

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ BİBER FİDELERİNDE PGPR
UYGULAMALARIN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Aynur SADAK
DANIŞMAN: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

VAN-2018

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ BİBER FİDELERİNDE PGPR
UYGULAMALARIN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

HAZIRLAYAN: Aynur SADAK

VAN-2018

KABUL VE ONAY SAYFASI

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Suat ŞENSOY danışmanlığında, Aynur SADAK tarafından sunulan **“Kuraklık Stresi Altındaki Biber Fidelerinde PGPR Uygulamalarının Etkisi”** isimli bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 22/06/2018 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Prof. Dr. Suat ŞENSOY

İmza:

Üye: Doç. Dr. Melek EKİNCİ

İmza:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun 22./0.6./2018 tarih ve 2018/29..I sayılı kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Enstitü Müdürü
Enstitü Müdürü



TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgiler etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Aynur SADAK

ÖZET

KURAKLIK STRESİ ALTINDAKİ BİBER FİDELERİNDE PGPR UYGULAMALARIN ETKİSİ

SADAK, Aynur
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Tez Danışmanı: Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Haziran 2018, 61 sayfa

Bu çalışma, bitki büyüme düzenleyici kökbakterilerinin (PGPR) kuraklık stresi altında yetişen biber (*Capscium annuum* L.) fidelerin gelişimi üzerine etkilerini ortaya koyabilmek amacıyla iklim odası koşullarında saksı denemesi olarak yürütülmüştür. Bu bağlamda çalışmada kuraklık stresi altında yetişen bir adet sivri biber çeşidi (Mostar F₁) ile iki adet PGPR izolatı (*Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve *Bacillus* sp. CA41/1) kullanılmıştır. Fide yetiştirme ortamına PGPR uygulaması, 10⁹ cfu/ml yoğunluğunda ilk kotiledon yaprakların yere paralel duruma geldiği aşamada 10 ml olarak, ikinci uygulama ise iki hafta sonra 15 ml olarak uygulanmış ve 20 gün sonra uygulamaların yarısında sulama tamamen kesilerek kuraklık stresi oluşturulmuştur. Denemede 0-5 skalası, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, membran zararlanma indeksi, yaprak oransal su içeriği, lipid peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) miktarı, katalaz (CAT) enzim aktivitesi, askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi, süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi, klorofil miktarı ile besin elementleri (K, Ca, Fe, Cu, Mg, Zn ve Mn) gözlem ve analizleri yapılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre yapılan ölçüm ve analizlerde kuraklık stresi genel olarak olumsuz etki yaparken, bazı parametrelerde (Membran zararlanma indeksi, APX, CAT, Ca içeriği vb.) PGPR genelde olumlu düzeyde etkilere sahip olmuştur.

Anahtar kelimeler: Biber, Enzim aktivitesi, Gelişme, Kuraklık, PGPR



ABSTRACT

THE EFFECT OF PGPR ON PEPPER SEEDLINGS UNDER DROUGHT STRESS

SADAK, Aynur
M. Sc. Thesis, Horticulture Science
Supervisor: Prof. Dr. Suat ŞENSOY
June 2018, 61 pages

This study was carried out as a pot experiment in a climate chamber conditions in order to demonstrate the effects of the plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on the development of the pepper (*Capscium annuum* L.) seedlings grown under drought stress. In this context, a pepper cultivar (Mostar F₁) and two PGPR isolates (*Ochrobactrum* sp. CB36/1 and *Bacillus* sp. CA41/1) were used under drought stress. The application of PGPR to the seedling growing medium was carried out at a density of 10⁹ cfu ml⁻¹ as 10 ml in the stage where the first cotyledon leaf stage and 15 ml as the second application in two weeks, then in 20 days, irrigation was completely cut in half of the applications and drought stress was formed. In the experiment, the 0-5 scale, shoot fresh and dry weights, shoot height, root fresh and dry weights, root length, stem diameter, number of leaves, leaf relative water content, membrane damage index, amount of malondialdehyde (MDA) product of lipid peroxidation, catalase (CAT) enzyme activity, superoxide dismutase (SOD) enzyme activity, ascorbate peroxidase (APX) enzyme activity, chlorophyll content and analysis of nutrient elements (K, Ca, Fe, Cu, Mg, Zn and Mn) were measured or analyzed. According to the results of the research, drought stress generally had a negative effect on the measurements and analyzes, whereas PGPR had generally positive effects on some parameters (Membrane damage index, APX. CAT, Ca content etc.).

Keywords: Drought, Enzyme activity, Growth, Pepper, PGPR



ÖN SÖZ

Bu çalışmada tez konu seçiminden çalışmanın tamamlanmasına kadar her türlü bilgi ve desteğini esirgemeyen değerli danışmanım sayın Prof. Dr. Suat ŞENSOY'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Tez çalışmamın bakteri temini aşamasında desteklerini esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Ahmet AKKÖPRÜ'ye ve tez çalışmamın istatistik analizi aşamasında desteklerini esirgemeyen sayın Dr. Öğr. Üyesi Ruhan GAZİOĞLU ŞENSOY'a ve sayın Dr. Öğr. Üyesi Çeknas ERDİNÇ'e teşekkür ederim. Tez çalışmamın analiz kısmında yardımlarını esirgemen sayın Dr. Öğr. Üyesi Turgay KABAY'a ve tez kurulum aşamasında desteklerini esirgemen Öğretim Görevlisi Selma KIPÇAK'a teşekkür ederim.

Tezin her aşamasında yanımda olan, benden maddi ve manevi desteğini esirgemeyen değerli aileme özellikle babam İbrahim SADAK'a ve annem Emine SADAK'a sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

2018

Aynur SADAK



İÇİNDEKİLER

	Sayfa
ÖZET	i
ABSTRACT	iii
ÖN SÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vii
ÇİZELGELER LİSTESİ	xi
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xv
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ	5
2.1. Biber İle İlgili Yapılan Çalışmalar.....	5
2.2. Kuraklık Stresi İle İlgili Yapılan Çalışmalar	7
2.3. PGPR'lar İle İlgili Yapılan Çalışmalar	9
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	13
3.1. Materyal	13
3.1.1. Uygun bakteri izolatlarının belirlenmesi	13
3.1.2. Bitkinin yetiştirildiği ortamın özellikleri	13
3.1.3. Kullanılan besin solüsyonu.....	14
3.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası ve laboratuvar	16
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi	16
3.2.2. PGPR uygulamaları	17
3.2.3. Kuraklık stresinin oluşturulması.....	17
3.2.4. Fide gelişim parametrelerinin belirlenmesi	18
3.2.4.1. 0-5 Skala ile değerlendirme.....	18
3.2.4.2. Gövde çapının belirlenmesi.....	19
3.2.4.3. Yaprak sayısının belirlenmesi	19
3.2.4.4. Sürgün yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi	19
3.2.4.5. Sürgün boyu ve kök uzunluğunun belirlenmesi.....	20
3.2.4.6. Kök yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi.....	20

	Sayfa
3.2.5. Yaprak oransal su içeriği belirlenmesi	21
3.2.6. Membran zararlanma indeksi belirlenmesi.....	21
3.2.7. Bitkilerde lipit peroksidasyonu malondialdehit belirlenmesi	22
3.2.8. Enzim aktivitelerinin belirlenmesi.....	23
3.2.8.1. Katalaz (CAT) aktivitesi	23
3.2.8.2. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi.....	23
3.2.8.3. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi.....	24
3.2.9. Klorofil miktarının belirlenmesi	25
3.2.10. Besin elementlerinin belirlenmesi	25
3.2.11. Verilerin değerlendirilmesi.....	26
4. BULGULAR	27
4.1. Fide Gelişim Parametreleri	27
4.1.1. 0-5 Skala ile değerlendirme	28
4.1.2. Sürgün yaş ağırlığı	28
4.1.3. Sürgün kuru ağırlığı	29
4.1.4. Sürgün boyu	30
4.1.5. Kök yaş ağırlığı.....	31
4.1.6. Kök kuru ağırlığı.....	31
4.1.7. Kök uzunluğu.....	32
4.1.8. Yaprak sayısı	33
4.1.9. Gövde çapı	33
4.2. Enzim Aktiviteleri.....	34
4.2.1. Katalaz (CAT) enzim aktivitesi	34
4.2.2. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi	35
4.2.3. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi	36
4.3. Bitkilerde Lipit Peroksidasyonu Ürün Malondialdehit (MDA).....	36
4.4. Yaprak Oransal Su İçeriği Belirlenmesi	37
4.5. Membran Zararlanma İndeksi Belirlenmesi	38
4.6. Klorofil Miktarı	38
4.7. Besin Element İçerikleri	39
4.7.1. Potasyum içeriği	39

	Sayfa
4.7.2. Kalsiyum içeriği.....	40
4.7.3. Demir içeriği	41
4.7.4. Magnezyum içeriği	41
4.7.5. Bakır içeriği	42
4.7.6. Çinko içeriği	43
4.7.7. Mangan içeriği	44
5. TARTIŞMA VE SONUÇ.....	45
KAYNAKLAR.....	55
ÖZ GEÇMİŞ.....	61



ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge	Sayfa
Çizelge 3.1. Kullanılan bitkisel materyal ve bakteri izolatları	13
Çizelge 3.2. A besin solüsyonu içeriği	14
Çizelge 3.3. B besin solüsyonu içeriği	15
Çizelge 4.1. Kuraklık ve PGPR uygulamalarından elde edilen 0-5 skala değeri	28
Çizelge 4.2. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün yaş ağırlığı (g)	29
Çizelge 4.3. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün kuru ağırlığı (g)	29
Çizelge 4.4. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün boyu (cm)	30
Çizelge 4.5. Kuraklık stresi PGPR uygulamalarında kök yaş ağırlığı (g).....	31
Çizelge 4.6. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında kök kuru ağırlığı (g)	32
Çizelge 4.7. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında kök uzunluğu (cm)	32
Çizelge 4.8. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında yaprak sayısı (adet)	33
Çizelge 4.9. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında gövde çapı (mm)	34
Çizelge 4.10. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının CAT enzim aktivitesine etkisi (nmol/g TA)	34
Çizelge 4.11. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının SOD enzim aktivitesine etkisi (ünite/g TA)	35
Çizelge 4.12. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının APX enzim aktivitesine etkisi (nmol/g TA)	36
Çizelge 4.13. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının MDA miktarına etkisi (nmol/g TA)	37
Çizelge 4.14. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının yaprak oransal su içeriğine etkisi (%).....	37
Çizelge 4.15. Kuraklık stresinde PGPR uygulamalarının membran zararlanma indeksine etkisi (%)	38
Çizelge 4.16. Kuraklık stresinde PGPR uygulamalarının klorofil miktarına etkisi (SPAD).....	39

Çizelge	Sayfa
Çizelge 4.17. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında K içeriği (ppm).....	40
Çizelge 4.18. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Ca içeriği (ppm)	40
Çizelge 4.19. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Fe içeriği (ppm).....	41
Çizelge 4.20. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Mg içeriği (ppm).....	42
Çizelge 4.21. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Cu içeriği (ppm).....	42
Çizelge 4.22. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Zn içeriği (ppm)	43
Çizelge 4.23. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Mn içeriği (ppm).....	44



ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil	Sayfa
Şekil 3.1. Torf Perlit karışımı ve saksı hazırlığı	14
Şekil 3.2. Besin elementi olarak A ve B solüsyonlarının bitkilere uygulaması	15
Şekil 3.3. Bitkilerin yetiştiği ortam	16
Şekil 3.4. Bakteri süspansiyonu hazırlığı ve fidelere PGPR uygulaması	17
Şekil 3.5. 0-5 skala değerlendirmesi	18
Şekil 3.6. Gövde çapının belirlenmesi	19
Şekil 3.7. Bitkilerin kurutma aşamasına hazırlanması	19
Şekil 3.8. Sürgün boy ve kök uzunluğunun belirlenmesi	20
Şekil 3.9. Kök yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi	20
Şekil 3.10. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi	21
Şekil 3.11. Membran zararlanma indeksinin belirlenmesi	22
Şekil 3.12. Lipit peroksidasyonu ürünü malondialdehit miktarının belirlenmesi	23
Şekil 3.13. Süperoksit dismutaz aktivitesi belirlenmesi	24
Şekil 3.14. Askorbat peroksidaz aktivitesinin belirlenmesi	24
Şekil 3.15. Klorofil miktarının belirlenmesi	25
Şekil 3.16. Besin elementi okuma hazırlıkları	26
Şekil 4.1. Kuraklık stresine maruz bırakılan bitki görüntüsü	27

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamaları ile birlikte aşağıda sunulmuştur.

Simgeler	Açıklama
m	Metre
cm	Santimetre
g	Gram
%	Yüzde
°C	Santigrat derece
H₂O₂	Hidrojen peroksit
mg	Miligram
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mM	Milimol
NaCl	Sodyum klorür
ppm	Part per million (milyonda bir kısım)
K	Potasyum
Cu	Bakır
Fe	Demir
Ca	Kalsiyum
Mg	Magnezyum
Zn	Çinko
Mn	Mangan

Kısaltmalar

Açıklama

PGPR

Plant Growth Promoting Rhizobacteria
(Bitki gelişimini teşvik eden kök bakteriler)

APX

Askorbat Peroksidaz Enzim Aktivitesi

CAT

Katalaz Enzim Aktivitesi

MDA

Lipit Peroksidasyonu Ürünü Malondialdehit

SOD

Süperoksit Dismutaz Enzim Aktivitesi

YOSİ

Yaprak Oransal Su İçeriği



1. GİRİŞ

Biber (*Capsicum* sp.) dünyada yetiştirilen önemli sebze türlerinden biridir. 1923'e kadar tüm biberler *Capsicum annuum* ve *Capsicum frutescens* türleri içinde sınıflandırılırken, daha sonraki dönemde farklı taksonomistler tarafından çeşitli sınıflandırmalar yapılmıştır. Son olarak *Capsicum*, önceden sınıflandırılan 4 türe (*Capsicum annuum*, *frutescens*, *baccatum* ve *pubescens*) *Capsicum chinense* de eklenerek, kültüre alınmış 5 tür olarak sınıflandırılmıştır (Yemiş ve ark., 2004). Biber (*Capsicum* sp.) bütün dünyada olduğu gibi ülkemizde yaygın olarak ve çok fazla tüketilen bir sebze türüdür. Domates ve patlıcan gibi *Solanaceae* – (*Patlıcangiller*) familyasından ve *Capsicum* cinsi içindedir. Biber, vitaminler yönünden zengin ve çok önemli bir sebzedir. Özellikle C vitamini miktarı bakımından çok değerlidir. Biberin 100 gramında 160 mg vitamin C vardır. Biber insan sağlığı açısından da önemli bir sebzedir. Sinir, mide ve salgı bezlerinin çalışmasında faydalıdır. İdrar söktürür. Değişik şekillerde sınıflandırılır. Biber çok dallı ve otsu bir gövdeye sahiptir. Yan dallanma ilk çiçek oluşumundan sonra meydana gelir. Ana gövdeden 4-12 yan dal ayrılabilir. Biberde çimlenme ile beraber ilk olarak 3-5 cm uzunlukta oluşan kazık kök, bitki olgunluğa eriştiğinde ise kazık ve saçak kökler 90-120 cm derinlik ve 90 cm genişlikte alan kaplayabilir. Yapraklar şekil, renk ve büyüklükleri çeşide ve çevre koşullarına göre farklılık göstermekle beraber genellikle oval ve uçları sivri şekildedir. Biberlerde kültürü yapılan çeşitlerin çiçeklerinin taç yaprakları beyazdır. Biberde çiçekler erseliktir ve genellikle 5 sepal, 5 petal yaprak, 5 stamen ve 3-5 karpelli 1 pistil bulunur. Biber meyvelerinin içleri boştur ve meyve duvarı, çiçek tablası ve tohumlar olmak üzere üç kısımdan oluşur. Tohumları sarı, oval, düz ve yassıdır (Aybak, 2007). Meyve şekil ve renklerine göre uzun sivri biberler, dolmalık biberler, kiraz biberi, süs biberleri, konik biberler ve domates biberi gibi çok farklı tipleri bulunmaktadır (Özalp, 2010). Biber bitkisinde farklı sulama uygulamalarının verim ve kalite üzerine etkisini araştırmıştır. Biber bitkisinde üç farklı sulama yönteminde (damla, yağmurlama ve karık sulama) ve 3 farklı sulama suyu düzeyinde (kullanılabilir su tutma kapasitesinin % 30'u, 40'ı ve 50'si tüketildiğinde) verim ve su kullanım randımanını karşılaştırmışlardır. (Kırnak ve ark., 2002).

Bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen başlıca faktörler, yüksek sıcaklık, kuraklık etkisi, donma, hava kirliliği, oksijen noksanlığı ve tuz zararidir. Bu faktörler içerisinde verimi belki de en fazla etkileyen ve en önemli olanı kuraklık etkisinin olduğunu belirtilmiş ve yaprak büyümesi, stomaların açılıp kapanması ve fotosentez gibi birçok önemli fizyolojik olayların su potansiyelindeki değişimle doğrudan etkilenebileceğini bilinmektedir. Ülkemiz, kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer aldığından, doğal yağışlar bitki su ihtiyacını karşılayamamakta ve sulama zorunlu olması gerekmektedir. Toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesi çalışmaları içerisinde yer alan, tarımda yüksek verimliliğin ayrılmaz bir parçası olan sulama, bitki gelişmesi için gerekli suyun yağışlarla karşılanamayan kısmının toprağa verilmesi belirlenmektedir (Gungor, 1989).

Ülkemizin farklı iklim ve toprak yapısına sahip olması nedeniyle sebze üretimi hemen her bölgeye yayılmakla birlikte bölgenin ekolojik yapısına bağlı olarak toplam üretim içindeki oranı değiştirmektedir. İklim değişikliği ve değişen hava durumu tarım alanlarında birçok etkenin yanı sıra kuraklık stresi de oluşturmaktadır Bu durum biber üretimde olumsuz sonuçlar ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca verim ve kaliteyi düşürmektedir. Biberde yetiştiriciliğinde kuraklık önemli sorunlardan birisidir. Açık alanda serada, kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştiriciliği yapılan biber, ülkemizde talep gören önemli bir sebze türü olarak öne çıkmaktadır (Türkeş ve ark., 2000).

