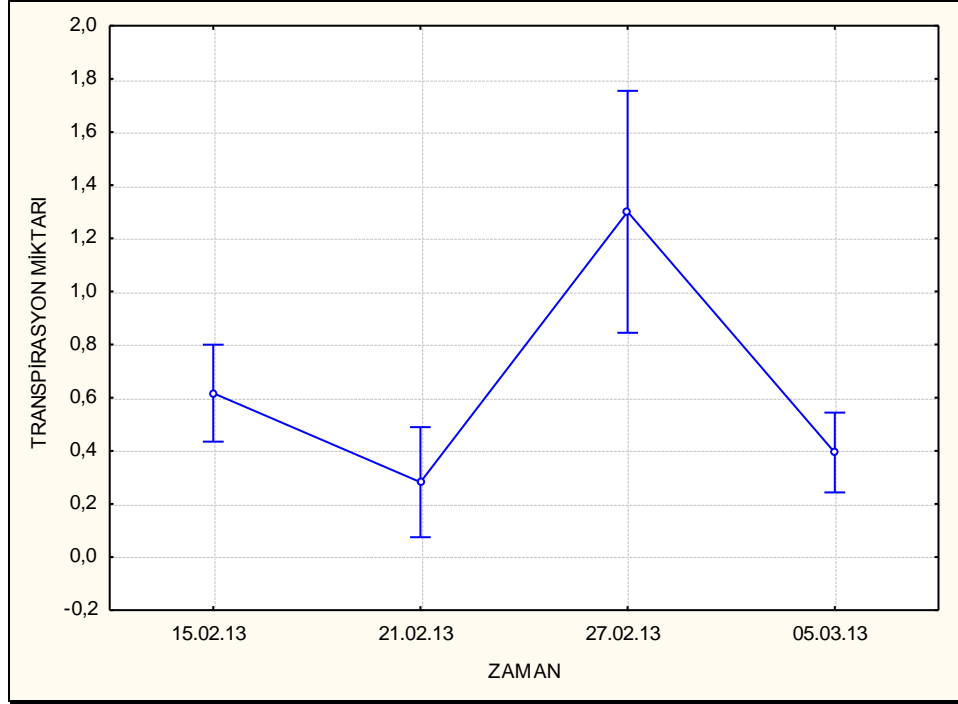
Transpirasyon hızlarının varyans analizi sonuçlarına göre, mikoriza uygulaması, zaman ve zaman x mikoriza interaksyonu istatistiksel olarak önemli çıkmış, kuraklık uygulaması, mikoriza x kuraklık interaksyonu, zaman x kuraklık interaksyonu ve zaman x mikoriza x kuraklık interaksyonu ise istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Verilerle ilgili varyans analizi sonuçları Tablo 4.30’da sunulmuştur.

Tablo 4.30: *Plantago lanceolata* L. bitkisinde transpirasyon hızına ait varyans analiz sonuçları

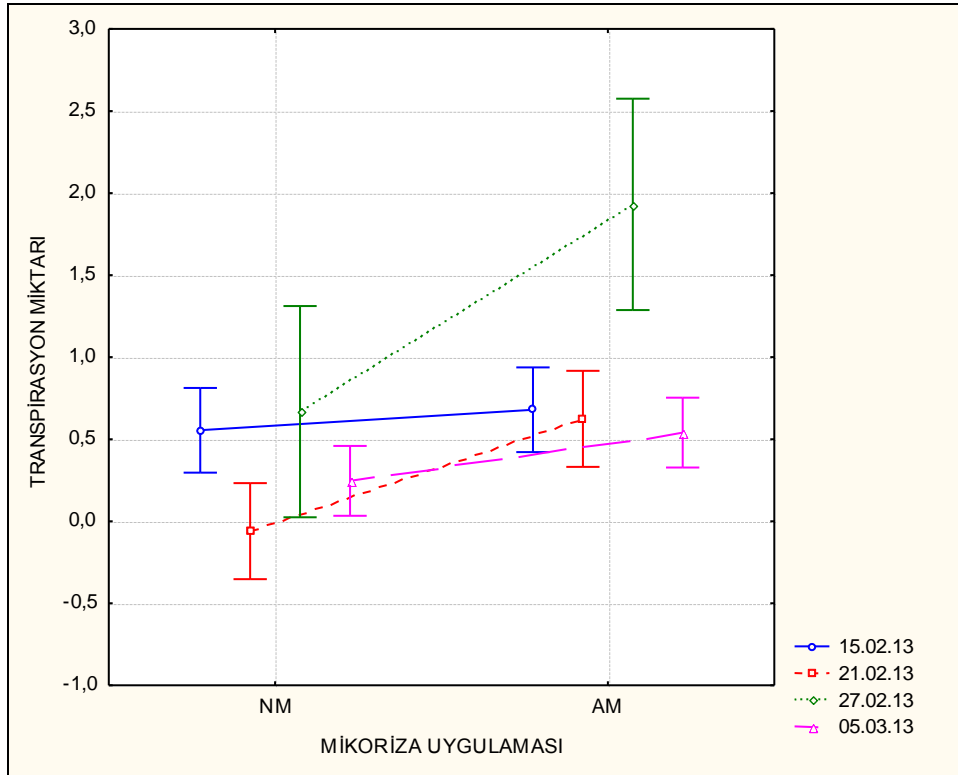
İŞLEM	SD	TRANSPİRASYON MİKTARLARI			
		Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F değeri	p değeri
MİKORİZA UYGULAMASI	1	6,30252	6,30252	11,44948	0,005431**
KURAKLIK UYGULAMASI	2	1,61954	0,80977	1,47107	0,268293
MİKORİZA X KURAKLIK	2	0,56783	0,28391	0,51577	0,609695
HATA	12	6,60556	0,55046	-	-
ZAMAN	3	11,23966	3,74655	18,42669	0,000000**
ZAMAN X MİKORİZA	3	3,44820	1,14940	5,65310	0,002797**
ZAMAN X KURAKLIK	6	0,25145	0,04191	0,20612	0,972634
ZAMAN X MİKORİZA X KURAKLIK	6	2,25956	0,37659	1,85221	0,116406
HATA	36	7,31959	0,20332	-	-

*: $p < 0.05$ ** : $p < 0.01$; *: $F > F_{(1, 12, 0.05)} = 4.75$ **: $F > F_{(1, 12, 0.01)} = 9.33$; *: $F > F_{(3, 36, 0.05)} = 2.92$
 **: $F > F_{(3, 36, 0.01)} = 4.51$

**Şekil 4.25:** *Plantago lanceolata* L. bitkisinde mikoriza uygulamasının transpirasyon hızına etkisi



Şekil 4. 26: *Plantago lanceolata* L.bitkisinde zamanın transpirasyon hızına etkisi



Şekil 4.27: *Plantago lanceolata* L.bitkisinde zaman x mikoriza interaksiyonunun transpirasyon hızına etkisi

5.TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu araştırma *Rhizophagus intraradices* ile mikoriza oluşturmuş ya da mikorizasız, *Plantago lanceolata* L. bitkisinin farklı düzeylerde uygulanan kuraklık stresine karşı geliştirdiği ekofizyolojik değişiklikler ile toleransın belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür. Abiyotik stres faktörlerinden kuraklığın bitki gelişimi üzerine olumsuz etkilerinin, mikorizanın bitki beslenmesine, bitki gelişimine ve strese karşı olumlu katkılarından faydalanılarak, elimine edilip edilemeyeceği test edilmeye çalışılmıştır.

Araştırmamızda AM simbiyozu, bitki büyümesi, kök kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlığı arttırmıştır. Bunun yanı sıra mikorizanın kök/sürgün oranını %20 kadar arttırdığı, ancak kuraklık stresinin bu oran üzerinde etkili olmadığı saptanmıştır. Mikoriza uygulaması kuraklık stresinin büyüme üzerindeki olumsuz etkisini gidermede etkili olmuştur.

Mikoriza ürettiği oksin, sitokinin, vitaminler ve diğer maddeler ile kök alanını ve uzunluğunu arttırarak, kökleri patojenlerden korumakta ve suyun alımını, depolanmasını ve bitkiye taşınmasını arttırarak kuru maddelerinde artışlar sağlamaktadır (Daft ve Hacskaylo, 1976; Dixon, 1988; Koide, 1991; Kothari ve ark., 1991; Gopinathan ve Raman, 1992; Marschner ve Dell, 1994; Tarafdar ve Marschner, 1994 ve 1995; Marschner, 1995).

Nitekim simbiyozun bu parametreleri arttırdığı diğer bazı araştırmacılar tarafından da ortaya konulmuştur. Asrar ve Elhindi (2011) tarafından yapılan çalışmada *Tagetes erecta* bitkisine *Glomus constrictum* uygulanarak kuraklık stresinin etkilerindeki azalma incelenmiştir. Denemede 4 farklı (%100, %75, %50 ve %25) kuraklık seviyesi uygulanmıştır. Denemenin sonunda bu kuraklık seviyelerinde, toplam kuru ağırlığın, mikoriza içeren bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilere göre daha fazla olduğu saptanmıştır. Ayrıca mikorizal kolonizasyonun, kuraklık stresi altındaki *Tagetes erecta* bitkisinde kuraklık direncini, fosfor alımını, bitki büyümesini ve bitki verimini arttırdığı gözlenmiştir (Tablo 5.1).

Gür (1974) tarafından yapılan bir çalışmada, İngiltere'nin Reading Üniversitesi Çiftlik arazisinden alınmış ve steril edilmiş pH 7.2 ve çözünebilir fosfat miktarı 0.45 µg olan kumlu tın toprak örneğinde kırmızı üçgül yetiştirilmiştir. Mikoriza uygulanan kırmızı üçgül bitkisinin boy, kök uzunluğu, toprak üstü kısmı ve köklerin kuru ağırlıkları bakımından mikoriza uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek değerler saptanmıştır. Bu çalışmada ayrıca mikoriza uygulanan bitkilerin kök ve toprak üstü kısımlarındaki yüzde fosfor miktarları mikoriza uygulanmayan bitkilere göre daha yüksek bulunmuştur.

Li ve ark. (1991) iki farklı toprakta beyaz üçgül yetiştirerek yaptıkları sera denemesinde, her iki toprakta da yetiştirilen deneme bitkisinin gövde kuru ağırlığı ve fosfor alımının VA Mikoriza (*Glomus mosseae*) uygulanan bitkilerde, VA Mikoriza uygulanmayan bitkilere oranla daha yüksek olduğu saptanmıştır. Yine bu çalışma sonucunda, VA Mikoriza (*Glomus mosseae*) uygulamasıyla bitkinin fosfordan daha fazla yararlanması yanı sıra bakırdan da yararlanabildiklerini belirlemişlerdir.

Gerdemann (1964) tarafından yapılan bir çalışmada, steril edilmiş ve elverişli besin maddelerince fakir bir toprakta *E. Mosseae* uygulanmış ve uygulanmamış mısır bitkisi yetiştirilmiştir. Denemenin sonunda *E. Mosseae* uygulanmış mısır bitkisinin kuru ağırlığının kontrol bitkilerine oranla yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca *Mosseae* uygulanmış bitkilerin çok sağlıklı görüldüğü ve bitkilerin kök ve toprak üstü kısımlarının daha yüksek yüzde fosfor içerdikleri belirlenmiştir.

Morte ve ark. (2000) tarafından *Helianthemum almeriense* bitkisinde yapılan çalışma sonunda hem normal sulama koşullarında hem de kuraklık stresi altında *Terfezia clavaryi* ile inoküle edilmiş bitkilerde mikoriza içermeyen bitkilere göre kök kuru ağırlığında açıkça farklılık gözlenmiştir. Abbaspour ve ark. (2012) tarafından Antep fıstığında yapılan çalışma sonunda hem normal sulama koşullarında hem de kuraklık stresi altında bulunan mikorizalı bitkilerde bitki ağırlığının arttığı gözlenmiştir (Tablo 5.1). Wu ve Xia (2004 ve 2006) tarafından *Citrus tangerine* ve *Poncirus trifoliata* de yapılan çalışmada mikoriza içeren tohumlarda mikoriza içermeyen tohumlara göre sürgün ve kök kuru ağırlığının, bitki yüksekliğinin, yaprak sayısı ve alanının ve kök

çapının daha fazla olduğunu gözlenmiştir. Yine benzer sonuçlar Kaya ve ark. (2003) tarafından rapor edilmiştir. Sánchez-Blanco ve ark. (2004) tarafından *Rosmarinus officinalis* L. bitkisinde yapılan çalışma sonunda mikoriza içeren bitkilerde içermeyenlere göre sürgün ve kök ağırlıklarının arttığı gözlenmiştir (Tablo 5.1). Onoğur ve Demir (1999) sürgün ve kökteki yaş ve kuru ağırlıkların AMF uygulaması ile arttığını gözlemiştir.

Tablo 5.1: Bazı araştırmacıların mikoriza uygulamasının bitkilerde kök kuru ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı üzerindeki etkisinin sonuçları

LİTERATÜR	DENEY BİTKİSİ	KÖK KURU AĞIRLIĞI		GÖVDE KURU AĞIRLIĞI	
		NM	AM	NM	AM
Asrar ve ark. (2011)	<i>Antirrhinum majus</i> L.	2,00	2,55	3,20	3,89
Abbaspour ve ark. (2012)	<i>Pistacia vera</i> L.	0,29	0,40	1,46	1,97
Wu ve Xia (2006)	<i>Citrus tangerine</i>	0,37	0,67	0,80	1,04
Sánchez-Blanco ve ark. (2004)	<i>Rosmarinus officinalis</i> L.	34,4	36,1	21,5	23,4

Çalışmamızda, kuraklık stresi uygulamasının, kök kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve toplam kuru ağırlık üzerinde etkisi görülmemiştir.