Bitkiler yaşam süreçleri boyunca çeşitli stres koşulları ile karşılaşmaktadır. Kuraklık stresi, büyümeyi ve verimi etkileyen en yaygın abiyotik streslerden biri olup, bitkilerde fizyolojik, biyokimyasal ve moleküler düzeydeki birçok koruma sistemini harekete geçirdiğini belirlenmiştir. Kuraklığın, hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltıcı etkisi sonucunda bitki gelişimini engellediğini ve ayrıca kuraklık sırasında büyüme için bir itici güç olan turgor basıncının azalması ve transpirasyonun olumsuz etkilenmesin de, mineral madde alımının gerilemesine ve büyüme hızının düşmesine neden olabileceğini ortaya çıkmıştır (Capell ve ark., 2004).

Toprakta orta derecede nem eksikliği turgor basıncında azalma, stomaların kapanmasına, gelişimin yavaşlamasına ve meyve veriminde azalma meydana gelmektedir. Nemin tarla kapasitesinden itibaren % 50-60 oranında azalması bitki fizyolojisinde olumsuz yönde etkileri meydana getirmektedir (Doorenbos ve Brummelen, 1989).

Kuraklık stresinde yapılan çalışmaların genel olarak olumsuz sonuçları meydana geldiği tespit edilmiştir. Yüksek sıcaklık, fasulye yetiştiriciliğinde verimini ve kaliteyi olumsuz etkileyen stres faktörlerinin başında gelmektedir. Bu çalışma, üretim dönemindeki yüksek sıcaklık nedeniyle fasulyede oluşacak verim ve kalite düşüşlerini en aza indirmek amacıyla tolerant ve duyarlı genotiplerin enzim, klorofil ve iyon içerikleri belirlenmiştir. Katalaz (CAT), süper oksid dismutaz (SOD), askorbat peroksidaz (APX), malondialdehit (MDA), Klorofil-a, Klorofil-b ve toplam klorofil, K, Ca ve Na iyon içeriklerinin yüksek sıcaklık stresinin 0., 2., 4., 6. ve 8. günlerindeki değişimleri incelenmiştir. İncelenen parametrelerin yüksek sıcaklık stresi sonucunda fasulye genotiplerinde klorofil ve iyon seviyeleri kontrol grubundaki genotiplere nazaran düşerken, enzim seviyelerinde ise artışlar meydana gelmiştir (Kabay ve Şensoy, 2017).

Yapılan bir çalışmada, değişik sebze türlerinde ve bunlara ait çok sayıda genotipte SOD, CAT ve APX enzim aktivitelerini stres koşullarında daha yüksek sentezleyebilen genotipler, yine stres koşullarında daha az sentezleyebilen genotiplere oranla stres koşullarına daha dirençli oldukları ortaya çıkmıştır (Yaşar ve ark., 2012; Kabay ve ark., 2017).

Stres koşulları ile karşılaşan bitkiler, gelişmelerini sürdürebilmek ve hayatta kalabilmek için çeşitli savunma mekanizmalarından yararlanırlar. Bitki tür ve çeşitlerine göre çok değişik fizyolojik ve biyokimyasal tepkiler ortaya çıkmakta ve tolerans seviyelerinde farklılıklar göstermektedir. Serbest oksijen radikallerinin sentezlenmesi ve bu zararlı kimyasalların hücre zarında tahribat yapması ile sonuçlanan tuzluluk ve kuraklık stresi koşullarında, içsel antioksidant enzimlerini yüksek düzeyde sentezleyebilen bitkiler ve çeşitleri de daha iyi dayanıklılık sergilemekte olduğunu belirtmişlerdir (Yaşar ve ark., 2012). Domates, patlıcan, biber, hıyar, kavun, karpuz, kabak, fasulye, börülce ve bamya türlerinde stres koşullarında antioksidatif enzim faaliyetleri yüksek olan ve toleransı da daha iyi bulunan genotipler ortaya çıkarmak amacıyla yapılan bir çalışmada, tolerans seviyeleri birbirine çok yakın olan genotipleri ayırma konusunda kesin sonuçlar vermemekle birlikte, hassas ve tolerant bitkileri seçme konusunda güvenilir bir seçim kriteri olarak antioksidant enzim aktiviteleri önemli bir parametre olarak kabul edilebileceğini vurgulamışlardır (Yaşar ve ark., 2012; Kabay ve ark., 2017; Kabay ve Şensoy 2017).

Büyümeyi teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olarak tanınmakta ve bitkilerde değişen oranlarda vejetatif ve generatif gelişimi arttırıcı etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Bununla birlikte PGPR uygulamasının yapıldığı bitkilerde hastalık oluşturan pek çok bakteriyel, fungal ve viral etmene karşı bitkide bulunan doğal dayanıklılığı teşvik ederek koruma sağladığı ortaya çıkmıştır. Bu bakterilerin bitkilerinde köklerinde daha iyi besin elementlerini alındığı bilinmektedir (Weller, 1988; Wei ve ark., 1996; Bäckman ve ark., 1997). PGPR'lar tarafından üretilen oksin bitkiler üzerinde olumlu ve olumsuz etki gösterebilir. Düşük konsantrasyonda bitki büyümesinin arttığı yüksek konsantrasyonda kök gelişimini engellediği görülmüştür. PGPR faydalı olduğu halde bazı stres koşullarında bitkiyi olumsuz etkileyebileceği de belirtilmektedir (Nadeem ve ark., 2014).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de tarım birçok biyotik ve abiyotik stresin etkisi altındadır. Bu stres koşulları; iyon toksisitesi, fizyolojik bozukluklar, bitki besleme dengesizliği, hormonal dengesizlik, iklim değişikliği, PGPR ve fungus etkileşimi gibi bir dizi faktörlerdir. PGPR'lar patojenik olmadığı halde fungus ve PGPR inokulasyon uygulamasının eş zamanlı yapılması halinde patojenik aktiviteyi tetiklediği görülmüştür (Nadeem ve ark., 2014). *Bradyrhizobium elkanii* bakterisi tarafından üretilen *Rhizobitoxin* bileşiği ikili etkiye sahip olmuştur. Bu bileşik bakterinin etilen sentezini engellediği için nodül oluşumunda olumsuz etki yapmaktadır (Nadeem ve ark., 2014).

PGPR'lar toprak bakterilerinde belirlenen enzimin bitki-bakteri birlikteliğinde önemli rol oynadığı ortaya çıkmıştır. Bu durumda ACC deaminaze içeren bakteri, bitki etilen düzeyini azaltabilirse, uygulama yapılmış bitkilerde stresin engelleyici etkisine karşı koruma sağlanabilecektir. Etilen düzeyinin azalması farklı çevresel streslere karşı bitkilerin daha dayanıklı olmasına imkân sağlamaktadır. ACC deaminaze içeren bitki gelişmesini teşvik edici bakteri uygulamalarının tarımdaki faydaları kanıtlanmış ve sürdürülebilir tarım için güvenli, güçlü bir adım olabilecektir (Çakmakçı, 2010a).

Biber kuraklığa hassas bir sebzedir. PGPR'ların kuraklık stresinde etkili olabileceği düşünülmektedir. Bu bağlamda çalışmada kuraklık stresi altında yetişen Mostar F₁ hibrit sivribiber çeşidi fideleri ile bazı PGPR bakterileri arasındaki ilişkilerin belirlenmesi ve kuraklığa tolerans konusunda etkilerini araştırılması amaçlanmıştır. Kuraklık stres faktörlerine tolerans için ileride yapılacak olan çalışmalara ışık tutabileceği öngörülmektedir.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Biber ülkemizde oldukça önemli bir sebze türüdür. Büyük sorunlar teşkil eden kuraklık stresi üzerine doğal olarak bulunan biyolojik ajanların etkisini belirlemek amacıyla yapılan çalışmalar aşağıda irdelenmiştir. Yapılan çalışmalar, biber, kuraklık stresi ve PGPR konu başlıkları olarak aşağıda özetlenmiştir.

2.1. Biber İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Biberde yüksek verim ve uygun yetiştiricilik için, yeterli su kaynağının bitki gelişim dönemi süresince olması gerekmektedir. Gelişim dönemi süresince uygulanacak su kısıtlı verimde önemli azalmalara neden olduğu bilinmektedir. Bitki çok ve az miktardaki sulama suyuna karşı hassas olduğu için kontrollü sulama, verim ve kalite için önemli olduğu belirtilmiştir (Doorenbos ve Brummelen, 1989). Biberde sulama aralığının 3 günün üzerine çıkması, bitkide stres oluşturduğu ve bitki boyunda kısılma, yaprak sayısı ve alanında azalma olduğu, ayrıca daha az klorofil üretiminin olduğunu bilinmektedir (Khan ve ark., 2005).

İzmir’de araştırması yapılan bir çalışmada biber yetiştiriciliğine kök bakterilerinin etkilerinin incelendiği çalışma Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü’nün Bakteriyoloji Laboratuvarı stoklarında bulunan kök bakterisi izolatları ile yurtdışından sağlanan bir ticari preparat ve bakteri inokule edilmeyen kontrol uygulaması ile karşılaştırılmıştır. Bakteriyel izolatlar iki farklı aşamada; tohum ekimi öncesinde ve dikim sonrasında uygulanmıştır. Sonuçlar incelendiğinde bakteri uygulamasının, kontrole kıyasla yaprak ve meyve ağırlığını artırdığı ortaya konulmuştur. Dönem sonunda sökülen bitkilerde, kök bakterilerinin kontrole kıyasla meyve yaş ağırlığını % 21 ile % 74 arasında arttırdığı belirtilmiştir (Kıdoğlu ve ark., 2008).

Ülkemiz için önemli bir yere sahip olan biber bitkisi, diğer birçok bitkide olduğu gibi abiyotik stres koşullarından fazlasıyla olumsuz etkilenmektedir. Kuraklık; mevsimlerin gecikmesi, düzensiz yağışlar, aşırı rüzgâr, aşırı sıcaklık ve düşük nem ile ortaya çıkmaktadır (Öztürk, 2002).

Yapılan bir çalışmada; açık arazi ve yüksek tünel koşullarının bazı sivri ve dolma biber çeşitlerinde erkenci ve toplam verim ile ortalama meyve ağırlığına etkileri araştırmışlar. Sivri biber çeşitlerinde; erkenci verim, yetiştirme ortamlarından yüksek tünelde 260.2 g/bitki, açıkta 123.6 g/bitki, en yüksek toplam verim 1135.9 g/bitki ile yüksek tünelden alınmış, açıkta 546.5 g/bitki, yüksek tünel 13.1 g/meyve ile açıktaki üretime 8.1 g/meyve oranla daha üstün bulmuşlardır. Dolma biber çeşitlerinde; erkenci verim yüksek tünelde 243.1 g/bitki, açıkta 180.6 g/bitki, toplam verim, yüksek tünel 1404.6 g/bitki, açık arazi 737.0 g/bitki, ortalama meyve sayısı yüksek tünelde 38.7 adet/bitki, açıkta 22.7 adet/bitki, ortalama meyve ağırlığı araştırmacılar tarafından istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Çalışmanın sonucu olarak, Van'da biber tarımının açıkta yapılabileceği ve yüksek tünel kullanımının yetiştiricilikte önemli avantajlar sağlayacağı belirtilmiştir (Türkmen ve ark., 2000).

Ülkemizde kuraklık stresinin başta biber bitkisi olmak üzere birçok bitki üzerine etkileri olmuştur. Biber ile ilgili birçok stres çalışmaları bulunmaktadır. Bununla beraber bir başka sorun olarak meydana gelen ve önemli bir sorun teşkil eden tuz stresi koşullarıdır. Tuz stresi ile alakalı benzer çalışmalar aşağıda irdelenmiştir.

Biber çeşitlerinin çimlenme ve çıkışı üzerine uygulanan farklı tuz dozlarının biber bitkisi üzerine tuzluluğun etkisinin araştırdıkları farklı bir çalışmaya bakıldığında, 11 biber çeşidini 14 gün süre ile 0, 85, 170 ve 215 mM NaCl içeren çözeltilerde çimlendirmişlerdir. Sera koşullarında yürütülen bu çalışmalarda, 170 ve 215 mM tuzlu çözeltili uygulanan çeşitlerin tümünde çıkışın olmadığı saptanmıştır. 85 mM tuz seviyesinde en fazla çıkış % 90 çıkış ile Çorbacı Acı Sivri ve en az çıkış ise % 9 ile Kapya çeşidinin olduğu gözlenmiştir. Yapılan bu çalışmada çimlenme yüzdesi tuz stresi arttığında 11 biber çeşidinde azalmıştır. Tuz stresinin artması ile kök uzunluğu, sürgün uzunluğu, taze ağırlık ve kuru ağırlıkta 11 biber çeşidi fidelerinde de tüm parametrelerde önemli derecede azalma olduğu gözlenmiştir. Denemeden elde ettikleri sonuçlara göre; Demre, Ilıca 250, 11-B-14, Bağcı Çarliston, Mini Acı Sivri, Yalova Çarliston ve Yağlık 28 çeşitlerinin tuz stresine karşı diğer çeşitlerden daha fazla toleranslı oldukları ve bu çeşitlerin tuza dayanıklı yeni çeşitler geliştirmede genetik kaynak olarak kullanılabilecekleri bildirilmiştir (Yıldırım ve Güvenç, 2006).

Biber (*Capsicum annuum* L.) fidelerine kateşin uygulaması ile tuz stresinin hafifletilmesi üzerine yapılan araştırmada, sürgünlerdeki nispi nem içeriği ve

yapraklardaki fotosentetik pigment içeriği tuz stresi koşullarında azaldığı, dıştan kateşin uygulaması ile ise sürgünlerdeki nispi nem içeriğini arttığı vurgulanmıştır (Arabacı, 2015).

Biber de, glisinbetainin (GB) (0, 1, 5 ve 25mM) ekim öncesi tohum uygulamasının erken gelişim safhasında biberin (*Capsicum annuum L.*) tuz stresine dayanımının teşvik edilmesi amacı ile yaptıkları çalışmalarında, fideleri dört gerçek yapraklı döneme geldikleri zaman tuz (150 mM NaCl) stresine maruz bırakmışlardır. GB uygulanmış tohumların klorofil içeriği, membran stabilitesi, nispi nem içeriği vb. gibi parametrelerinin GB uygulanmamış tohumlara göre önemli derecede arttığı ortaya çıkmıştır. Tuza dayanım bakımından 5 mM GB uygulamasının en yüksek değeri gösterdiğini ve tuz stresinin zararlı etkilerinden biber fidelerinin korunmasında GB uygulamasının etkili olacağını söylemişlerdir (Korkmaz ve ark., 2016).

2.2. Kuraklık İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Dünya nüfusunun artması sonucunda su tüketiminde arttığı görülmekte ve küresel ısınma gibi iklim değişiklikleri var olan suyun azalmasında ve açığın giderek büyümesine sebep olmaktadır. Dünyada bulunan kullanılabilir araziler üzerinde ortaya çıkan stres faktörleri sıralandığında ilk sırada kuraklık bulunmaktadır. Tarımın başlangıcı ile suya olan ihtiyaç, yüzyıllardır devam etmektedir. Ülkemiz küresel ısınma açısından tehlike altında bulunan bir ülkedir ve küresel ısınmanın etkisiyle iklim değişikliği oluşmaktadır. Bu iklim değişikliği tarım alanlarında birçok etkenin yanı sıra kuraklık stresi de oluşturmaktadır (Türkeş ve ark., 2000).

Kuraklık ile fotosentezin gerilemesi ve bitkinin kuruması sebebiyle metabolizması bozulduğu bitkide aktif oksijen miktarı yükselişe geçmektedir. Bitkilerdeki aktif oksijenin formunun artışa geçmesi durumunda bitkilerde oksidatif bir zarar oluşur ya da bitkinin savunma ve onarım mekanizmaları etkisiz hale gelir. Çok düşük su miktarlarında bitkinin antioksidan savunma mekanizması hızlı bir şekilde yıkılabilir ve yaprakta bulunan dokular zarar görebilmektedir (Örs ve Ekinci, 2015). Kuraklığın, bitkilerin bünyesinde ksilem ve floemdeki madde iletimini olumsuz olarak etkilediğinden meyvelerin olgunlaşmamasına ve verim kalitesinin düşmesine sebep olduğu bilinmektedir (Özen ve Onay, 2007).

Kuraklık stresi büyüme ve verimi etkileyen abiyotik streslerden biri olup, bitkilerde çeşitli değişimlere sebep olabilirler. Ayrıca, kuraklık sırasında büyüme için bir itici güç olan turgor basıncının azalması ve transpirasyonun olumsuz etkilenmesi de mineral madde alımının gerilemesine ve büyüme hızının düşmesine neden olduğu bilinmektedir (Capell ve ark., 2004).

Bitkilerde kuraklık stresi bitki bünyesine oldukça zarar vermektedir. Kuraklık durumunda fotosentez oranının, stomaların kapanması nedeniyle azaldığı ya da bunun metabolik bir gereklilik olduğu yönünde tartışmaların devam ettiği bilinmektedir. Stres durumunda turgor kaybı nedeniyle hücre büyümesi olumsuz olarak etkilendiğinden hücreler küçük kalırlar. Hücre büyümesindeki azalma çeper sentezini de etkiler. Protein ve klorofil olumsuz olarak etkilenirken, tohumların çimlenme yeteneğini kaybettikleri görülmektedir. Fotosentez ve solunum yavaşlar veya durur. Hücre büyümesinde gerileme yaprakların küçülmesine ve fotosentez üretiminin daha da azalmasına yol açar. Yeterli miktarda suyun olmaması ksilem ve floemdeki madde iletimini olumsuz olarak etkilediğinden meyvelerin küçük kalmasına, tahıllarda ise danelerin dolgunlaşmamasına ve ürün kalitesinin düşmesine yol açmaktadır (Özen ve Onay, 2007).