Jama ve Ottman (1993), mısır bitkisinin ilk büyüme safhalarında kuraklığın nasıl bir etkisi olduğu konusunda çalışmalar yapmışlar ve sonuçta bitkinin kuru ağırlığında bir düşüş meydana geldiğini gözlemlemişlerdir. Alexieva ve ark. (2001), buğdayda 7 gün, bezelyede ise 10 gün süresince kuraklık stresinde bitkilerde meydana gelen değişimleri incelemişlerdir. Her iki türde de yaş ve kuru ağırlıkta kontrol bitkilerine göre kayıplar gözlenirken, yaprak su içeriğinde de azalma meydana gelmiştir.

Fernández-Conde ve ark. (1998) tarafından yapılan çalışmada farklı PEG (0, 30 ve 60 g/L) konsantrasyonlarında yetiştirilen pamuk bitkisinde artan PEG dozu ile sağlanan kuraklık stresinin bitki gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bitkiler yaş ağırlık bakımından kontrol bitkilerine oranla % 27-42 oranlarında kayıplar gösterirken, kuru ağırlık bakımından % 11-20 oranında bir azalma belirlenmiştir. Ayrıca nisbi büyüme oranı, stoma geçirgenliği ve net fotosentez oranında da kontrol bitkilerine oranla kayıplar meydana gelmiştir. Tsuji ve ark. (2003), yaptıkları bir çalışmada farklı sorgum çeşitlerinin kuraklık stresi sonucu tepkilerini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, bitki kuru ağırlıklarının kontrol bitkilerine oranla % 43-58 oranında, yaprak alanının ise % 28-64 oranında azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca yaprak su potansiyeli, yaprak su içeriği, net fotosentez oranı, stoma geçirgenliği ve transpirasyon oranı strese bağlı olarak düşmüştür. Araştırmacılar bunlara ek olarak yaprak fotosentez oranı ile biyomas arasında pozitif bir korrelasyon olduğunu saptamışlardır.

Abdalla ve El-Khoshiban (2007), kuraklık stresinin buğdayda meydana getirdiği etkilerini araştırdıkları bir çalışmada, stres sonucu gövde boyunun %43-58 oranında azaldığını, yaş ağırlığın ise kontrol bitkilerine oranla %85 oranında azaldığını belirlemişlerdir. Çalışmada kuru ağırlıkta stres sonucu kayıplar meydana geldiği belirtilirken yaprak su içeriğinin duyarlı olan çeşitte %33, toleranslı olanda ise %28 düzeyinde azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar stres sonucu kök ağırlık ve sayısında da artışlar meydana geldiğini ifade etmişlerdir.

Araştırmamızda kuraklık uygulamasının yaprak yaş ağırlığını etkilediği belirlenirken, mikoriza uygulamasının herhangi bir etkisi görülmemiştir. Diğer bir ifade ile mikoriza uygulaması, yaprak yaş ağırlığı üzerinde kuraklık stresinin olumsuz etkisini gidermede etkili olmamıştır. Verilere göre en yüksek yaprak yaş ağırlığına düşük seviyeli kuraklık uygulamasında rastlanmıştır. Kuraklık stresi sonucu hücrede meydana gelen su kaybı, plazma membranında oluşan çökme ve serbest kalan hidrolitik enzimler sitoplazmanın otolizine neden olmakta, sonuçta büyümede yavaşlama ve turgorda azalma meydana gelmektedir (Kalefetoğlu ve Ekmekçi, 2005). Literatürlerde de belirtildiği gibi meydana gelen bu fizyolojik olayların tümü kuraklık stresi altında büyümede yavaşlamaya, yaş ağırlıkta azalmaya neden olur. Çalışmamızda, yaprak yaş ağırlık ölçümünün,

kuraklık toleransını belirlemede kullanılabilecek güvenilir bir parametre olmadığı düşünülmektedir.

Araştırmamızda, mikoriza uygulamasının yaprak sayısı üzerine bir etkisi belirlenmezken, kuraklık uygulamasının etkili olduğu saptanmıştır. Sonuçlarımıza göre, mikoriza uygulanan bitkilerde yaprak sayısı 13,5 iken mikoriza uygulanmayan bitkilerdeki yaprak sayısı 12,6 olarak bulunmuştur. Farklı kuraklık seviyeleri uygulaması sonucunda en yüksek yaprak sayısına düşük seviyeli kuraklık uygulamasında rastlanmıştır. Diğer bir ifade ile, mikoriza uygulaması kuraklık stresinin yaprak sayısı üzerindeki olumsuz etkilerini gidermede etkili olmamıştır.

Yetersiz su alımına bağlı olarak terlemedeki azalma genelde, stoma porunun kapanması ve bitki sürgünlerinin içeriğindeki suyun azalmasıyla ortaya çıkar. Bu durum kuraklık stresinin yapraklarda geliştiğinin bir göstergesidir (Pessarakli, 1999).

Iqbal ve ark. (2008), iki ayrı ayçiçeği çeşidinde yaptıkları bir araştırmada, kuraklık stresinin bitki gelişimi ve verim üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Kuraklık stresi her iki çeşitte de yaprak su içeriği, osmotik ve turgor potansiyelinin azalmasına neden olmuştur.

Uysal (2007), mısır bitkisine mikoriza uygulamış ve bu uygulamanın bitkinin yaprak sayısına etkisinin olmadığını bildirmiştir. Asrar ve ark. (2012) tarafından aslanağzı bitkisinde yapılan çalışma sonunda farklı seviyedeki kuraklık uygulamasının yaprak sayısını etkilediği görülmüştür. Normal sulama koşullarında yaprak sayısı 96,5 iken düşük, orta ve yüksek kuraklık seviyelerinde sırasıyla 80,59 ve 42 bulunmuştur. Wu ve Xia (2006) tarafından *Citrus tangerine* bitkisinde yapılan çalışma sonunda kuraklık stresi altında yaprak sayısının (18,4) normal sulama koşullarındaki yaprak sayısından (24,85) daha düşük olduğu görülmüştür. Kuraklık stresinin yaprak sayısı üzerindeki etkisi, kurak koşullarda transpirasyonla kaybedilen su miktarını azaltmaya yönelik, yaprak büyümesinin engellenmesi ve yeni yaprak oluşumunun sınırlandırılması gibi morfolojik değişimler şeklinde görülmektedir (Mahajan ve Tuteja, 2005).

Araştırmamıza ait yaprak boyu sonuçları analiz edildiğinde, mikoriza uygulamasının yaprak boyunu %17 arttırdığı ancak kuraklık uygulamasının etkili olmadığı saptanmıştır. Diğer bir ifadeyle, mikoriza uygulaması yaprak boyu üzerinde olumlu etki göstermiştir.

Bizim verilerimize göre, mikoriza uygulaması, farklı kuraklık seviyeleri uygulaması ve Mikoriza x Kuraklık interaksyonunun yaprak alanı üzerinde hiçbir etkisi görülmemiştir.

Şeker kamışı bitkisi ile yapılan bir deneyde su kıtlığının bitki boyunu ve yaprak alanını azalttığı gözlemlenmiştir (Inman-Bamber, 2004). Beyaz yonca bitkisi ile yapılan başka bir çalışmada kısa süreli kuraklık dönemleri yaprak alanında azalmaya neden olmuş ama yaprak sayısında herhangi bir etkisi görülmemiştir. Daha uzun süreli kuraklıkta ise yaprak sayısında da düşüşler gözlenmiştir. *Asteriscus maritimus* L. ile yapılan bir deneyde su stresinin bu bitkinin biyolojik kütlelerine etki ederek azalttığı ve yaprak alanının indirildiği gözlemlenmiştir.

Abbaspour ve ark. (2012) tarafından Antep fıstığında yapılan çalışmada yaprak alanı, mikorizalı bitkilerde mikorizasız bitkilere göre ve normal sulama koşullarındaki bitkilerde kuraklık stresi uygulanmış bitkilere göre daha fazla bulunmuştur. Wu ve Xia (2006)'nın *Citrus tangerine* üzerinde yaptığı çalışmada mikoriza ve kuraklık uygulamasının yaprak alanı üzerinde etkili olduğu, Mikoriza x Kuraklık interaksyonunun hiçbir etkisinin olmadığı görülmüştür.

Sankar ve ark. (2008), beş farklı bamya çeşidinde yaptıkları çalışmalarında kuraklık stresi uyguladıkları bitkileri %60, kontrol bitkilerini %100 tarla kapasitesinde sulamışlardır. Kuraklık stresi uygulanan bitkilerin yaprak alanı, biyomas, verim ve net fotosentez oranında kontrol bitkilerine göre azalmalar kaydedilmiştir.

Araştırmamızda, mikoriza uygulaması, farklı kuraklık seviyeleri uygulaması, saksı derinliği ve mikoriza x kuraklık interaksyonu toprak bağıl su içeriği üzerinde etkili olmuştur. Mikoriza uygulanmış bitki topraklarının bağıl su içeriğinde mikoriza uygulanmamış bitkilerin toprağına oranla yaklaşık %10 azalma görülmüştür. Bunun

nedeni, mikorizalı bitkilerin daha yüksek su istekleri ve yüksek transpirasyon hızları olması sonucu topraktan daha fazla su almalarıdır. En yüksek toprak bağıl su içeriği değerine düşük seviyeli kuraklık uygulamasında rastlanırken, yüksek seviyeli kuraklık uygulamasında bu değer yaklaşık % 75 azaldığı görülmüştür. Hasat sırasında bağıl su içeriğinin hesaplanması için saksıların en üst, orta ve en alt kısımlarından toprak örnekleri alınmıştır. Yapılan istatistik sonuçlarında derinliğin bağıl su içeriğini etkilediği görülmüştür. En yüksek değere bitki köklerinin yoğunlaştığı orta bölümden alınan toprak örneklerinde rastlanmıştır. Düşük seviyeli kuraklık uygulamasında AM'li bitki topraklarında bağıl su içeriği NM'li bitkilerden daha fazla iken, orta ve yüksek seviyeli kuraklıkta daha az olduğu görülmüştür.

Zhu ve ark.(2012), tarafından *Zea mays* L. üzerinde yapılan çalışmada AM kolonizasyonunun mısır bitkisinin bağıl su içeriğini etkilediği, kuraklık stresi altında AM'li bitkilerde NM'li bitkilere oranla daha yüksek değerde olduğu ancak normal sulama koşullarında AM ve NM bitkilerinde bağıl su içeriği bakımından fark olmadığı belirtilmiştir. Wu ve Xia (2006) tarafından *Citrus tangerine* bitkisinde yapılan çalışma sonunda bağıl su içeriğine mikoriza ve kuraklık uygulamasının etkili olduğu ancak Mikoriza x Kuraklık interaksiyonunun etkili olmadığı belirtilmiştir. Romanello ve ark. (2008), kurak şartlarda yetiştirilen *Acorus americanus* türünde çimlenme oranının %29-37, biyomas değerlerinin %46-73 oranında, bağıl su içeriğinin ise %35 oranında azaldığını bildirmişlerdir.

Deneyimizde, köklerde kolonizasyon yüzdesi ve arbuskül miktarları ile ilgili sonuçlarda kuraklık stresinin etkisine rastlanmamıştır. Başka bir deyişle AM simbiyozu kuraklık stresinin olumsuz etkisini ortadan kaldırmıştır ya da kuraklık stresi uygulamasından önce köklerde tamamen kolonizasyon meydana gelmiş ve stres kolonizasyonu engelleyememiştir. Vesikül miktarı üzerinde ise kuraklık stresinin etkisi görülmüştür. En yüksek vesikül miktarı düşük seviyeli kuraklık uygulamasında karşımıza çıkmıştır. Bu olayın nedeni şöyle açıklanabilir: Düşük kuraklıkta, fotosentez hızındaki yükseklik ile ilişkili olarak konukçu bitkide yeterli karbon kaynağı olduğu için bu mantar tarafından kullanılabilir ve bu karbonu depolamak için daha fazla miktarda vesikül bulunmaktadır. Orta ve yüksek kuraklıkta ise, karbon transferi daha az miktarda olduğu için vesikül sayısı azalmıştır.

Morte ve ark. (2000) tarafından yapılan çalışma sonunda *Helianthemum almeriense* bitkisinde kuraklık stresinin mikorizal kolonizasyon yüzdesini etkilemediği de belirlenmiştir (normal sulama koşullarında mikorizal kolonizasyon %13.46, kuraklık stresi altında mikorizal kolonizasyon %13.44). Zhu ve ark.(2012), tarafından *Zea mays* L. üzerinde yapılan çalışmada kuraklık stresinin köklerde kolonizasyon yüzdesini etkilediği, normal sulama koşulları altında kolonizasyon yüzdesinin %41,7 iken kuraklık stresi altında %33 olduğu bildirilmiştir. Asrar ve ark. (2012) tarafından aslanağzı bitkisinde yapılan çalışma sonunda kolonizasyon yüzdesinde kuraklık stresi altında önemli bir azalma olduğu belirtilmiştir. Abbaspour ve ark. (2012) tarafından Antep fıstığında yapılan çalışmada normal sulama koşullarındaki bitkilerde kolonizasyon %49,6 iken kuraklık stresi altında %32'ye düşmüştür. Wu ve Xia (2006) tarafından *Citrus tangerine* üzerinde yapılan çalışmada kuraklık stresinin mikorizal kolonizasyonu azalttığı görülmüştür (normal sulama koşulları altında kolonizasyon %44,08; kuraklık stresi altında %32,9).