Bitkilerin kökleri aracılığı ile devamlı olarak topraktan aldıkları suyun büyük bir kısmı yapraklardan terleme ile atmosfere verilir, bir kısmı bitkinin dokularında su olarak kalır ve bir kısmı da parçalanarak çeşitli bileşiklerin yapımında kullanılmaktadır (Gungor, 1989). Bitkinin kuraklığa en erken tepkilerinden birisi olan stomaların kapanması ve CO₂ içeriğinde azalma ile birlikte stresin şiddetine bağlı olarak fotosentez engellenmekte ve hatta bitki ölümlerine sebep olmaktadır (Jaleel ve ark., 2007). Bu araştırma da bitkilerin gövde ve yaprak büyümesinin su eksikliğine kök büyümesinden daha hassas olduğu öne çıkmıştır. Kuraklık stresinin başlamasında en erken etkilerinden birisi fotosentez oranındaki düşüş nedeni ile vejetatif büyümedeki azalmadır (Sağlam, 2004).

Kuraklık koşulları bitkilerde hücrelerin bölünmesini ve büyümesini azaltarak bitki gelişimini olumsuz yönde engellemektedir. Stres durumunda turgor basıncının azalması ve transpirasyonun olumsuz etkilenmesi sonucu mineral madde alımını olumsuz yönde etkilediği ortaya çıkmıştır. Bu olumsuz etkilemeler bitki bünyesinde büyüme ve gelişmede azalmaya neden olabilmektedir. Bu nedenle kuraklık stresinin, tarımsal üretimde olumsuz sonuçlar meydana getireceği için önemli sınırlayıcı faktörler arasında olduğu bilinmektedir (Capell ve ark., 2004; Farooq ve ark., 2009).

Kuraklık, kuru hava koşullarının toprakta su eksikliğine neden olması ve bitkilerde su eksikliğinin gözlenmesidir. Kurak koşullarda, toprak su içeriğinin azalması ile birlikte yaprak su içeriği ve turgor kaybı meydana gelmektedir. Bitkilerde stomaların açık olması aynı zamanda bitkinin terleme ile su kaybetmesine de yol açmaktadır. Bu nedenle, kurak koşulların oluşması durumunda bitkiler, terleme ile su kaybını en aza indirmek amacıyla stomalarını hızlı bir şekilde kapatırlar (Jaleel ve ark., 2007).

Bitkilerin kuraklığa karşı gösterdiği tepkiler, bitkinin gelişme dönemine, kuraklığın süresine, şiddetine genetik faktörlere bağlı olarak değişebildiği belirtilmiştir (Nikolaeva ve ark., 2010). Ülkemizin Doğu Anadolu bölgesinde yer alan Van ilinde sulama zamanı planlanmasında, buharlaşma kabı yöntemi kullanılan biberin sulanmasında en uygun sulama aralığı ve sulama suyu miktarı belirlenmeye çalışılmıştır. Sonuç olarak, uygulanan sulama suyu ile vejetatif gelişme ve alınan toplam biber verimi arasında istatistiksel olarak pozitif bir lineer ilişki olduğu belirlenmiştir (Ertek ve ark., 2007).

2.3. PGPR'lar İle İlgili Yapılan Çalışmalar

Ülkemizde yapılan birçok çalışma da bitkilerin biyotik ve abiyotik stres koşullarına dayanımını artırmak, bitki gelişimi ve verimini iyileştirmek için faydalı mikroorganizmalardan yararlanılmaya başlanmayı ortaya koymuştur (Armstrong ve Loboda, 2001; Postma ve ark., 2001; Kıdoğlu, 2009). Bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin, azotu tuttuğu, bitkisel hormon üretebildiği, fosfat çözebildiği, genel olarak enzim aktivitelerini arttırdığı, stres etileni miktarını azalttığı, abiyotik stres koşullarının olumsuz etkilerini azalttığı bilinmektedir. PGPR'ların antibiyotik ve enzim gibi bileşikler sentezleyici mekanizmalarla patojenlere karşı antogonistik etki gösterdiği ortaya çıkmıştır (Çakmakçı ve ark., 2005; Çakmakçı ve ark., 2007). PGPR'ların tuz ve kuraklık stresinde sistemik toleransı uyardığı ve tarım topraklarında nitrat ve fosfat birikimini önleyerek topraktan gelen besin alımını artırıp, gübre ihtiyacını azalttığı sonucuna varmışlardır (Yang ve ark., 2009).

ACC deaminaze içeren bitki gelişmesini teşvik edici bakteri uygulamaları etilen düzeyinin azalmasını sağlayarak farklı çevresel streslere karşı bitkilerin daha dayanıklı olmasını ve bitkide oluşan etilen hormon üretimini dengeleyerek bitki büyüme ve gelişimini teşvik ettiği bilinmektedir (Çakmakçı, 2010a; Çakmakçı, 2014).

Literatürde yapılan çalışmalara bakıldığında bitkilere uygulanan PGPR uygulamalarıyla olumlu sonuçlar alındığı görülmüştür. PGPR'lerin bitkiler üzerindeki etkilerine bakıldığında çimlenme oranı, kök gelişmesi, verim, yaprak alanı, klorofil oranı, azot oranı, protein oranı, susuzluğa tolerans, kök ve gövde ağırlığı artmakta, yaprakların yaşlanması gecikmekte ve bazı hastalıklara karşı dayanıklılık sağlandığı ortaya çıkmaktadır (Çakmakçı ve ark., 2005; Çakmakçı, 2010b).

Bitki gelişimini arttırmak ve biyolojik mücadele ile PGPR uygulamaları için en uygun koşulların fideliklerde olduğunu belirtmişlerdir. Fide üretimi esnasında çevresel koşulların tarla şartlarına göre çok daha stabil olması PGPR'ların bitkiye daha yüksek oranda kolonize olmalarına olanak sağlamıştır. Rizobakteri içeren bitki besin maddelerinin temini açısından bitki büyümesi üzerine olumlu etkisi bilinmektedir. Bu bakteriler azot, fosfor çözünürlüğü, enzim sentezi, oksin, gibberelin ve sitokin gibi hormonların üretimini etkileyen en uygun mekanizmalar olduğu düşünülmektedir (Yan ve ark., 2003). PGPR'lar bitkilerde bulunan oksin, stokinin veya gibberallin gibi hormonları üretme yeteneğine sahip olup etilen sentezini engelleyebilmektedir. Abiyotik stres koşullarında stres etileni artış göstermektedir. Bunu azaltmanın etkin yolu ACC Deaminaze aktivitesini meydana getiren geni kullanmaktır. Buradaki olay bakteri uygulayarak bitkide etilen düzeyini azaltmaktır (Tuzlacı ve Ertürk, 2011).

PGPR'lerin direk ve indirek etkileri ile bitki kök ve yeşil aksam büyümesini desteklediğini, köklenmeyi artırarak toprağa yerleşmesini ve böylece çevresinde bulunan su ve besinden daha fazla faydalanmasını sağladığını bildirmişlerdir. Bu da bitkilere çevresel etkilerden daha az etkilenecek daha fazla yaşama şansı kazandırdığını ve köklerin hızlı gelişimi ile özellikle fungusların bitkiye saldırma için yeterli zaman bulamadığından hastalık etmeni zararı da minimize edilebileceğini belirtmişlerdir (Shakir ve ark., 2012).

PGPR'ler genellikle bitkilerin kök sisteminde kolonize olarak bitki gelişimini düzenlemekte ve zararlı rizosfer mikroorganizmalarını baskı altında tutmaktadırlar. PGPR'lar bitki bünyesinde olumlu sonuçlar vermiş olup, tohum çimlenmesi, kök gelişimi ve bitkinin sudan yararlanmasına da çok önemli katkılar sağlamaktadır. PGPR'ların mineral madde oranını düzenleyerek bitki gelişimini etkilediği bilinmektedir (Sıddıqui, 2006).

ACC-deaminaz içeren rizobakterileri tarafından oluşturulan kuraklık toleransının yarı kurak iklimde yetiştirilen buğdaylarda etkisini araştırmışlardır. Çalışmalarında Pakistan'ın güney Punjab bölgesinden 30 rizobakteriyel izolat elde etmişlerdir. İzolatları ACC-deaminaz aktivitelerini 9 belirlemişler ve bu aktiviteyi gösteren izolatların etilen hormon seviyesinde düşüş meydana getirdiklerini tespit etmişlerdir. Rizobakteriler ile inokule edilen bitkilerin kök ve gövde uzunluklarında, kitlelerinde, yanal kök sayılarında önemli oranında artışlar meydana geldiğini saptamışlardır. Araştırma sonucunda ACC-deaminaz'ın bitkide zarar oluşturabilecek etilen seviyesini düşürebileceğini ve buna bağlı olarak kuraklık stresinin bitkide oluşturabileceği zararlanmayı elimine edebildiğini bildirmişlerdir (Shakir ve ark., 2012).

PGPR ile ilgili yapılan birçok çalışmada farklı tarla denemelerinden elde edilen sonuçlar uyumsuzluk göstermesine rağmen, kontrole göre daha yüksek verim artışlarının sağlandığı benzer çalışmalar da ortaya çıkmıştır. Bu zaman diliminde PGPR'nin bitki büyümesini arttırmadaki mekanizması iyi bilinmemesine rağmen, bu denemeler belirlenen bitkilerde bakteriyel kolonizasyon ve bitki büyümesi için uygun şartlar hakkında ipuçları vermiştir. PGPR'nin bitki üzerinde çimlenme oranı, kök büyümesi, verim, yaprak alanı, klorofil içeriği, Mg içeriği, protein, hidrolik aktivite, kurağa dayanım, sürgün ve kök ağırlıkları ve yaprakta kopma tabakasının oluşumunun gecikmesi suretiyle bitki büyümesine fayda sağladığı ve olumsuz çevre koşullarına göre dayanım sağladığı ortaya çıkmıştır (Lucy ve ark., 2004).