Mikorizal mantarın ürettiği hiflerin çapları ve hiflerin meydana getirdiği geniş yüzey alanlarının etkisi ve fosforun mikoriza hiflerinin vakuollerinde polifosfat olarak biriktirilmesi ile ATP'ye alternatif bir enerji oluşturması, hiflerin fosforu etkin bir şekilde almasını sağlar (Smith & Gianninazzi-Paerson, 1988). Mikoriza, toprağın en derin katmanlarına kadar olan yayılma özelliği ve yüksek metabolizma hızı nedeni ile topraktan iyonların alımı, birikimi ve konukçu bitkiye taşınımında önemli rol almaktadır (Manske, 1990; Marschner ve ark., 1991; George ve ark., 1992; Raman ve Mahadevan, 1996). Konukçu bitki ile ortak yaşam oluşturan mikorizanın büyüme ve gelişmesi, kök salgıları (Sun ve Fries, 1992) ve konukçu bitkinin kimyasal bileşenleri (Fries, 1989) vasıtasıyla olmaktadır. Konukçu bitkinin kök sisteminin etkinliğinin artmasıyla N, P, K, Ca, S, Zn ve Cu gibi mineraller mikoriza tarafından topraktan alınarak konukçu bitkiye taşınmaktadır (Smith ve ark., 1985; Lambert ve Weidensaul, 1991; Smith ve ark., 1994; Guo ve ark., 1996; Bagayoko, 1999).

Mikoriza, özellikle hareketliliği yavaş olan besin elementlerinin alımına yardımcı olarak ve onların depolanmasını sağlayarak, bazılarının ise konsantrasyonlarının toksik düzeye ulaşmasını önleyerek bitkiye yardımcı olmaktadır (Tinker, 1978; Mossea, 1981; Juniper

ve Abbott, 1983; Arines ve ark., 1989; Norland, 1993; Srivastava ve Mukerji, 1995; Raman ve Mahadevan, 1996; Srivastava ve ark., 1996; Ortaş, 1997; Smith ve Read, 1997). Smith ve Smith (1981), kök bölgesinin 4 cm uzağındaki besin elementlerinin hifler vasıtasıyla alınarak bitkinin köküne taşındığını, Bielecki (1973), VAM'ın kök bölgesinin absorbe alanının etkinliğini 10 kat kadar arttırdığını, Raman ve Mahadevan (1996), ise mikorizanın hareketliliği yavaş olan elementlerin (P, Zn, Cu) alımını 60 kata kadar arttırdığını bildirmişlerdir. Diğer besin elementleriyle birlikte hem toprak hem de mantar vasıtasıyla bitki büyümesini sağlayan fosfat, toprağa salgı ve artık madde olarak dönmektedir (Raman ve Mahadevan, 1996).

Araştırma sonuçlarımız mikorizanın topraktaki fosfat ve nitrat miktarları üzerinde etkili olduğunu göstermiştir. NM'li bitki topraklarında fosfat miktarı 0,26 mg/l, nitrat miktarı 2,16 mg/l iken AM'li bitki topraklarında fosfat miktarı 0,14 mg/l, nitrat miktarı 0,37 mg/l olarak bulunmuştur. Mikorizanın besin alımı içerisinde en büyük artışı fosfor alımında yaptığı bildirilmiştir (Srivastava ve ark., 1996). Bu nedenle AM'li bitkiler topraktan daha fazla fosfat aldıkları için, fosfat toprakta daha düşük düzeyde bulunmaktadır. Mikoriza aynı zamanda nitrat alımını da arttırdığı için AM'li bitkilerin yetiştirildiği topraktaki miktar daha düşük seviyededir. Başka bir ifade ile, toprak besin elementlerinin tüketimi bitki büyüklüğü ve mikoriza ile ilişkilidir. Yüksek besin tüketimi, toprakta kalan düşük besin içeriği ile aynı anlamdadır. AM'li bitkilerin büyüklükleri (toplam kuru ağırlıkları) NM'li bitkilerden daha fazladır ve bu da AM'li bitkilerin yüksek miktarda besin tükettiğini, dolayısıyla daha düşük toprak besin içeriğine sahip olduklarını göstermektedir.

Holevas (1966) tarafından yapılan bir çalışmada, elverişli fosforca fakir, steril edilmiş kum+toprak karışımı kullanılmıştır. *E. Mosseae* uygulanmış ve uygulanmamış toprakta çilek yetiştirilmiş ve *E. Mosseae* uygulanmış bitkilerin daha iyi gelişme gösterdiği ayrıca yüzde fosfor olarak da daha yüksek fosfor içerdikleri saptanmıştır. George ve ark. (1992), tarla ayrığı ve beyaz üçgül bitkileri ile yaptıkları sera çalışmasında, VA Mikoriza hifleri aracılığıyla bitki köklerinden birkaç santimetre uzaklıktaki fosfor ve azotu alarak bitkiye transfer ettiklerini belirlemişlerdir.

Belirli aralıklarla hasata kadar yapılan toprak nem değerleri ölçümlerine göre AM bitkilerinin yetiştirildiği toprakların nem değeri NM bitkilerinin yetiştirildiği toprakların nem değerlerine göre %50 yüksektir. Mantar tarafından salgılanan glomalın adlı bileşik toprak agregatlaşmasına sebep olmaktadır. Agregatlaşmış topraklarda, toprağın su tutma kapasitesi primer toprak taneciklerinin oluşturduğu toprak kitlesininkinden daha yüksektir. AM'li bitkilerin topraklarında nem değerinin yüksek olması bu nedenle olabilir. En yüksek toprak nem değerine düşük seviyeli kuraklık stresinde rastlanmıştır.

Su potansiyeli değerleri üzerinde yapılan istatistik sonuçlarına göre mikoriza uygulaması yaprak su potansiyelini etkilemiştir. AM'li bitkilerde yaprak su potansiyeli değeri NM'li bitkilere göre % 30 oranında azalmıştır. Bu durum AM'li bitkilerin mikorizasız bitkilerden daha büyük olmaları, daha yüksek transpirasyon hızı ve daha fazla su talebine sahip olmaları ile açıklanabilir.

Rodriguez ve ark.,(2004) tarafından yapılan çalışmada, su eksikliğinin yaprak su potansiyelleri ile yaprak iletkenliğini belirgin bir şekilde azalttığı, yaprak dokularında dehidrasyon oluşturduğu ve turgor kayıplarına neden olduğu, sonuçta da stomaların kapandığı gözlemlenmiştir.

Echevarria-Zomeno ve ark. (2009), tarafından *Quercus ilex* türünde yapılan bir çalışmada bitkiler 14 gün süresince kurak koşullarda yetiştirilmiştir. Yaprak su potansiyeli stres başlangıcında -0.72 MPa iken, stresten 7 gün sonra -0.99 MPa; 14 gün sonra ise -1.50 MPa'ya düşmüştür. Stres, gövde su içeriğinde de azalmalara neden olmuştur. 0. günde %49.31 olan bağlı su içeriği değerleri stresin 14. gününde %40.77 düzeyine gelmiştir.

Bizim deney sonuçlarımıza göre *Plantago lanceolata* L. bitkisinde fotosentez hızı mikoriza uygulamasından olumlu anlamda etkilenmiştir. AM'li bitkilerde fotosentez hızı NM'li bitkilere göre %100 artış göstermiştir. Çünkü AM simbiyozu artan transpirasyon hızı ve azalan stoma direnci ile fotosentez hızını arttırmaktadır. Aynı zamanda mikoriza uygulaması transpirasyon hızını da etkilemiştir. Çünkü yüksek su isteği yüksek transpirasyon ile ilişkilidir ve eşit oranda ilerler. AM'li bitkilerde transpirasyon hızı NM'li bitkilere oranla %100'den daha fazla artmıştır.

Zhu ve ark. (2012), tarafından *Zea mays* L. üzerinde yapılan çalışmada mikorizalı bitkilerin hem normal sulama koşulları altında hem kuraklık stresi altında daha yüksek fotosentez ve transpirasyon hızına sahip oldukları belirtilmiştir. Yine literatürde, AM simbiyozuna sahip bitkilerin daha yüksek fotosentez hızına sahip oldukları belirtilmiştir (cf. Augé 2001). Morte ve ark. (2000), tarafından *Helianthemum almeriense* üzerinde yapılan çalışmada fotosentez ve transpirasyon hızları mikorizalı bitkilerde mikorizasız bitkilere oranla daha yüksektir (mikorizalı bitkide fotosentez hızı: $13,1 \mu\text{mol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$, transpirasyon hızı: $4,36 \text{ mmol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$; mikorizasız bitkide fotosentez hızı: $8,51 \mu\text{mol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$, transpirasyon hızı: $3,11 \text{ mmol} \times \text{m}^{-2} \times \text{s}^{-1}$).

Wu ve Xia (2006) tarafından *Citrus tangerine* üzerinde yapılan bir çalışmada da mikoriza uygulaması fotosentez ve transpirasyon hızını arttırmıştır. Ruiz-Sánchez ve ark.(2010), tarafından yapılan çalışmada kuraklık stresine maruz bırakılan pirinç bitkisinde arbusküler mikorizal simbiyozun fotosentezi arttırdığı ve pirinçin antioksidatif yanıtı incelenmiştir. Çalışma sonunda pirinç'te mikorizal kök kolonizasyonunun iyi bir seviyeye ulaştığı ve bu durumun kuraklık stresi altında bitkiye faydalı olduğu ve bitki gelişimini arttırdığı gözlenmiştir. Ayrıca mikorizal simbiyozun pirinç'te antioksidan molekül olan glutatyon'un birikimine neden olduğu, hidrojen peroksit birikimini ve oksidatif hasarı azalttığı da bildirilmiştir. Fini ve ark., (2013) tarafından yapılan çalışmada *Jatropha curcas* bitkisinde su stresinin bitki büyümesi, yaprak gaz değişimi ve su ilişkileri üzerine etkileri incelenmiştir. Stresten 18 gün sonra stres altındaki bitkilerin kontrol grubuna göre daha küçük yaprak alanına, daha az bitki kuru ağırlığına, net fotosentez oranına ve su potansiyeline sahip olduğu bildirilmiştir.

Elde ettiğimiz bulgulara göre AM simbiyozu *Plantago lanceolata* L. bitkisinde kök kuru ağırlığını, yaprak kuru ağırlığını, toplam kuru ağırlığı ve yaprak boyunu arttırarak büyümeyi olumlu bir şekilde etkilemiştir. Başka bir deyişle, mikoriza kuraklık stresinin büyüme üzerindeki olumsuz etkisini gidermede etkili olmuştur. Kuraklık stresinin yaprak yaş ağırlığı ve yaprak sayısında etkili olduğu görülmüştür. Köklerde mikorizal kolonizasyonda kuraklık stresinin etkili olmadığı yani mikoriza uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkisini ortadan kaldırdığı saptanmıştır. Mikoriza, bitkilerde element alımını arttırdığı için bu bitkilerin yetiştirildiği topraktaki nitrat ve fosfat miktarları da

buna paralel olarak azalmaktadır. Fotosentez ve transpirasyon bitki gelişimi ile metabolizması için en önemli faktörlerdendir. Deneyimizdeki mikoriza uygulaması fotosentez ve transpirasyon hızını arttırarak bitki gelişimini olumlu şekilde etkilemiştir.

AM konukçu bitki ile oluşturduğu simbiyotik yaşam nedeniyle kök yüzey alanını genişleterek bitkilerin besin, su ve tuz alımını arttırır, azot ve karbon döngüsünü olumlu yönde etkiler ve karbonhidrat fizyolojisini düzenler. Böylece bitkide çeşitli biyotik ve abiyotik stres koşullarına karşı toleranslılık durumlarını arttırabilir (Smith ve Read, 1997).

Bulgularımız, mikoriza uygulaması ile küresel ısınmanın beraberinde getirdiği kuraklık stresinin, bitki büyümesi, besin alımı, fotosentez ve transpirasyon üzerindeki olumsuz etkilerinin büyük ölçüde azaltılabileceğini ve tıbbi açıdan son derece önemli olan *Plantago lanceolata* L. bitkisinin yetiştirilmesi konusunda tarıma yeni bir strateji kazandırılabilceğini düşündürmektedir.