Bitki gelişimini teşvik eden *Pseudomonas* ve *Bacillus* türlerinin biyokontrolü ve abiyotik stres koşullarına toleransını incelemiş ve yüksek sıcaklık, tuzluluk ve susuzluk şartlarında *Pseudomonas* ırkları *Bacillus* ırklarına göre daha az tolerans göstermiştir. Bunun nedeni de *Bacillus* izolatları tarafından endosperm oluşumunun gerçekleşmesi olduğu düşünülmektedir. *Pseudomonas* ırklarının diğer iki stres koşullarına göre kuraklığa toleransı daha yüksek olduğu ortaya çıkmıştır (Kumar ve ark., 2014).

PGPR'larla ilgili yapılan bir çalışmada farklı kök bakterilerinin serada yetiştirilen domates bitkilerinin verimi üzerine etkilerinin incelendiği çalışmalarda, *Bacillus* spp. strain 66/3'ün kontrole kıyasla domates bitkilerinde verim üzerine sonbaharda % 37 ve ilkbaharda % 18 düzeyinde bir artışına neden olduğu ortaya çıkmıştır (Kıdoğlu ve ark., 2009).

Hıyar, domates ve biber bitkilerinde yapılan bir çalışmada, sera koşullarında; test edilen PGPR'lerin bazı dönemlerde hıyar ve domateste önemli verim artışına yol açtığı belirlenmiştir. Hıyar yetiştiriciliğinde, *Pseudomonas putida* 18/1 K, *Serratia marcescens* 62 ve *Pseudomonas fluorescens* 70 nolu kök bakterileri *Fusarium* solgunluğunun ortaya çıktığı dönemde, hıyar bitkisinde toplam verimde kontrole kıyasla sırasıyla % 42, % 43 ve % 20 oranında bir verim artışının olduğu bilinmektedir (Gül ve ark., 2008).

Fasulye bitkisine bakteri aşılamanın azot fiksasyonu, bitkinin kök ve toprak üstü organlarına etkisini belirlemek amacıyla çalışma yapmıştır. Deneme sonunda kullanılan fasulye çeşitlerinin, bakteri aşılamanın ve steril koşulların bitkinin toprak üstü % N içeriğine, kök % N ve nodül % N içeriğine etkisi önemsiz görülmüştür (Akkurt, 2010).



3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu çalışmada, bitki büyüme düzenleyici kök bakterilerinin (Plant Growth Promoting Rhizobacters=PGPR) kuraklık stresi altında yetişen biber fidelerin gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışmada, bitkisel materyal olarak bir adet F₁ hibrit sivri biber (Mostar F₁) çeşidi ve biyolojik ajan olarak ise daha önceden etkinliği belirlenmiş iki adet PGPR (*Bacillus* sp. CA41/1) ve (*Ochrobactrum* sp. CB36/1) kullanılmıştır.

3.1.1. Uygun bakteri izolatının belirlenmesi

Denemede kullanılan bitkisel materyal ve PGPR izolatları Çizelge 3.1’de belirtilmiştir. Çalışmada kullanılan PGPR izolatının belirlenmesi için öncelikle Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü stoklarında bulunan ve daha önce yapılan çalışmalarda etkinliği belirlenmiş iki adet PGPR kullanılmıştır (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Kullanılan bitkisel materyal ve bakteri izolatları

Bitkisel materyal	PGPR İzolatları	
	Kodu	Tür İsimleri
Mostar F1	CA41/1	<i>Bacillus</i> sp.
	CB36/1	<i>Ochrobactrum</i> sp.

3.1.2. Yetiştirme ortamı özellikleri

Denemede yetiştirme ortamı olarak, torf:perlit karışımı 1:1 oranında ve 2 litrelik saksılar kullanılmıştır (Şekil 3.1).

Torf içeriği: EC: 35 mS/m, pH: 5.5-6.5, Gübre içeriği: 1.0 kg/m³

Perlit içeriği: SiO₂ (72.0 – 76.0 %), Al₂O₃ (11.0 – 17.0 %), K₂O (4.0 – 5.0 %), Na₂O (2.9 – 4.0 %), CaO (0.5 – 2.0 %), MgO (0.1 – 0.5 %), Fe₂O₃ (0.5 – 1.5 %), TiO₂ (0.03 – 0.2 %), MnO₂ (0.03 – 0.1 %), SO₃ (0 – 0.2 %), H₂O (2 – 7 %).



Şekil 3.1. Torf Perlit karışımı ve saksı hazırlığı.

3.1.3. Besin solüsyonu

Çalışmada bitkilere besin elementi olarak A ve B solüsyonları Çizelge 3.2. ve Çizelge 3.3’de gösterilmiştir. Deneme süreci boyunca farklı zamanlarda bütün bitkilere eşit miktarda uygulanmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. A besin solüsyonu içeriği

A Besin solüsyonu (%)*	
Toplam Azot (N)	10.03
Amonyum Azotu (NH ₄ -N)	1.6
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	8.7
Suda Çözünür Potasyum Oksit (K ₂ O)	7.5
Kalsiyum (Ca)	8.6
Demir DTPA (Fe)	0.3

*1 litre suya 2 ml A ve 2ml B karıştırıldığında suyun EC değerini 2.2 mS/cm’ ye çıkarır

Çizelge 3.3. B Besin solüsyonu içeriği

B Besin solüsyonu (%)*	
Toplam Azot (N)	2.1
Nitrat Azotu (NO ₃ -N)	2.1
Suda Çözünür Fosfor Pentaoksit (P ₂ O ₅)	6.4
Suda Çözünür Potasyum Oksit (K ₂ O)	11.6
Magnezyum (Mg)	1.6
Çinko (Zn)	0.01
Bakır (Cu)	0.003
Mangan (Mn)	0.1
Bor(B)	0.03
Molibden (Mo)	0.004

*1 litre suya 2 ml A ve 2ml B karıştırıldığında suyun EC değerini 2.2 mS/cm' ye çıkarır.



Şekil 3.2. Besin elementi olarak A ve B solüsyonlarının hazırlanışı ve bitkilere uygulaması.

3.1.4. Çalışmanın yürütüldüğü iklim odası ve laboratuvar

Bu çalışma Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü iklim odası, Bahçe Bitkileri laboratuvarı ve Bitki Koruma Bölümü Bakteriyoloji laboratuvarında yürütülmüştür. İklim odası; 24 ± 2 °C sıcaklıkta 12 saat aydınlık 12 saat karanlık % 60 – 65 nem şartlarında bitkilerin yetiştirilmesi sağlanmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.3. Bitkilerin yetiştiği ortam.

3.2. Yöntem

3.2.1. Bitkilerin yetiştirilmesi

Çalışma üç tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Kuraklık uygulaması kontrolle birlikte iki uygulama (var – yok) şeklinde uygulaması yapılmıştır. PGPR uygulaması kontrolle birlikte üç farklı PGPR uygulaması olarak uygulanmıştır. Deneme 6 uygulama \times 3 tekerrür ve her tekerrür de 5 saksı olmak üzere, toplamda 90 saksı torf:perlit ile doldurulmuştur. Tohumlar musluk suyu yardımıyla bolca yıkanmış ve daha sonra saksılara iki adet tohum ekimi yapılmıştır. Toplam 180 biber bitkisi kontrollü koşullarda iklim odasında yetiştirilmiştir. Deneme süreci boyunca iki günde bir düzenli olarak sulamaları eşit miktarda yapılmıştır. Kotiledon yapraklar açıldıktan sonra fide başına 50 ml gelecek şekilde yetiştirme periyodu boyunca beş kez besin solüsyonu verilmiştir. Deneme 8 hafta sonra sonlandırılmıştır.

3.2.2. PGPR uygulamaları

Bakteri uygulaması için her bir kök bakterisi izolatu 5 cm'lik petriyelerdeki KB besiyerine ekilerek 48 saat 24 °C'de geliştirilmiştir. Bakteri kültürleri %1.5'lük CMC (Karboksi Metil Selüloz) ile süspansiyon edilmiştir (Şekil 3.4). PGPR uygulamasında ilk uygulamanın fide çıkışında kotiledon yaprakların yere paralel duruma geldiği aşamada (10 ml/fide), ikinci uygulamanın ise iki hafta sonra (15 ml/fide) olacak şekilde yapılmıştır (Şekil 3.4). Kotiledon yapraklar açıldıktan sonra ilk gerçek yapraklar oluşup ikinci gerçek yaprakların açılması sırasında, antagonist süspansiyonu (10^9 cfu/ml) köklere içirme biçiminde uygulanmıştır (Akköprü, 2012).



Şekil 3.4. Bakteri süspansiyonu hazırlığı ve fidelere PGPR uygulaması.