KAYNAKLAR

- ABBASPOUR, H., SAEIDI-SAR, S., AFSHARI, H., ABDEL-WAHHAB, M.A., 2012, Tolerance of Mycorrhiza Infected Pistachio (*Pistacia vera* L.) Seedling to Drought Stress Under Glasshouse Conditions. *Journal of Plant Physiology*. 169:704– 709
- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D., 1982, The Role of Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Agriculture and The Selection of Fungi for Inoculation. *Australian Journal of Agricultural Research*. 33. 38948.
- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D., 1991a, Factors Influencing The Occurrence of Vesicular Arbuscular Mycorrhizas. *Journal Agriculture, Ecosystem and Environment*. 35, 121-150.
- ABBOTT, L.K., ROBSON, A.D., 1991b, Field Management of VA mycorrhizal fungi. *In: The Rhizosphere and Plant Growth* (Ed, by D.L. Keister and P.B. Cregan) pp. 355–362. Kluwer, Dordrecht.
- ABDALLA, M.M., EL-KHOSHIBAN, N.H., 2007, The Influence of Water Stress on Growth, Relative Water Content, Photosynthetic Pigments, Some Metabolic and Hormonal Contents of Two *Triticum aestivum* Cultivars. *Journal of Applied Sciences Research*. 3(12): 2062-2074.
- AIYELAAGBE, I.O., FAWUSI, M.O.A, BABAOLA, O., 1986, Growth Development Yield of Pawpaw (*Carica papaya* L.) Homestead Selection in Response to Soil Moisture Stress. *Plant and Soil*. 93: 427,435.
- AKINCI, Ş., 1997, Physiological Responses to Water Stress by *Cucumis sativus* L. and Related Species. *Ph. D. Thesis. University of Sheffield. U. K.* 8-11.
- AKTURA, N., 1990, Bitkilerde Su Stresi ve Sulama Zamanının Belirlenmesi Amacıyla Kullanılması. *Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye*. 1, 2, 16-20, 27, 39, 41.
- ALEXIEVA, V., SERGIEV, I., MAPELLI, S., KARANOV, E., 2001, The Effect of Drought Ultraviolet Radiation on Growth and Stres Markers in Pea and Wheat. *Plant, Cell And Environment*. 24 (12): 1337-1344.
- AL-KARAKI, G. N., 1998, Benefit, Cost and Water-use Efficiency of Arbuscular Mycorrhizal Durum Wheat Grown Under Drought Stress. *Mycorrhiza*. 8: 41-45.

- AL-KARAKI, G.N., AL-RADDAD, A., 1997, Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Drought Stress on Growth and Nutrient Up-take of Two Wheat Genotypes Differing in Drought Resistance. *Mycorrhiza*. 7: 83-88.
- ALLEN, F. M., 1991, The Ecology of Mycorrhizae. *Cambridge University Press*. 184 pp.
- ALLEN, M. F., MOORE, T. S., CHRISTENSEN, M., 1980, Phytohormone Changes in *Bouteloua gracilis* Infected by Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. I. Cytokinin Increases in the Host Plant. *Canadian Journal of Botany*. 58: 371-374.
- AMERIAN, M. R., STEWART, W., 2001, Effect of Two Species of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Growth, Assimilation and Leaf Water Relations in Maize (*Zea mays*). *Aspects of Applied Biology*. 63: 1-6.
- ANGLE, I.S., HECKMAN, J.R., 1986, Effect of Soil pH and Sewage Sludge on VA Mycorrhizal Infection of Soybeans. *Plant and Soil*. 93: 437-441.
- ARINES, J., VILARINO, A., SAINZ, M., 1989, Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Mn Uptake by Red Clover. *Agriculture, Ecosystem and Environment*. 29: 1-4.
- ARORA, A., SAIRAM, R.K., SRIVASTAVA, G.C., 2002, Oxidative Stress and Antioxidative Systems in Plants. *Current Science*. 82: 1227-1238.
- ASADA, K., 1994, Mechanisms for Scavenging Reactive Molecules Generated in Chloroplast Under Light Stress. In *Photoinhibition of Photosynthesis*, N.R. Baker and J. R. Bower, eds. *Bios Scientific Publishers, Oxford*. pp. 131-145.
- ASRAF, M., IRAM, A., 2005, 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.
- ASRAR, A.A., ELHINDI, K.M., 2011, Alleviation of Drought Stress of Marigold (*Tagetes erecta*) Plants by Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Saudi Journal of Biological Sciences*. 19: 38-46.
- ASRAR, A.A., ABDEL-FATTAH, G.M. and ELHINDI, K.M., 2012, Improving Growth, Flower Yield, and Water Relations of Snapdragon (*Antirrhinum majus* L.) Plants Grown Under Well-Watered and Water-Stress Conditions Using Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Photosynthetica*. (ISI, impact factor: 1.016), 50 (2) 305-316.
- AUGÉ, R. M., SCHEKEL, K. A., WAMPLE, R. L., 1986a, Greater Leaf Conductance of Well-Watered VA Mycorrhizal Rose Plants is not Related to Phosphorus Nutrition. *New Phytologist*. 103: 107-116.

- AUGÉ, R. M., SCHEKEL, K. A., WAMPLE, R. L., 1986b, Osmotic Adjustment in Leaves of VA Mycorrhizal and Non-Mycorrhizal Rose Plants in Response to Drought Stress. *Plant Physiology*. 82: 765-770.
- AUGÉ, R.M., 2001, Water Relations, Drought and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza*. 11: 3-42.
- AYDEMİR, O., İNCE, F., 1988, " Bitki Beslenme" *Atatürk Üniversitesi yayınları*. No:2 Diyarbakır. 211-249.
- AZCON, R., BAREA, J.M., HAYMAN, D.S., 1976, Utilization of Rock Phosphate in Alkaline Soil by Plant Inoculated with Mycorrhizal Fungi and Phosphate Solubilizing Bacteria. *Soil Biology & Biochemistry*. 8: 135-138.
- AZCON, R., AZCON, G., DE AGUILAR, C., BAREA, J.M., 1978, Effects of Plant Hormones Present in Bacterial Cultures on the Formation and Responses to VA Endomycorrhiza. *New Phytologist*. 80: 359-364.
- AZCON, T., OCAMPO, J.A., 1981, Factors Affecting the Vesicular- Arbuscular Infection and Mycorrhizal Dependency of Thirteen Wheat Cultivars. *New Phytologist*. 87: 677-685.
- BAATH, E., SPOKES, J., 1988, The Effect of Added Nitrogen and Phosphorus on Mycorrhizal Growth Response and Infection in *Allium schoenoprasum*. *Canadian Journal of Botany*. 67: 3227-3228.
- BAGAYOKO, M., 1999, Site-Specific Effects of Cereal/Legume Rotations in West Africa: Soil Mineral Nitrogen, Mycorrhizae and Nematodes. *Verlag Grauer, Stuttgart*.
- BAGYARAJ, D. J., 1991, Ecology of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. IN: D.K.Arora et al. (Eds.) Handbook of Applied Mycology. *Soil and Plants*. Vol. 1. Marcel Dekker. USA.
- BAGYARAJ, D.J. and MANJUNATH, 1981, Influence of Soil Inoculation with Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Phosphate-Dissolving Bacterium on Plant Growth and ³²P-Uptake. *Soil Biology & Biochemistry*. 13:105-108
- BAGYARAJ, D.J., MANJUNATH, A., GOVINDO RAO, Y.S., 1988, Mycorrhizal Inoculation Effect on Different Crops. *Journal of Soil Biology and Ecology*. 8: 98-103.
- BAGYARAJ, D.J. and MENGE, J.A., 1978, Interaction Between a VA Mycorrhiza and Azotbacter and Their Effects on Rhizosphere Mycoflora and Plant Growth. *New Phytologist*. 80: 567-573.
- BAGYARAJ, D., SREERAMULA, K.R., 1982, Preinoculation with Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Improves Growth and Yield of Chilli Transplanted in the Field and Saves Phosphatic Fertilizer. *Plant and Soil*. 69 : 375-381.

- BANSAL, M., MUKERJI, K.G., 1994, Positive Correlation Between VAM Induced Changes in Root Exudation and Mycorrhizosphere Mycoflora. *Mycorrhiza*. 5: 39-44.
- BAREA, J.M., BROWN, M.E., MOSSE, B., 1973, Association Between VA Mycorrhiza and Azotobacter. *Rothemsted Experimental Station Report for 1972*. pp. 81-82.
- BARLOW, E.M.R., MUNAS, R.E., BRADY, C.J., 1980, Drought Responses of Apical Meristems. New York, Chichester, Bristone, Toront, 191-204.
- BARLOW, E.M.R., MUNAS, R.E., BRADY, C.J., 1986, Drought, Responses of Apical Meristems, In: Turney, N.C. ve Kramer, P.J. (eds.): *Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress*. 191-2005. *Willey Interscience Publ.* New York.
- BASSETT I.J., CROMPTON C.W., 1968, Pollen Morphology and Chromosome Numbers of the Family Plantaginaceae in North America. *Canadian Journal of Botany - Revue Canadienne de Botanique* . 46: 349-361
- BAYLIS, G.T.S., 1975, The Magnolioid Mycorrhizal and Mycotrophy in Root Systems Derived from it. In 'Endomycorrhizas (eds. Sander, F. E., Mosse, B., and Tinker, P. B).
- BETHLENFALVAY, G.J., BROWN, M.S., AMES, R.N., THOMAS, R.S., 1998, Effects of Drought on Host and Endophyte Development in Mycorrhizal Soybeans in Relation to Water Use and Phosphate Uptake. *Physiol. Plan.* 72: 565-571.
- BIELESKI, R.L., 1973, Phosphate Pools, Phosphate Availability. *Ann. Rev. Plant Physiol.* 24:225-252.
- BLUM, A., 1986, Breeding Crop Varieties for Stress Environments. *Critical Reviews in Plant Sciences*. 2:199-237.
- BOTA J, MEDRANO H, FLEXAS J. 2004, Is Photosynthesis Limited by Decreased Rubisco Activity and RuBP Content Under Progressive Water Stress? *New Phytologist*. 162:671-681.
- BOWEN, G. D., 1980, Mycorrhizal Roles in Tropical Plants and Ecosystems. In 'Tropical Mycorrhiza Research' (Ed. Mikola), *Clarendon Press, Oxford*. pp. 165-190.
- BOYER, J.S., 1983, Environmental Stress and Crop Yield. *Duke University*. 3-7.
- BRAY, E.A., 1997, Plant Responses to Water Deficit. *Trends in Plant Science*. 2:48-54.

- BRITO, G., COSTA, A., FONSECA, H., SANTOS, C., 2003, Responses of *Olea europaea* Ssp. *Madernsis* in Vitro Shoots Exposed to Osmotic Stress. *Scientia Horticulturae*. 97: 411-417.
- BRUNDRETT, MC., 1991, Mycorrhizas in Natural Ecosystems. In: Macfayden A, Begon M, Fitter AH, editors. *Advances in Ecological Research*, vol. 21. London, UK: Academic Press. 171–313
- BRYLA, D.R., KOIDE, R.T., 1990, Role of Mycorrhizal Infection in the Growth and Reproduction of Wild vs. Cultivated Plants. II. Eight Wild Accessions and Two Cultivars of *Lycopersicon esculentum* Mill. *Oecologia*. 84: 82-92.
- CAKMAK, I., 1994, Activity of Ascorbate-Dependent H₂O₂ Scavenging Enzymes and Leaf Chlorosis are Enhanced in Magnesium and Potassium Deficient Leaves, But Not in Phosphorus Deficient Leaves. *Journal of Experimental Botany*. 45: 1259-1266.
- CAMPBELL, M.K., 1991, Biochemistry, Harcourt Brace Jovanovich College Publishers, Fort Worth, USA.
- CARON, M., 1989, Potential Use of Mycorrhiza in Control of Soil-Borne Diseases. *Canadian Journal of Plant Pathology*. 11:177– 179.
- CEBEL, N., 1989, <http://bahcebiz.com/>.
- CLARK, R.B., 1983, Plant Genotype Differences in the Uptake, Translocation, Accumulation and Use of Mineral Elements Required for Plant Growth. *Plant and Soil*. 72: 175-196.
- CONKLIN, A. R., BISWAS, P. K., 1978, A Survey of Asymbiotic Nitrogen Fixation in the Rhizosphere of Weeds. *Weed Science*. 26, 2, pp 148-150, 18 ref.
- CUTLER, J.M., RAINS, D.W., 1977, Effects of Irrigation History and Responses of Cotton to Subsequent Water Stress. *Crop Science*. 17:329-335.
- ÇAKIR, R., 2004, Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
- ÇEPEL, N., 1995, Toprak Fiziği. *İ.Ü Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul*. 104-105.
- ÇIRAK, C., ESENDAL, E., 2006, Soyada Kuraklık Stresi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*. 21(2): 231-237.
- DAFT, M.J., 1991, Influences of Genotypes, Rock Phosphate and Plant Densities on Mycorrhizal Development in the Growth Responses of Five Different Crops. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 35: 151-169.