3.2.3. Kuraklık uygulamaları

Bitkilerde kuraklık stresinin ortaya çıkardığı etkilerin belirlenebilmesi amacı ile yapılmış olan bu çalışma, deneme kurulumu aşamasında ilk tohum ekiminde saklıların ağırlıkları ile tarla kapasitesi alınmış ve deneme süresi boyunca kuraklık uygulamasına geçilmeden önce bütün bitkilere iki günde bir eşit şekilde sulama yapılmıştır. Kontrol bitkileri dışında kalan uygulamalarda uygulamanın yarısına tohum ekiminden yaklaşık 7 hafta sonra kuraklık stresinin oluşturulabilmesi için son kez bütün saksılar eşit miktarda sulanarak sulama tamamen kesilmiştir (Kuşvuran, 2010; Kabay, 2014).

3.2.4. Fide gelişim parametrelerinin belirlenmesi

3.2.4.1. 0-5 Skalası ile değerlendirme

Denemede kuraklık ve PGPR uygulamaları sonucunda bitkide oluşan stresin biber fideleri üzerinde yapmış olduğu gözle görünür değişiklikleri değerlendirmek için 0-5 skalası değerlendirmesi (Kuşvuran, 2010)'a göre yapılmıştır (Şekil 3.5).

Biber bitkisinin kuraklık stresine dayanımı için skala şöyledir:

- 0: Hiç etkilenme yok (kontrol bitkileri)
- 1: Büyümede yavaşlama (kontrol bitkilerine göre)
- 2: Alt yapraklarda solgunluk başlangıcı
- 3: Üst yapraklarda kıvrılma (kapanma) ve solgunluk
- 4: Yapraklarda şiddetli solgunluk ve sararma, yaprak kenarlarında kuruma başlangıcı
- 5: Bitkilerde solma ve alt yapraklarda kuruma



Şekil 3.5. 0-5 skala değerlendirmesi.

3.2.4.2. Gövde çapının belirlenmesi

Bitkilerde gövde çapı kumpas ile mm ($\pm 0,5$) cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.6)



Şekil 3.6. Gövde çapının belirlenmesi.

3.2.4.3. Yaprak sayısının belirlenmesi

Denemede uygulama sonunda biber bitkilerinde bitki üzerindeki tüm yaprakların sayılması ile adet/bitki olarak belirlenmiştir.

3.2.4.4. Sürgün yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Kuraklık ve PGPR uygulamaları sonucunda sökülen tüm bitkiler terazide tartılıp, bitki sayısına bölünerek bitki yaş ve kuru ağırlıkları (Kuşvuran, 2010)'a göre belirlenmiştir; daha sonra aynı örnekler bir gün açıkta serilerek bekletilip, 65 °C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. Bitkilerin kurutma aşamasına hazırlanması.

3.2.4.5. Sürgün boyu ve kök uzunluğu

Deneme sonunda sürgün boyu; bitkilerin kök boğazından büyüme ucuna kadar olan bölge, kök boyu ise kök boğazından kök ucuna kadar olan bölge cm cinsinden metre ile ölçülmüştür (Şekil 3.8).



Şekil 3.8. Sürgün boyu ve kök uzunluğunun belirlenmesi.

3.2.4.6. Kök yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi

Kuraklık ve PGPR uygulamaları sonucunda sökülen ve kökleri sürgünlerinde ayrılan tüm bitkilerin kökleri terazide tartılıp kök yaş ağırlıkları belirlenmiştir; daha sonra aynı örnekler bir gün açıkta serilerek bekletilip 65 °C etüvde 48 saat süreyle kurutulduktan sonra kök kuru ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır (Kuşvuran, 2010) (Şekil 3.9).



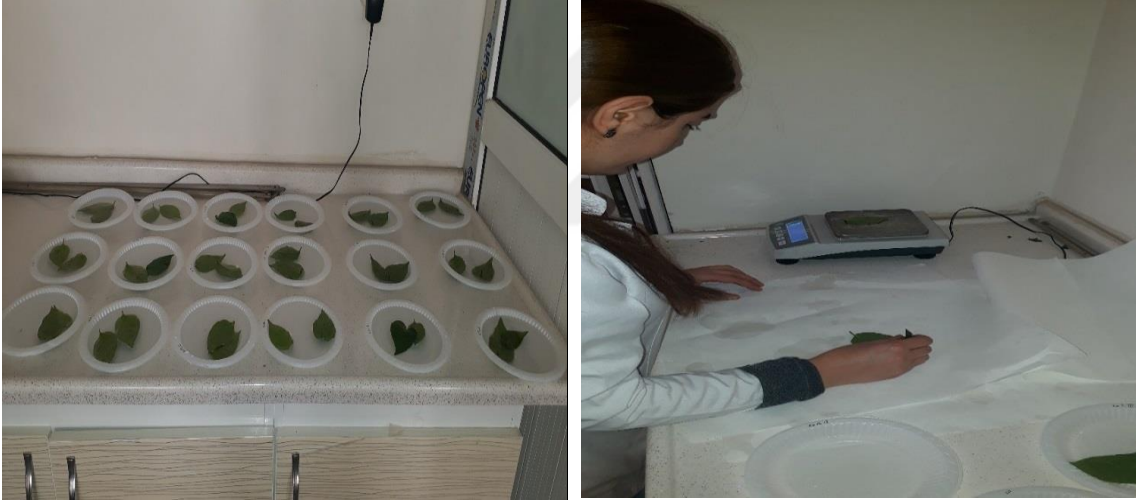
Şekil 3.9. Kök yaş ve kuru ağırlıklarının belirlenmesi.

3.2.5. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi

Yaprak oransal su içeriği (Kuşvuran, 2010)'a göre yapılmıştır. yaprak oransal su içeriği, kuraklık uygulamaları sonunda bitkilerden alınan yaprak örneklerinin oransal su içeriklerinin hesaplanması amacıyla yaprak taze ağırlıkları hassas terazide tartıldıktan sonra dört saat saf su içinde bekletilerek turgor ağırlıkları saptanmıştır. Daha sonra bu yapraklar 65 °C etüvde 48 saat bekletilip hassas terazide tartılmıştır. Gram cinsinden hassas terazide tartılan yaprak sonuçları Eş 3.1'e göre hesaplanarak yaprak oransal su içerikleri yüzde cinsinden belirlenmiştir (Şekil 3.10).

$$YOSİ = (TA-KA)/(TuA-KA) \times 100 \quad (3.1)$$

TA: Taze Ağırlık KA: Kuru Ağırlık TuA: Turgor Ağırlığı



Şekil 3.10. Yaprak oransal su içeriğinin belirlenmesi.

3.2.6. Membran zararlanma indeksi

Membran zararlanma indeksi (Kuşvuran, 2010)'a göre yapılmıştır. PGPR ve kuraklık uygulaması yapıldıktan sonra stres ve kontrol bitkilerinin alttan 3. yapraklarından 17 mm çapında diskler alınarak de-iyonize su içerisinde 5 saat bekletildikten sonra EC si ölçülmüştür. Aynı diskler 100 °C'de 10 dakika bekletildikten sonra çözeltinin EC değeri tekrar ölçülmüştür. Elde edilen değerler aşağıdaki formüle Eş 3.2'e yerleştirilip, yaprak membran zararlanması % cinsinden bulunmuştur (Şekil 3.11).

$$MZİ = (Lt-Lc/1-Lc) \times 100 \quad (3.2)$$

Lt: Stres uygulanan bitki yaprağın otoklav edilmeden önceki EC/ Otoklav sonrası EC

Lc: Kontrol bitki yaprağının otoklav edilmeden önceki EC/ Otoklav sonrası EC



Şekil 3.11. Membran zararlanma indeksinin belirlenmesi.

3.2.7. Bitkilerde lipit peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA)

Bitkilerin alttan 3. yaprağından alınan 0.5 g yaprak örneği 10 ml % 0.1'lik trikloroasetik asit (TCA) ile homojenize edildikten sonra homojenat 15000 rpm'de 5 dakika santrifüj edilmiştir. Santrifüj edilen örneğin berrak kısmından 1 ml alınıp, üzerine 4 ml % 20'lik TCA içerisinde çözülmüş % 0.5'lik tiobarbiturik asit (TBA) katılmıştır (Şekil 3.12). Karışım 95 °C'de 30 dakika bekletildikten sonra hızla buz banyosunda soğutulup 10000 rpm'de 10 dakika santrifüj yapıldıktan sonra berrak kısımda 532 ve 600 nm dalga boyunda okuma yapılmış ve aşağıdaki eşitlik ile Eş 3.3'e göre MDA içeriği hesaplanmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).

$$MDA = ((A_{532-632}) \times V(10 \text{ ml sabit}) \times 1000) / E \times W \quad (3.3)$$

A: dalga boyu

V: homojenize edilen TCA miktarı 10 ml (sabit)

E: 155 mm/gram (sabit)

W: taze bitki örneği miktarı (0.5 gram sabit)



Şekil 3.12. Lipit peroksidasyonu ürünü malondialdehit (MDA) miktarının belirlenmesi.

3.2.8. Enzim aktiviteilerinin belirlenmesi

3.2.8.1. Katalaz (CAT) aktivitesi

Katalaz aktivitesi, 240 nm dalga boyunda H_2O_2 'nin kaybolmasının izlenmesi ile belirlenmiştir. Reaksiyon çözeltisi olarak 0.05 M fosfat tamponu (KH_2PO_4), 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.2 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 240 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır. Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).