- DAFT, M., HACSKAYLO, E., 1976, Arbuscular Mycorrhizas in the Anthracite and Bituminous Coal Wastes of Pennsylvania. *Journal of Applied Ecology*. 13: 523-531.
- DANIELS, B.A., MENGE, J.A., 1981, Evaluation of the Commercial Potential of the Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungus, *Glomus epigaeus*. *New Phytologist*. 87:345-354.
- DAVIES, W.J., MANSFIELD, T.A., WELBURN, A.R., 1980, A Role for Abscisic Acid in Drought Endurance and Drought Avoidance In : Skoog . F (eds.) *Plant Growth Substance*. 242-253. Spring, Berl Heidel New york.
- DAVIES, F.T., POTTER, J.R., LINDERMAN, R.G., 1992, Mycorrhiza and Repeated Drought Expouse Affect Drought Resistance and Extraradical Hyphae Development of Pepper Plants Indepent of Plant Size and Nutrient Content. *Journal of Plant Physiology*. 139: 289-294.
- DAVIS, E.A. and YOUNG, J.L., 1985, Endomycorrhizal Colonization of Glasshouse-Grown Wheat as influenced by Fertilizer Salts When Banded or Soil-Mixed. *Canadian Journal of Botany*. 63:1196-1203.
- DEMİR, S., 1998. Bazı Kültür Bitkilerinde Vesiküler-Arbusküler Mikoriza (VAM) Oluşumu ve Bunun Bitki Gelişimi ve Dayanıklılıktaki Rolü Üzerinde Araştırmalar. *Ege Üniv. Fen Bilimleri Enst. Bitki koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi*. 114 s. İzmir
- DEMİR, S., ONOGUR, E., 1999, Using of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza (VAM) (*Glomus intraradices* Schenck & Smith) Against Some of Root Diseases in the Ecological Agriculture Strategy. *Proceedings of 1st National Symposium of Ecological Agriculture, (NSEA'99), Izmir, Turkey*. pp: 108-115.
- DENMEAD, O.T, SHAW, R.H., 1960, The Effect of Soil Moisture Stress at Different Stages of Growth on the Development and Yield of Corn. *Agronomy Journal*. 52: 272-274.
- DHINDSA, R.S., Mathowe, W., 1981, Drought Tolerance in Two Mosses : Correlated with Enzymatic Defence Against Lipid Peroxidation. *Journal of Experimental Botany*. 32 (126) : 79-91.
- DIXON, R. K., 1988, Cytokinin Activity in *Citrus jambhiri* Seedlings Colonized by Mycorrhizal Fungi. In 'Mycorrhizae for Gren Asia' (eds. Mahadevan A., Raman, N., and Natarajan, K). *University of Madras, Madras, India*. pp. 136-138.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.K., 1979, Yield Response to Water Irrigation and Drainage. Paper 33; FAO, United Nations, Rome ,176.
- DUBEY, R.S., 1994. Protein Synthesis by Plants Under Stressful Conditions. In: *Handbook of Plant and Crop Stress*, Pessaraki, M. (Ed.). Marcel Dekker, New York, pp: 277-299.

- DUC, G., TROUVELOT, A., GIANINAZZI-PEARSON, V., GIANNINAZZI, S., 1989, First Report of Non-mycorrhizal Plant Mutants (myc-) Obtained in Pea (*Pisum sativum* L.) and Fababean (*Vicia faba* L.). *Plant and Soil*. 124: 1-6.
- DUNLOP, V.J., CSONKA, L.N., 1985, Regulation of the Osmotically Stimulated Transport of proline and Glycinebetaine in *Salmonella typhimurium* In: Key, G. I ve kosuge, L. (eds.) cellular and molecular Biology of plant stres, 115-128. Alan .R. Liss Inc New york.
- DUVERT, P., PERRIN, R., PLENCHETTE, C., 1990, Soil Receptiveness to VA Mycorrhizal Association: Concept and Method. *Plant and Soil*. 124: 1-6.
- EANSTIN, J.D., CASTLEBERRY, R.M., GERIK, T.J., HULTQUIST, J.H., 1983, Physiological Aspect of High Temperature and Water Stress. *Duke University*. 91-110.
- ECHEVARRÍA-ZOMENO,S., ARIZA, D., JORGE, I., LENZ, C., JESUSVJORRI, N.A., NAVARRO, R., 2009, Changes In the Protein Profile of *Quercus ilex* Leaves in Response to Drought Stres and Recovery. *Journal of Plantphysiology*. 166: 233-245.
- EKER, S., 2002, Yapraktan Azot Uygulamasının Limon ve Mandarinde Düşük Sıcaklık Stresine Etkisinin Antioksidatif Savunma Mekanizmaları Açısından Araştırılması. (doktora tezi, basılmamış). *Ç. Ü. Fen Bil. Enst., Adana*. 148s.
- EPSTEIN, E., NORLYN, D. J., RUSH, D. W., KINGSBUSY, R. W., KELLRY, D. S., CUNNINGHAM, G. A., WRONA, A. F., 1980, Saline Culture of Crops: A Agenetic Approach. *Science*. 219: 397-404.
- ESTAUN, V., CALVET, C., HAYMAN, D.S., 1987, Influence of Plant Genotype on Mycorrhizal Infection. Response of Three Pea Cultivars. *Plant and Soil*. 103:295-298.
- ESTAÚN, V., SAVÉ, R. and BIEL, C., 1997, AM Inoculation as a Biological Tool to Improve Plant Revegetation of a Disturbed Soil with *Rosmarinus Officinalis* Under Semiarid Conditions. *Applied Soil Ecology*. 6: 223–229.
- FABER, B.A., ZASOSKI, R.J., MUNN, D.N., SHACKEL., K.A., 1991, Method for Measuring Hypal Nutrient and Water Uptake in Mycorrhizal Plants. *Canadian Journal of Botany*. 69: 87-94.
- FARRANT, J.M., 2000, A Comparison of Mechanisms of Desiccation Tolerance Among Three Angiosperm Resurrection Plant Species. *Plant Ecology*. 151: 29-39.
- FERNÁNDEZ-CONDE, M.E., DE LA HABA, P., GONZALEZ-FONTES, A., MALDONADO, J.M., 1998, Effects of Drought (Water Stress) on Growth and Photosynthetic Capacity of Cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *5th Internet World Congress for Biomedical Sciences, December 7-16, Canada*.

- FINI, A., BELLASIO, C., POLLASTRI, S., TATTINI, M., FERRINI, F., 2013, Water Relations, Growth, and Leaf Gas Exchange as Affected by Water Stress in *Jatropha curcas*. *Journal of Arid Environments*. 89:21-29.
- FITTER, A.H., GARBAYS, J., 1994, Interactions Between Mycorrhizal Fungi and Other Soil Organisms. *Plant and Soil*. 159: 123-132.
- FLEXAS J, ESCALONA JM, MEDRANO H.1999a, Water Stress Induces Different Levels of Photosynthesis and Electron Transport Rate Regulations in Grapevines. *Plant, Cell and Environment*. 22: 39-48.
- FOYER, C.H., LENDAIS, M., KUNERT, K.J., 1994, Photooxidative Stress in Plants. *Physiologia Plantarum*. 92: 696-717.
- FREY, B., SCHUEPP, H., 1993, Acquisition of N by External Hyphae of AM Fungi Associated with Maize. *New Phytologist*. 124:221-230
- FRIES, N., 1989, The influence of Tree Roots on Spore Germination of Ectomycorrhizal Fungi. *Agriculture Ecosystem Environment*. 28: 139-144.
- FU, J., HUANG, B., 2001, Involvement of Antioxidants and Lipid Peroxidation in the Adaptation of Two Cool-Season Grasses to Localized Drought Stress. *Environmental and Experimental Botany*. 45: 105-114.
- FURLAN, V. and FORTIN, J.A., 1977, Effects of Light Intensity on the Formation of Vesicular Arbuscular Endomycorrhizas on *Allium cepa* by *Gigaspora calospora*. *New Phytologist*. 79 : 335-340
- GEORGE, E., HAUSSLER, K., KOTHARI, S.K., LI X-L., MARSCHNER, H., 1992, Contribution of Mycorrhizal Hyphae to Nutrient Uptake from Soil by Mycorrhizal Hyphae. In *Mycorrhizas in Integrated Systems from Genes to Plant Development*. Eds. C. Azcon-Aguilar and J. M. Barea, pp. 689. European Community, Luxembourg.
- GERDEMANN, J.W., 1964, The Effect of Mycorrhiza on the Growth of Maize. *Mycologia*. 56: 342-349
- GERDEMANN, J.W., 1968, Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza and Plant Growth. *Annual Review of Phytopathology*. 6: 397-418.
- GERDEMANN, J.W., 1975, Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. In: JG Torry, DT Clarkson (eds). *The Development of Function of Roots*. *Academic Press, New York*. pp 575-591.
- GHAZI, N., AL-KARAKI, G.N., 2006, Nursery Inoculation of Tomato with Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Subsequent Performance Under Irrigation with Saline Water. *Scientia Horticulturae*. 109: 1-7, 2006.

- GIANINAZZI-PEARSON V., BONFANTE-FASOLO P., DEXHEIMER J., 1986, Ultrastructural Studies of Surface Interactions During Adhesion and Infection by Ericoid Endomycorrhizal Fungi. *NATO-ASI. Series H, Vol. 4*, 273-282.
- GILDON, A. and TINKER, P.B., 1983, Interactions of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infections and Heavy Metals in Plants. II. The Effects of Infection on Uptake of Copper. *New Phytologist*. 95:263-268., 247-261
- GILMORE, A.E., 1971, The Influence of Endotrophic Mycorrhizae on the Growth of Peach Seedlings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*. 6:35-38.
- GLENN, M.G., CHEW, F.S., WILLIAMS, P.H., 1988, Influence of Glucosinolate Content of Brassica (Cruciferae) Roots on Growth of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *New Phytologist*. 110: 217-225.
- GOGALA, N., 1991, Regulation of Mycorrhizal Infection by Hormonal Factors Produced by Hosts and Fungi. *Experimentia*. 47: 331-340.
- GOPINATHAN, S., RAMAN, N., 1992, Indole 3-Acetic Acid Production by Ectomycorrhizal Fungi. *Indian Journal of Experimental Biology*. 30: 142-143.
- GRAHAM, J.H., 2001. What Do Root Pathogens See in Mycorrhizas? *New Phytologist*.149:357-359.
- GREEN, N.E., GRAHAM, S.O. and SCHENCK, N.C., 1976, The Influence of pH on the Germination of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Spores. *Mycologia*. 68:929-934.
- GUILLEMIN, J.P., GIANINAZZI, S. and TROUVELOT, A., 1992, Screening of Arbuscular Endomycorrhizal Fungi for Establishment of Micropropagated Pineapple Plants. *Agronomie*. 12: 831-836.
- GUO, Y., GEORGE, E., MARSCHNER, H., 1996, Contribution of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus to the Uptake of Cadmium and Nickel in Bean and Maize Plants. *Plant and Soil*. 184: 195-205.
- GUR, K., 1974, Studies on Distribution and Activities of Vesicular- Arbuscular Mycorrhiza (Master of Agriculture Science Thesis). Department of Soil Science, University of Reading, England.
- GÜR, K., 1975, Vesiküler- Arbüsküler (VA) Mycorrhiza'nın aktivite ve dağılışı üzerine çalışmalar. TETAK yayın no: 361, TOAG seri no: 68, TUBİTAK V. Bilim Kongresi, İzmir.
- GÜR, K., 1987, Vesiküler-Arbüsküler (VA) Mikorizanın Erzurum Yöresi Topraklarındaki Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. TUBİTAK Tarım ve Ormancılık Araştırma Grubu. 5. Türkiye Fitopatoloji Kongresi, 18-21 Ekim 1988, Antalya.

- GÜR, K., 1992, Vesiküler-Arbüsküler (VA) Mikorizanın Erzurum Yöresi Topraklarındaki Dağılımı Üzerine Bir Araştırma. *S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 3 (2): 127- 142.
- GÜVEN, T., KÖKSAL, F., ACAR, Ö., DEMİRCİ, Ş., TOĞRAL, A., ŞİMŞEK, S., 1996, *Biyoloji II*. Semih Ofset Matbacılık, 64.
- HAKTANIR, K. ve ARCAK, S., 1997. Toprak Biyolojisi. Toprak Ekosistemine Giriş. Ankara Üniversitesi Zir. Fak. Toprak Böl. Yayın No: 1486. Ders Kitabı: 447. ANKARA
- HALE, K.A., SANDERS, F.E., 1982, Effects of Benomyl on Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection of Red Clover (*Trifolium pratense*, L.) and Consequences for Phosphorus in flow. *Journal of Plant Nutrition*. 5: 1355-1367.
- HANG, N., MILLER, D.E., 1986b, Responses of Sugarbeet to Deficit, High-Frequency Sprinkler Irrigation: II. Sugarbeet Development and Partionning to Root Growth. *Agronomy Journal*. 78:15-18
- HARDIE, K., 1985, The Effect of Removal of Extraradical Hyphae on Water Uptake by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Plants. *New Phytologist*. 101: 677-684.
- HARDIE, K., LEYTON, L., 1981, The Influence of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on Growth and Water Relations of Red Clover. I. In Phosphate Deficient Soil. *New Phytologist*. 89: 599-608.
- HARLEY, J.L. and SMITH, S.E., 1983. Mycorrhizal Symbiosis. *Academic Press*. London.63.p
- HARTUNG, W., SAUTER, A., HOSE, E., 2002, Abscisic Acid in the Xylem: Where does it Come from, Where does it Go to?. *Journal of Experimental Botany*. 53:27–37.
- HASELWANDTER, K., BONN, G., READ, D.J., 1987, Degradation and Utilization of Lignin by Mycorrhizal Fungi. In ‘Mycorrhizae in the Next Decade: Practical Applications and Research Priorities’. (eds, Sylvia, D. M., Hung, L. L., and Graham, J. H.). IFAS, Gainesville, FL., USA, p. 131.
- HASSAN, N.A.K., JACKSON, W.A., DREW, J.V., KNUDSEN, D., OLSON, R.A., 1970a. Influence of Soil Salinity on Production of Dry Matter and Uptake and Distribution of Nutrients in Barley and Corn. 1. Barley (*Hordeum vulgare* L.). *Agronomy Journal*. 62: 43–45.
- HAVLIN, J.L, BEATON, J.D., TISDALE, S.L., NELSON, W.L., 1999, Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. *Prentice-Hall, Inc., London*. 406–425.
- HAYMAN, D.S., 1975, Phosphorus Cycling by Soil Microorganisms and Plant Root. In *Soil Microbiology*. Ed.Walker.N. London.

- HAYMAN, D.S. and MOSSE, B., 1971, Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza, I. Growth of Endogone-inoculated Plants in Phosphate Deficient Soils. *New Phytologist*. 70:19-27.
- HEIDARI, M. and KARAMI, V., 2013, Effects of Different Mycorrhiza Species on Grain Yield, Nutrient Uptake and Oil Content of Sunflower Under Water Stress. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jssas.2012.12.002>.
- HEATHCOTE, R.L. et al ; 1965. Australian Geographical Studies: Volume III, April, 1965, Number 1.
- HERRALDE, F.D., BIEL, C., SAVE, R., MORALES, M.A., TORRECILLAS, A., ALARCON, J.J., SANCHEZ-BLANCO, M.J., 1998, Effect of Water and Salt Stresses on the Growth, Gas Exchange and Water Relations in *Argyranthemum coronopifolium* Plants. *Plant Science*. 9-17.
- HETRICK, B.A.D., WILSON, G.W.T., COX, T.S., 1992, Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars, landraces, and ancestors. *Can. J. Bot.*, 70: 2032-2040.
- HETRICK, B.A.D., WILSON, G.W.T., COX, T.S., 1993, Mycorrhizal Dependence of Modern Wheat Cultivars and Ancestors: a Synthesis. *Canadian Journal of Botany*. 71: 512-518.
- HETRICK, B.A.D., WILSON, G.W.T., COX, T.S., 1995, Chromosome Location of Mycorrhizal Responsive Genes in Wheat. *Canadian Journal of Botany*. 72: 1002-1008.
- HEUER, B., NADLER, A., 1998, Physiological Response of Potato Plants to Soil Salinity and Water Deficit. *Plant Science*. 137: 43-51.
- HOAGLAND, D.R., ARNON, D.I., 1950, The Water-culture Method for Growing Plants Without Soil. *California Agricultural Experiment Station*. 347:1-32.
- HOLEVAS, C.D., 1966, The Effect of a Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza on the Uptake of Soil Phosphorus by Strawberry (*Fragaria sp. var. Cambridge Favorite*). *The Journal of Horticultural Science*. 41:557-64.
- HONGBO, S., ZONGSUO, L., MINGAN, S., 2005, Changes of Antioxidative Enzymes and MDA Content Under Soil Water Deficits Among 10 Wheat (*Triticum aestivum* L.) Genotypes at Maturation Stage. *Colloid. Surface. B*. 45:7-13.
- HU, Y., SCHMIDHALTER, U., 2001, Effects of Salinity and Macronutrient Levels on Micronutrients in Wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 24: 273-281.
- HU, Y., VON TUCHER, S., SCHMIDHALTER, U., 2000, Spatial Distributions and Net Deposition Rates of Fe, Mn and Zn in the Elongating Leaves of Wheat Under Saline Soil Conditions. *Australian Journal of Plant Physiology*. 27: 53-59.

- IANNUCCI, A., RUSSO, M., ARENA, L., FONZO, N., MARTINIELLO, P., 2002, Water Deficit Effects on Osmotic Adjustment and Solute Accumulation in Leaves of Annual Clovers. *European Journal of Agronomy*. 16:111-122.
- IBRAHIM, M.A., CAMMPBELL, W.F., RUPP, L.A., ALLEN, E.B., 1990, Effects of Mycorrhizae on Sorghum Growth, Photosynthesis and Stomatal Conductance Under Drought Conditions. *Arid Soil Research and Rehabilitation*. 4: 99-107.
- INMAN-BAMBER, N.G., 2004, Sugarcane Water Stress Criteria for Irrigation and Drying off. *Field Crops Research*. 89: 107-122.
- IQBAL, N., ASHRAF, M., ASHRAF, M.Y., 2008, Glycinebetaine, an Osmolyte of Interest to Improve Water Stress Tolerance in Sunflower (*Helianthus annuus* L.): Water Relations and Yield. *South African Journal of Botany*. 74: 274-281.
- JAMA, A.O., OTTMAN, M.J., 1993, Timing of the First Irrigation in Corn and Water Stress Conditioning. *Agronomy Journal*. 85: 1159-1164.
- JANOS, D.P., 2007, Plant Responsiveness to Mycorrhizas Differs from Dependence Upon Mycorrhizas. *Mycorrhiza*. 17: 75-91.
- JENNE, E., RHOADES, H., YIEN, C., HOWE, O., 1958, Change in Nutrient Element Accumulation by Corn with Depletion of Soil Moisture. *Agronomy Journal*. 50:71-80.
- JENSEN, C.R., JACOBSEN, S.E., ANDERSON, M.N., NUNEZ, S.D., ANDERSEN.S.D.,RASMUSSEN, L., MOGENSEN, V.O., 2000, Leaf Gas Exchange and Water Relation Characteristics of Field Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) During Soil Drying. *European Journal of Agronomy*. 13: 11-25.
- JOHN, ST, T.V., 1980, Root Size Root Hairs and Mycorrhizal Infection a Reexamination of Baylis's Hypothesis with Tropical Trees. *New Phytologist*. 84: 483-487.
- JOHNSON, C.R., MICHELINI, S., 1974, Effect of Mycorrhizae on Container Grown Acacia. *Proceedings of the Florida State Horticultural Society*. 87: 520-522.
- JOHNSON, N.C., PFLEGER, F.L., 1992, Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Cultural stress. In: Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G. (Eds.), *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. *Am. Soc. Agron. Spec. PuN*. 54. Madison, WI, pp. 71-99.
- JUN, D.J., ALLEN, E.B., 1991, Physiological Responses of Six Wheatgrass Cultivars to Mycorrhizae. *J. Range Manage.* 44: 336-341.
- JUNG, S., 2004, Variation in Antioxidant Metabolism of Young and Mature Leaves of *Arabidopsis thaliana* Subjected to Drought. *Plant Science*. 166: 459-466.

- JUNIPER, S., ABBOTT, L., 1983, Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *Soil Science Society of America Journal*. 44: 654-655.
- KADHEM, F.A., SPECHT, J.E., WILLIAMS, J.H., 1985, Soybean Irrigation Serially Timed During Stages R1to R6. I. Agronomic responses. *Agronomy Journal*. 77:291-298.
- KARA, Ö. ve TİLKİ, F., 2001, Mikoriza ve Ormanlıkta Kullanımı. *İ.Ü. Orman Fakültesi Dergisi*. Seri: B, Cilt: 51, Sayı: . 1. pp. 127-139.
- KALEFETOGLU, T. ve EKMEKÇİ, Y., 2005, The Effect of Drought on Plants and Tolerance Mechanisms. *G. U. Journal of Science*. 18(4): 723-740.
- KAPULNIK, Y., KUSHNIR, U., 1991. Growth Dependency of Wild, Primitive and Modern Cultivated Wheat Lines on Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Fungi. *Euphytica*. 56:27-36.
- KARAGIANNIDIS, N., BLETSOS, F., STAVROPOULOS, N., 2001, Effect of Verticillium wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on Root Colonization, Growth and Nutrient Uptake in Tomato and Eggplant Seedlings. *Scientia Horticulturae*. 94: 145-156.
- KAYA, C., HIGGS, D., KIRNAK, H., TAS, I., 2003, Mycorrhizal Colonization Improves Fruit Yield and Water Use Efficiency in Watermelon (*Citrullus lanatus* Thunb) Grown Under Well-watered and Water-stressed Conditions. *Plant Soil*. 253:287-92.
- KESAVA-RAO, P.S., TILAK, K.V.B.R., ARUNACHALAM, V., 1990, Genetic Variation for VA Mycorrhiza-depent Phosphate Mobilisation in Groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *Plant Soil*. 122: 137-142.
- KHAN, A. G., 1974, The Occurance of Mycorrhizas in Halophytes, Soils. *Journal of General Microbiology*. 81: 7-14.
- KHALVATI, M.A., HU, Y., MOZAFAR, A., SCHMIDHALTER, U., 2005, 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 Biology*. 7: 706-712.
- KITT, D. G., DANIELS, B.A.H. and WILSON, G.W.T., 1988, Relationship of Soil Fertility to Suppression of the Growth Response of Mycorrhizal Big Bluestem Non -sterile soil. *New Phytologist*. 109:473-481.
- KILLHAM, K., 1995. Soil Ecology. *Cambridge University Press*.UK
- KIM, C. and WEBBER, D. J., 1985, Distribution of VA Mycorrhiza on Halophytes on Inland Salt Playas. *Plant and Soil*. 83: 207-214.

- KOHLER, J., HERNÁNDEZ, J.A., CARAVACA, F., ROLDÁN, A., 2008, Plant-Growth-promoting Rhizobacteria and Arbuscular Mycorrhizal Fungi Modify Alleviation Biochemical Mechanisms in Water-stressed Plants. *Functional Plant Biology*. 35: 141–151.
- KOIDE, R.T., 1985, The Nature of Growth Depressions in Sunflower Caused by Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Infection. *New Phytologist*. 99: 449-462.
- KOIDE, R.T., 1991, Nutrient Supply, Nutrient Demand and Plant Response to Mycorrhizal Infection. Tansley Review No.29. *New Phytologist*. 117: 365-386.
- KOIDE, R.T., LI, M., 1989, Appropriate Controls for Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Research. *New Phytologist*. 111: 35-44.
- KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H., ROMHELD, V., 1991a, Contribution of the VA Mycorrhizal Hyphae in Acquisition of Phosphorus and Zinc in Maize Growth in a Calcareous Soil. *Plant and Soil*. 131: 177-185.
- KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H., ROMHELD, V., 1991b, Direct and Indirect Effects of VA Mycorrhizal Fungi and Rhizosphere Microorganisms on Acquisition of Mineral Nutrients by Maize (*Zea mays* L.) in a Calcareous Soil. *New Phytologist*. 116: 637-645.
- KOVANCI, İ., 1985, Bitki Besleme ve Toprak Verimliliği. Ders Notları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Yay.* No: 107/1, 244 s.
- KRISHNA, K.R., SHELTY, K.E., DART, P.J., ANDREWS, D.J., 1985, Genotype Dependent Variation in Mycorrhizal Colonization and Response to Inoculation of Pearl millet. *Plant and Soil*. 86: 113-125.
- LACKIE, S.M., BOWLEY, S.R., PETERSON, R.C., 1988, Comparison of Colonization Among Half-sib Families of *Medicago sativa* L. by *Glomus versiforme* Bench. *New Phytologist*. 108: 477-482.
- LAMBERT, D.H., COLE, JR. H., BAKER, D.E., 1980, Variation in the Responses of Alfalfa clone and Cultivars to Mycorrhizae and Phosphorus. *Crop Science*. 20:615-618.
- LAMBERT, D.H., WEIDENSAUL, T.C., 1991, Element Uptake by Mycorrhizal Soybean from Sewage-sludge-treated Soil. *Soil Science Society of America Journal*. 55: 393-398.
- LAX, P., BECERRA, A.G., SOTERAS, F., CABELLO, M., DOUCET, M.E., 2011, Effect of The Arbuscular Mycorrhizal Fungus *Glomus intraradices* on The False Root-Knot Nematode *Nacobbus aberrans* in Tomato Plants. *Biology and Fertility of Soils*. 47:591–597.

- LEVITT, J., 1980, Responses of Plants to Environmental Stresses II. water, Radiation, Salt and Other Stress. (Kozlowski editor) New York, London, Toronto San Francisco. *Academic Press*. (1980) 3-7, 25-74
- LEVY, Y., KRIKUM, J., 1980, Effect of Vesicular Arbuscular Mycorrhiza on *Citrus jambhiri* Water Relations. *New Phytologist*. 85: 25-31.
- LI, X.L., MARSCHNER, H., GEORGE, E., 1991, Acquisition of Phosphorus and Copper by VAM Hyphae and Root to Shoot Transport in White Clover. *Plant and Soil*. 136 :49-57.
- MACK, K.M.L. and RUDGERS, J.A., 2008, Balancing Multiple Mutualists: Asymmetric Interactions Among Plants, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, and Fungal Endophytes. *Oikos*. 117:310–320.
- MAHAJAN, S. and TUTEJA, N., 2005, Cold, Salinity and Drought Stresses: An Overview, *Archives of Biochemistry and Biophysics*. 444: 139-158.
- MAKELA, P., KONTTURI, M., PEHU, E., SOMERSALO, S., 1999, Photosynthetic Response of Drought and Salt–Stressed Tomato and Turnip Rape Plants to Foliar-Applied glycinebetaine. *Physiologia Plantarum*. 105:45-50.
- MANJUNATH, A., HABTE, M., 1991a, Development of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infection and the Uptake of Immobile Nutrients in *Leucaena leucocephala*. *Plant and Soil*. 81: 247-256.
- MANJUNATH, A., HABTE, M., 1991b, Root Morphological Characteristics of Host Species Having Distinct Mycorrhizal Dependency. *The Canadian Journal of Botany*. 69:671-676.
- MANSKE, G.G.B., 1990, Genetical Analysis of the Efficiency of VA Mycorrhiza with Spring Wheat. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 29: 273-280.
- MARSCHNER, H., DELL, B., 1994, Nutrient Uptake in Mycorrhizal Symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 89-102.
- MARSCHNER, H., ROMHELD, V., HORST, S., MARTIN, P., 1991, Ammonium and Nitrate Uptake Rates and Rhizosphere pH in Non-mycorrhizal Roots of Norway Spruce (*Picea abies* (L.) Karst.). *Trees (Berlin)*. 5: 14-21.
- MARSCHNER, H., 1995, Mineral Nutrition of Higher Plants. *Sec. edit.*, *Academic Press, London*.
- MARTINEZ, J.P., SILVA, H., LEDENT, J.F., PINTO, M., 2007, Effects of Drought Stress on the Osmotic Adjustment, Cell Wall Elasticity and Cell Volume of Six Cultivars of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy*. 26: 30-38.

- MATHUR, N. and VYAS, A., 2000, Influence of Arbuscular Mycorrhizae on Biomass Production, Nutrient Uptake and Physiological Changes in *Ziziphus mauritiana* Lam. Under Water Stress. *Journal of Arid Environments*. 45:191-195.
- McGONIGLE, T.P., MILLER, M.H., EVANS, D.G., FAIRCHILD, G.L. and SWAN, J.A., 1990, A New Method Which Gives an Objective Measure of Colonization of Roots by Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi. *New Phytologist*. 115:495-501.
- McKERSIE, B.D. and LESHEM, Y., 1994, Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. *Kluwer Academic Publishers, Netherlands*.
- MENGE, J.A., 1982, Predicting Mycorrhizal Dependency of Troyer Citrange on *Glomus fasciculatus* in California Citrus Soils and Nursery Mixes. *Soil Science Society of America Journal*. 46, 762-768.
- MENGE, J.A., JOHNSON, E.L.V., PLATT, R.G., 1978, Mycorrhizal Dependency of Several Citrus Cultivars Under Three Nutrient Regimes. *New Phytologist*. 81:553-559.
- MENGE, K., KIRBY, E.A., 1982, Principles of Plant Nutrition. 3rd Edition, *International Potash Institute Bern, Switzerland*.
- MERCY, M.A., SHIVASHANKAR, G., BAGYARAJ, D.J., 1990, Mycorrhizal Colonization in cowpea is Host Dependent and Heritable. *Plant Soil*. 121: 292-294.
- MERRYWEATHER, J.W. and FITTER, A.H., 1996, Phosphorus Nutrition of an Obligately Mycorrhizal Plant Treated with the Fungicide Benomyl in the Field. *New Phytologist*. 132, 307-312.
- MICHELSSEN, A., ROSENDAHL, S., 1990, The Effect of VA Mycorrhizal Fungi, Phosphorus and Drought Stress on the Growth of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* Seedlings. *Plant and Soil*. 124: 7-13.
- MIZRAHI, Y., BLUMENFELD, A., BITNER, S., RICHMOND, A.E., 1971, Abscisic Acid and Cytocinins Contents of Leaves in Relation to Salinity and Relative Humidity. *Plant Physiology*. 48: 752-755.
- MORAN, J.F., BECANA, M., ITURBE-ORMAETXE, I., FRECHILLA, S., KLUCAS, R.V., APRACIO-TEJO, P., 1994, Drought Induces Oxidative Stress in Pea plants. *Planta*. 194: 346-352.
- MORTE, A., LOVISOLO, C., SCHUBERT, A., 2000, Effect of Drought Stress on Growth and Water Relations of the Mycorrhizal Association *Helianthemum almeriense*-*Terfezia clavaryi*. *Mycorrhiza*. 10 :115-119
- MOSSEA, B., 1981, Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Research For Tropical Agriculture. Research Bulletin. *Hawaii Institute Of Tropical agriculture And Human Resources*. 82p.

- MOST, B.H., 1971, Abscisic Acid in Immature Apical Tissue of Sugar Cane and Leaves of plant Subjected to Drought. *Planta*. 101: 65-67.
- MUCHOVEJ, R. M., 2001. Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops. University of Florida, Extension Institute of Food Agricultural Sciences, SS-AGR-170.
- MUKERJĪ, K.G. and KUMAR, R.N., 1996, Integrated Disease Management Future Perspectives, pp. 335-347. In: K.G. Mukerji, B. Mathur, B.P. Chamala and C. Chitrakleha (Eds.). *Advances in Botany*. APH Publishing Corporation, New Delhi.
- MUKERJI, K.G., 1996, Concepts in Mycorrhizal Research. *Kluwer Academic Publishers, London*.
- MUKHERJEE, S.P., CHOUDHUN, M.A., 1980, Implication of Water Induct Changes in the Levels of Endogenous Ascorbic Acid and Hydrogen Peroxide in Vigna Seedlings. *Physiologia Plantarum*. 58:116-121.
- NELSEN, C. E., 1987, The Water Relations of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Systems. In 'Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants' (ed. G. K. Safir). *CRC Press, Boca Raton, Florida, USA*. pp. 71-92.
- NELSON, C.E., SAFIR, C.R., 1982. Increased Drought Tolerance of Mycorrhiza Applied Onion Plants Caused by Improved Phosphorus Nutrition. *Plant and Soil*. 154: 407-413.
- NEWMAN, E.I., REDDELL, P., 1987, The Distribution of Mycorrhizas Among Families of Vascular Plants. *New Phytologist*. 106: 745-751.
- NORLAND, M., 1993, Soil Factors Affecting Mycorrhizal Use in Surface Mine Reclamation. United States Department of the Interior, Bureau of mines. pp:21-24
- NYABYENDA, P., 1977, Einfluss der Bodentemperature und Organischer Stoffe im Boden auf die Wirkung der Vesikular Arbuskularon Mykorrhiza. Dissertaion, Gottingen.
- OCAMPO, J.A., MARTIN, J., HAYMAN, D.S., 1980, Influence of Plant Interactions on Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Infections. I.Host and Nonhost Plants Grown Together. *New Phytologist*. 84: 27-35.
- OJALA, J.C., JARELL, W.N., MENGE, J.A. and JOHNSON, E.L.V., 1983, Influence of Mycorrhizal Fungi on the Mineral Nutrition and Yield of Onion in Saline Soil. *Agronomy Journal*. 75: 255-259.
- OKUDA, T., MATSUDA, Y., YAMANAKA, A., SAGISAKA, S., 1991. Abrupt Increase in the Level of Hydrogen Peroxide in Leaves of Wheat is Caused by Cold Treatment. *Journal of Plant Physiology*. 97: 1265-1267.

- OLIVEIRA NETO , C.F., SILVA LOBATO , A.K., GONÇALVES-VIDIGAL , M.C., LOBO DA COSTA, R.C., SANTOS FILHO , B.G., RUFFEIL ALVES , G.A., MELLO E SILVA MAIA , W.J., RODRIGUES CRUZ , F.J., BORGES NEVES, H.K., SANTOS LOPES, M.J., 2009, Carbon Compounds and Chlorophyll Contents in Sorghum Submitted to Water Deficit During Three Growth Stages. *Journal of Food Agriculture and Environment*. 7 (3-4) : 588- 593.
- ORTAS, İ., 1996. The Influence of Use of Different Rates of Inoculum on Root Infection Plant Growth and Phosphorus Uptake. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*. 27:18-20, 2935-2946.
- ORTAŞ, İ., 1997. Mikoriza Nedir?, *Tübitak Dergisi*. 351.
- ORTAŞ, İ., 1998. Mikoriza'nın Narenciye Tarımındaki Önemi ve Kullanım Olanakları. *Turunçgil Bülteni*. 8 (23): 9-15.
- ORTAŞ, İ., ERGÜN, B., ORTAKÇI, D., ERCAN, S., KÖSE, Ö., 1999. Mikoriza Sporlarının Üretilmesi ve Tarımda Kullanım Olanakları. *Tr. Journal of Agriculture and Forestry*. 23-4:959-968
- OSONUBI, O., 1994. Comparative Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Phosphorus Fertilization on Growth and Phosphorus Uptake of Maize (*Zea mays* L.) and Sorghum (*sorghum bicolor* L.) Plants Under Drought Stressed Condition. *Biology and Fertility of Soils*. 18: 55-59.
- ÖZTÜRK, A., 1999, Kuraklığın Kışlık Buğdayın Gelişmesi ve Verimine Etkisi. *Journal of Agriculture and Forestry*. 23: 531-540.
- PATAKAS, A., NIKOLAOU, N., ZIOZIOU, E., RADOGLU, K., NOITSAKIS, B., 2002, The Role of Organic Solute and Ion Accumulation in Osmotic Adjustment in Drought Stressed Grapevines. *Plant Science*. 163: 361-367.
- PEDERSEN, C.T., SYLVIA, D.M., 1996, Mycorrhiza: Ecological Implications of Plant Interactions. K. G. Mukerji (ed.). *Concepts in Mycorrhizal Reserch*. pp. 195-222.
- PESSARAKLI, M., 1999, "Handbook of Plant and Crop Stress: Second Edition, Revised and Expanded " New York, NY, USA: Marcel Dekker Incorporated, 299-303.
- PHILLIPS, J.M., HAYMAN, D.S., 1970, Improved Procedures for Clearing Roots and Staining Parasitic and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi for Rapid Assessment of Infection. *Transactions of the British Mycological Society*. 55: 158-160
- PLENCHETTE, C., FORTIN, J.A., FURLAN, V., 1983, Growth-Responses of Several Plant-Species To Mycorrhizae in A Soil of Moderate P-Fertility. 1.Mycorrhizal Dependency Under Field Conditions. *Plant and Soil*. 70;199-209.

- POWELL, C.L., SITHAMPARANATHUM, J., 1977, Mycorrhizas in Hill Country Soils N. Infection Rate in Grass and Legume Species by Indigenous Mycorrhizal Fungi Under Field Conditions. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 20: 489-494.
- PORCEL, R., RUIZ-LOZANO, J.M., 2004, Arbuscular Mycorrhizal Influence on Leaf Water Potential, Solute Accumulation, and Oxidative Stress in Soybean Plants Subjected to Drought Stress. *Journal of Experimental Botany*. 55: 1743–1750.
- RAMAN, N., MAHADEVAN, A., 1996, Mycorrhizal Research a Priority in Agriculture. K. G. Mukerji (ed.). Concepts in Mycorrhizal Research. *Kluwer Academic Publishers*. pp. 41-75.
- RATNAYAKE, R.T., LEONARD, R.T., MENGE, J.A., 1978, Root Exudation in Relation to Supply of Phosphorus and Its Possible Relevance to Mycorrhizal Infection. *New Phytologist*. 81: 543-52.
- REDHEAD, J.F., 1977, Endotrophic mycorrhizas in Nigeria: Species of the Endogoneae and their distribution. *Transactions of the British Mycological Society*. 69: 275-280, 1977.
- RODIYATI, A., ARISOESILANINGSIH, E., ISAGI, Y., NAKAGOSHI, N., 2004, Responses of *Cyperus brevifolius* (Rottb.) Hassk. And *Cyperus kyllingia* (Endl.) to Varying Soil Water Availability. *Environmental and Experimental Botany*. 53:1-10.
- RODRIGUEZ, P., TORRECILLAS, A., MORALES, M.A., ORTUNA, M.F., SANCHEZ-BLANCO, M.J., 2004, Effects of NaCl Salinity and Water Stress on Growth and Leaf Water Relations of *Asteriscus maritimus* Plants. *Environmental and Experimental Botany*. 1-10.
- ROMANELLO, G.A., CHUCHRA-ZBYTNIUK, K.L., VANDERMER, J.L., TOUCHETTE B.W., 2008, Morphological Adjustments Promote Drought Avoidance in The Wetland Plant *Acorus americanus*. *Aquatic Botany*. 89: 390–396.
- ROSENDAHL, C.N. and ROSENDAHL, S., 1991, Influence of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus spp.*) on the Response of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) to Salt Stress. *Environmental and Experimental Botany*. 31: 313-318.
- ROZEMA, J., ARP, W., VAN ESBROEK, M., BROEKMAN, R., PUNTE, H., SCHAT, H., 1986, Vesicular Arbuscular Mycorrhiza in Salt Marsh Plants in Response to Soil Salinity and Flooding and the Significance to Water Relations. Di Dalam: Physiological and Genetical Aspect of Mycorrhizae. *Proceeding of the 1st European Symposium on Mycorrhizae*. 657-660.
- RUIZ-LOZANO, J.M., 2003, Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis and Alleviation of Osmotic Stress. New Perspectives for Molecular Studies. *Mycorrhiza*. 13: 309-317.

- RUIZ-LOZANO, J.M., AZON, R., GOMEZ, M., 1995, Effects of Arbuscular Mycorrhizal *Glomus* Species on Drought Tolerance: Physiological and Nutritional Plant Responses. *Applied and Environmental Microbiology*. 61: 456-460.
- RUIZ-SÁNCHEZ, M., AROCA, R., MUÑOZ, Y., POLÓN, R., RUIZ-LOZANO, J.M., 2010, The Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis Enhances the Photosynthetic Efficiency and the Antioxidative Response of Rice Plants Subjected to Drought Stress. *Journal of Plant Physiology*. 167:862–869.
- RUNJIN, L., 1989, Effects of Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza and Phosphorus on Water Status and Growth of Apple. *Journal of Plant Nutrition*. 12: 997-1017.
- SAGAR, G. R., and J. L. HARPER. 1964, Biological flora of the British Isles, no.95: *Plantago major* L., *P. media* L. and *P. lanceolata* L. *Journal of Ecology*. 52:189-221.
- SAIF SR, KHAN AG, 1977, The Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Associations on Growth of Cereals. III. Effects on Barley Growth. *Plant and Soil*. 47: 17-26
- SALISBURY, F.B. and ROSS, C.W., 1992, Plant Physiology. *Wadsworth Publishing Co., California*.
- SÁNCHEZ-BLANCO, M., FERRÁNDEZ, T., ANGELES MORALES, M., MORTE, A., ALARCÓN, J.J, 2004, Variations in Water Status, Gas Exchange and Growth in *Rosmarinus officinalis* Plants Infected with *Glomus deserticola* Under Drought Conditions. *Journal of Plant Physiology*. 161. 675–682.
- SANCHEZ, F.J., ANDRES, E.F., TENORIO, J.L., AYERBE, L., 2004, Growth of Epicotyls, Turgor Maintenance and Osmotic Adjustment in Pea Plants (*Pisum sativum* L.) Subjected to Water Stress. *Field Crops Research*. 86: 81-90.
- SANDERS, F.E., 1975, The Effect of Foliar-applied Phosphate on the Mycorrhizal Infections of Onion Roots. In 'Endomycorrhizas' (eds. Sanders, E. F., Moss, B., and Tinker, P. B.). *Academic Press, London*. pp. 261-276.
- SANDERS, F.E., TINKER, P.B., 1973, Phosphate Flow into Mycorrhizal Roots. *Pesticide Science*. 4: 423-442.
- SANKAR, B., ABDUL JALEEL, C., MANIVANNAN, P., KISHOREKUMAR, A., SOMASUNDARAM, R., PANNEERSELVAN, R., 2008, Relative Efficacy of Water Use in Five Varieties of *Abelmoschus esculentus* (L.) Moench. under Water Limited Conditions. *Biointerfaces*. 62: 125-129.
- SCHENCK, N.C. and KINLOCH, R.A., 1980, Incidence of Mycorrhizal Fungi on Six Field Crops in Monoculture on a Newly Cleared Woodland Site. *Mycologia*. 72: 445-455.

- SCHENCK, N.C. and SCHRODER, V.N., 1974. Temperature Response of Endogene Mycorrhiza on Soybean Roots. *Mycologia*. 66:600-605.
- SCHENCK, N.C. and SMITH, G.S., 1982, Additional New and Reported Species of Mycorrhizal Fungi(Endogonaceae) from Florida. *Mycologia*. 74(1): 771-92.
- SGHERRY, C.L.M., PINZINO C. and NAVARI-IZZO, F., 1996, Sunflower Seedlings Subjected to Increasing Water Stress by Water Deficit: Changes in O₂ Production Related to the Composition of Thylakoid Membranes. *Physiologia Plantarum*. 96: 446-452.
- SIEVERDING, E., 1991, Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agro systems. *Technical Co-operation- Federal Republic of Germany*. 22 (2): 229 – 240
- SIKORA, R.A., 1992, Management of the Antagonistic Potential in Agricultural Control of Plant Parasitic Nematodes. *Annual Review Phytopathology*. 30:245-270.
- SIMPSON, D. and DAFT, M.J., 1990, Spore Production and Mycorrhizal Development in Various Tropical Crop Hosts Indicted with *Glomus clarum*. *Plant and Soil*. 121:171-178
- SMITH, F.A., SMITH, S.E., 1981, Mycorrhizal Infection and Growth of *Trifolium subterraneum* Use of Sterilized Soil as Control Treatment. *New Phytologist*. 88: 299-309.
- SMITH, S. E., 1982, Inflow of Phosphate into Mycorrhizal and Non-mycorrhizal *Trifolium subterraneum* at Different Levels of Soil Phosphate. *New Phytologist*. 90: 293-303.
- SMITH, S.E., ST. JOHN, B.J., SMITH, F.A., NICHOLAS, D.J.D., 1985, Activity of Glutamine Synthetase and Glutamate Dehydrogenase in *Trifolium subterraneum* L. and *Allium cepa* L. Effects of Mycorrhizal Infection and Phosphate Nutrition. *New Phytologist*. 99: 211-27.
- SMITH, S.E., GIANINAZZI-PEARSON, V., 1988, Physiological Interactions Between Symbionts in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*. 39:221–244.
- SMITH, S.E., GIANINAZZI-PEARSON, V., KOIDE, R., CAIRNEY, J.W.G., 1994, Nutrient Transport in Mycorrhizas: Structure, Physiology and Consequences for Efficiency of the Symbiosis. *Plant and Soil*. 159: 103-113.
- SMITH, S.E. and READ, D.J., 1997, Mycorrhizal Symbiosis 2nd ed. *Academic Press, London*. 605 pp.
- SMITH, S.E. and READ, D.J., 2008, Mycorrhizal Symbiosis, Third Edition (Hardcover). *Academic Press is an imprint of Elsevier, NewYork*. 800 p.

- SRIVASTAVA, D., KAPOOR, R., SRIVASTAVA, S.K., MUKERJI, K.G., 1996, Vesicular Arbuscular Mycorrhiza- an Overview, In, Concept in Mycorrhizal Research, K. G. Mukerji (ed.). *Kluwer Academic Publishers*. pp. 1-39.
- SRIVASTAVA, D., MUKERJI, K.G., 1995, Field Response of Mycorrhizal and Nonmycorrhizal *Medicago sativa* var. Local F1 Generation. *Mycorrhiza*. 5: 219-221.
- STOPPLER, H., KOLSCH, E., VOGTMANN, H., 1990, Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Varieties of Winter Wheat in a Low External Input System. *Biology, Agriculture and Horticulture*. 7: 191-199.
- STOYANOV, Z.Z., 2005, Effects of Water Stress on Leaf Water Relations of Young Bean Plants. *Journal Central European Agriculture*. 6 (1): 5-14.
- SUBRAMANIAN, K.S., CHAREST, C., 1999, Acquisition of N by External Hyphae of an Arbuscular Mycorrhizal Fungus and Its Impact on Physiological Responses in Maize Under Drought-stressed and Well-watered Conditions. *Mycorrhiza*. 9:69-75.
- SUBRAMANIAN, K.S., SANTHANAKRISHNAN, P., BALASUBRAMANIAN, P., 2006, Responses of Field Grown Tomato Plants to Arbuscular Mycorrhizal Fungal Colonization Under Varying Intensities of Drought Stress. *Scientia Horticulturae*. Vol:107 no:3 pp:245-253.
- SUN, Y.P., FRIES, N., 1992, The Effect of Tree Root Exudates on the Growth Rate of Ectomycorrhizal and Saprophytic Fungi. *Mycorrhiza*. 1: 63-69.
- SYLVIA, D.M., WILLIAMS S.E., 1992, Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae and Environmental Stress, pp 101-124. In Linderman, R.G., and G.J. Bethlenfalvay (Eds.). *Mycorrhizae in Sustainable Agriculture*. Special publication No. 54, *American Society of Agronomy, Madison, WI*.
- ÖZCAN S., BABAOĞLU, M. ve GÜREL, E., 2004, Bitki Biyoteknolojisi Genetik Mühendisliği ve Uygulamaları. *S.Ü. Vakfı Yayınları, Konya*.
- TANGUILIG, V.C., YAMBAO, E.B., O'TOOLE, J.C., 1987, Water Stress Effects on Leaf Elongation, Leaf Water Potential, Transpiration and Nutrient Uptake of Rice, Maize and Soybean. *Plant and Soil*. 103: 155-168.
- TARAFDAR, J.C., MARSCHNER, H., 1994, Efficiency of VAM Hyphae in Utilisation of Organic Phosphorus by Wheat Plants. *Soil Science and Plant Nutrition*. 40 (4): 593-600.
- TARAFDAR, J.C., MARSCHNER, H., 1995, Dual Inoculation with *Aspergillus funigatus* and *Glomus mossea* Enhances Biomass Production and Nutrient Uptake in Wheat (*Triticum aestivum* L.) Supplied with Organic Phosphorus as Naphyate. *Plant and Soil*. 173: 97-102.

- TESTER, M., SMITH, E.A., SMITH, S.E., 1985, Phosphate in Flow into *Trifolium subterraneum* L., Effects of Photon Irradiance and Mycorrhizal Infection. *Soil Biology Biochemistry*. 17: 807-810.
- THIEC, D.L., MANNINEN, S., 2003, Ozone and Water Deficit Reduced Growth of Aleppo Pine Seedling. *Plant Physiology and Biochemistry*. 41 :55-63.
- THOMSON, B.D., ROBSON, A.D., ABBOTT, L.K., 1990, Mycorrhizas Formed by *Gigaspora calospara* and *Glomus fasciculatum* on Subterranean Clover in Relation to Soluble Carbohydrate Concentrations in Roots. *New Phytologist*. 114: 217-225.
- TINKER, P.B., 1975, The Chemistry of Phosphorous and Effects on Plant Growth in Endomycorrhizas (Eds.Sanders, F.C., Mosse, B. And Tinker, P.B.). *Academic Press, London*.
- TINKER, P.B., 1978, Effect of Vesicular-Arbuscular Mycorrhizas on Plant Nutrition and Plant Growth. *Physiology Vegetable*. 16: 743-775.
- TINKER, P.B., 1980, Role of Rhizosphere Microorganisms in Phosphorus Uptake by Plants. In the Role of Phosphorus in Agriculture (Eds F. Kwasaneh and E. Sample. Madison, 1980) *American Society of Agronomy*. USA. 72:132-141.
- TOBAR, R.M., AZCÓN, R., BAREA, J.M., 1994a, Improved Nitrogen Uptake and Transport from ¹⁵N Labelled Nitrate by External Hyphae of Arbuscular Mycorrhizae Under Water-stressed Conditions. *New Phytologist*. 126 :119–122
- TOBAR, R.M., AZCÓN, R., BAREA, J.M., 1994b, The Improvement of Plant N Acquisition from an Ammonium-treated, Drought Stressed Soil by the Fungal Symbiont in Arbuscular Mycorrhizae. *Mycorrhiza*. 4 :105–108
- TOTH, R., TOTH, D., STARKE, D., SMITH, D.R., 1980, Vesicular- Arbuscular Mycorrhizal Colonization in *Zea mays* Affected by Breeding for Resistance to Fungal Pathogens. *Canadian Journal of Botany*. 68(5): 1039-1044.
- TRAPPE, J.M., MOLINA, R. and CASTELLANO, M., 1984, Reactions of Mycorrhizal Fungi and Mycorrhiza Formation to Pesticides. *Annual Review of Phytopathology*. 22: 331-59.
- TSUJI, W., ALI, M.E.K, INANAGA, S., SUGIMOTO, Y., 2003, Growth and Gas Exchange of Three Sorghum Cultivars under Drought Stres. *Biomedical and Life Science*. 46 (4): 583-587
- TURKAN, I., BOR, M., OZDEMIR, F., KOCA, H., 2005, 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 Science*. 168: 223-231.

- UYSAL, T., 2007, Tuzlu Topraklarda Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Gelişimine VAM'ın Etkisi. *Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Konya*. 76s.
- WIEDENFELD, R.P., 2000, Water Stress During Different Sugarcane Growth Periods on Yield and Response to N Fertilization. *Agricultural Water Management*. 43:173-182.
- WU, Q.S., XIA, R.X., 2004, Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Osmotic Adjustment Matter Content of Trifoliolate Orange Seedlings Under Water Stress. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*. 30:583–8.
- WU, Q.S., XIA, R.X., 2006, Arbuscular Mycorrhizal Fungi Influence Growth, Osmotic Adjustment and Photosynthesis of Citrus Under Well-watered and Water Stress Conditions. *Journal of Plant Physiology*. 163: 417–425.
- VERMA, T.S., NEUE, H.U., 1984, Effect of Soil-salinity Level and Zinc Application on Growth, Yield and Nutrient Composition of Rice. *Plant and Soil*. 82: 3–14.
- VIETS, Jr. F.G., 1972, Water Deficits and Nutrient Availability, in Kozlowski, T. T.: Water Deficits and Plant Growth. Vol. III: Plant Responses and Control of Water balance. *Academic Press, New York*. pp. 217–240.
- VOSATKA, M., GRYNLER, M., PRIKRYL, Z., 1992, Effect of Rhizosphere Bacterium *Pseudomonas Putiola* Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Substrate Composition on the Growth of Strawberry. *Agronomica*. 12: 859-863.
- YIN, C., WANG, X., LUO, J., LI, C., 2004, Early Growth, Dry Matter Allocation and Water Use Efficiency of Two Sympatric *Populus* Species as Affected by Water Stress. *Environmental and Experimental Botany*. 1-6.
- ZEYBEK, N., ZEYBEK, U., 1994, Farmasötik Botanik. Kapalı Tohumlu Bitkiler (*Angiospermae*) Sistematiği ve Önemli Maddeleri. *Ege Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Yayınları*. No:2, Bornova, İzmir.
- ZHU, Y-G., SMITH., S. E., 2001, Seed Phosphorus (P) Affects Growth and P Uptake of Wheat Plants and Their Association with Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungi. *Plant and Soil*. 231: 105-112.
- ZHU, X.C, SONG, F.B., LIU, S.Q., LIU, T.D. and ZHOU, X., 2012, Arbuscular Mycorrhizae Improves Photosynthesis and Water Status of *Zea mays* L. Under Drought Stress. *Plant Soil and Environment*. 58,2012(4): 186-191.
- ZUILY-FODIL, Y., VAZQUEZ, TELLO, A., VIEIRA, DA SILVA, J., 1990, Effect of Water Deficit on Cell Permeability and on Chloroplast Integrity. *Journal article Bulletin de la Société Botanique de France, Actualités Botaniques*. 137:115–123.

ÖZGEÇMİŞ

1982 yılında İstanbul'da doğdum. İlk, orta ve lise eğitimimi İstanbul'da tamamladım. 2003 yılında Trakya Üniversitesi Fen Fakültesi Biyoloji bölümünden mezun oldum. 2010-2011 yılında İstanbul Üniversitesi Biyoloji Bölümü Botanik Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimime başladım. 2012-2013 döneminde Erasmus programı ile tezimi yapmak üzere Bielefeld Üniversitesi, Almanya'ya gittim.