3.2.8.2. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi

Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM Na-fosfat tamponu ($Na_2HPO_4 \times H_2O_2$), 0.1 mM Na-EDTA, 33 μ M NBT, 5 μ M riboflavin, 13 mM methionin karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 2.5 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.1 veya 0.2 ml bitki ekstraktı karşılaştırılmıştır. Reaksiyon 25 °C'de 75 μ mol $m^{-2} s^{-1}$ (40 W) ışık altında 10 dakika bekletilerek sağlanmıştır. Kontrol çözeltisi enzimsiz olarak karanlıkta aynı süre bekletilmiştir. Kontrol ve Reaksiyon çözeltisi 560 nm'de okunmuştur (Şekil 3.13). SOD aktivitesi ünite olarak NBT' un % 50'sini indirgeyen aktivite olarak belirlenmiştir (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).



Şekil 3.13. Süperoksit dismutaz (SOD) aktivitesi belirlenmesi.

3.2.8.3. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesi

Askorbat peroksidaz aktivitesi, 290 nm dalga boyunda askorbik aside bağlı H_2O_2 'nin indirgenmesi ölçülmüştür. Reaksiyon çözeltisi olarak 50 mM fosfat tamponu (KH_2PO_4), 0.5 mM askorbik asit, 0.1 mM EDTA, 1.5 mM H_2O_2 karışımı kullanılmıştır (pH: 7.0). 3 ml reaksiyon çözeltisi ile 0.1 ml bitki ekstraktı karıştırılmıştır. Spektrofotometrede 290 nm dalga boyunda 0. ve 60. saniye okumaları alınmıştır (Şekil 3.14). Reaksiyon 0.1 ml enzim ekstraktının ilavesi ile başlatılmıştır. Değerlendirme 1 dakika içinde absorbansdaki değişim dikkate alınarak yapılmıştır (Güneri Bağcı, 2010; Jebara ve ark., 2010).



Şekil 3.14. Askorbat peroksidaz (APX) aktivitesinin belirlenmesi.

3.2.9. Klorofil miktarının belirlenmesi

Denemede biber fidelerine uygulanan PGPR ve kuraklık uygulamalarının bitkiler üzerindeki klorofil miktarının belirlenmek için SPAD metre kullanılmıştır. Çalışma sonunda her bir saksı için ayrı ölçümler yapılmıştır. Aynı bitkinin farklı yaprakların da 10 ile 12 ölçüm alınmış ve alınan ölçümler toplanıp yapılan ölçüm miktarına bölünerek o bitkinin klorofil miktarı belirlenmiştir (Şekil 3.15).



Şekil 3.15. Klorofil miktarının belirlenmesi.

3.2.10. Besin elementleri analizi

Kuru yakma yöntemi kullanılarak yapılan bu analiz daha önceden etüvde kurutulmuş bitki örnekleri toz haline getirilmiştir. 0.5 gram örnek alınarak (Şekil 3.16a) krozelerde 1 ml etil alkol ile ön yakma işlemi yapılmıştır (Şekil 3.16b). Krozeler soğuduktan sonra yaklaşık 9-12 saat süreyle 500 °C’de kül fırınında yakılmıştır. Yakma işleminden sonra küle 3 N HCl’den 4 ml karıştırılmıştır. Daha sonra krozeler hot pleyt üzerine bırakılmış sarı renk alıncaya kadar üzerinde bekletilmiştir. Sarı renk oluşunca hot pleyt üzerinden alınan porselen krozeler önceden hazırlanmış süzme seti yardımıyla 50 ml balon jodelere aktarılmış ve derecesine tamamlanıncaya kadar saf su eklenmiştir (Şekil 3.16c). Elde edilen kül, % 3.3’ lük HCl’ de çözülmüş ve filtre kâğıdında süzülükten sonra elde edilen ekstraktlardan (Kacar 1984)’e göre belirlenmiştir. Besin elementi (K, Ca, Mg, Fe, Cu, Zn ve Mn) içerikleri Van Y.Y.Ü. Bilim Uygulama ve Araştırma Merkezi’nde analiz edilmiştir (Şekil 3.16d).



Şekil 3.16. Besin elementi okuma hazırlıkları.

3.3. Verilerin Değerlendirilmesi

Çalışmada elde edilen veriler, Tesadüf parselleri deneme desenine göre kuraklık ve kontrol bitkilerinde stresin etkisinin belirlenmesi amacı ile elde edilen verilerin istatistiksel analizleri kullanılan deneme desenine göre SPSS paket programları kullanılmıştır. Kuraklık uygulamaları T testine göre, PGPR uygulamaları ise Duncan testine göre harflendirilmiştir.

4. BULGULAR

Kuraklık stresi altındaki biber fidelerine PGPR uygulamalarının etkisi isimli tez çalışmasında yürütülen kuraklık denemelerinden elde edilen, 0-5 skalası, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanma indeksi, MDA miktarı, CAT enzim aktivitesi, APX enzim aktivitesi, SOD enzim aktivitesi, klorofil miktarı ve besin elementleri tayini [Potasyum (K), Kalsiyum (Ca), Demir (Fe), Bakır (Cu), Magnezyum (Mg), Çinko (Zn) ve Mangan (Mn)] ölçüm ve sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

4.1. Fide Gelişim Parametreleri

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının fide gelişimi üzerine etkisi Şekil 4.1'de belirtilmiştir.



Şekil 4.1. Kuraklık stresine maruz bırakılan bitki görüntüsü.

4.1.1. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında 0-5 skalası değerleri

Denemede bitkilere kuraklık ve PGPR uygulamalarının sonucunda bitkinin dış görünüşünden, stres belirtilerini saptamak için bir skaladan yardım alınmıştır (Çizelge 4.1). Çalışmada kullanılan skalaya göre, strese maruz kalmamış bitkilere “0” değeri verilirken, en yüksek derece de strese maruz kalmış olan bitkiye “5” değeri belirtilmiştir. Kuraklık uygulamasının bitişinde kontrol grubu bitkilerde stres görülmezken, kuraklık uygulanan bitkilerde stres belirtileri görülmüş ve 0-5 skalasına göre puanlama yapılmıştır. PGPR uygulamalarının 0-5 skalası değerleri üzerine etkisi istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. Kuraklık uygulamasında ortalama skala değeri 3.11 olarak gözlemlenmiştir. Kontrol uygulaması 2.00 skala değerine sahip olurken, CB36/1 bakteri izolatın uygulama ortalama skala değeri 3.33 olurken, CA41/1 bakteri uygulaması 4.00 skala değerine sahip olmuştur (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1. Kuraklık ve PGPR uygulamalarında elde edilen 0-5 skala değerleri

PGPR Uyg.	Kuraklık uygulaması
Kontrol	2.00 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	3.33
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	4.00
Ortalama	3.11

öd: önemli değil

4.1.2. Sürgün yaş ağırlığı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının sürgün yaş ağırlığına etkisi Çizelge 4.2’de belirtilmiştir. Denemede uygulanan kuraklık uygulamaları, biber fidelerinde sürgün yaş ağırlıkları arasında farklılıklara yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında sürgün yaş ağırlıkları arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarında bitkilerin sürgün yaş ağırlığı kontrole kıyasla önemli ölçüde azalmıştır.

Çizelge 4.2. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün yaş ağırlıkları (g)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	24.45 ^{öd}	13.45	18.95 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	25.02	11.51	18.26
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	26.64	11.61	19.13
Ortalama	25.00 A ^{**}	11.87 B	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kontrol grubu bitkilerin sürgün yaş ağırlığı ortalamaları 25.00 g olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin ortalaması 11.87 g olmuştur. Bununla birlikte, sürgün yaş ağırlığında PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CB36/1 bakterisi uygulaması kontrole göre nispeten sürgün yaş ağırlığında azalmalara yol açarken, CA41/1 bakterisi uygulaması kontrole göre nispeten sürgün yaş ağırlığında bir miktar artışa neden olmuştur (Çizelge 4.2).

4.1.3. Sürgün kuru ağırlığı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının sürgün kuru ağırlığına etkisi Çizelge 4.3'de belirtilmiştir. Denemede uygulanan kuraklık uygulamaları, biber fidelerinde sürgün kuru ağırlıkları arasında istatistiksel olarak farklılıklara yol açmamıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında sürgün kuru ağırlıkları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.3. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün kuru ağırlıkları (g)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	1.71 ^{öd}	1.70	1.71 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	1.85	1.69	1.76
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2.01	1.88	1.92
Ortalama	1.81 ^{öd}	1.76	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamalarında bitkilerin sürgün kuru ağırlığı kontrole kıyasla kısmi ölçüde azalmıştır. Kontrol grubu bitkilerin sürgün kuru ağırlığı ortalamaları 1.81 g olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin ortalaması 1.76 g olmuştur. Sürgün kuru ağırlığında PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CB36/1 bakteri uygulaması kontrole göre sürgün kuru ağırlığında nispeten çok az bir artışa yol açarken, CA41/1 bakteri uygulaması kontrole göre sürgün kuru ağırlığında nispeten biraz daha fazla artışa neden olmuştur (Çizelge 4.3).

4.1.4. Sürgün boyu

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının sürgün boyuna etkisi Çizelge 4.4’de belirtilmiştir. Denemede uygulanan kuraklık uygulamaları, biber fidelerinde sürgün boyları arasında istatistiksel olarak farklılıklara yol açmamıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında sürgün boyları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.4. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında sürgün boyu (cm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	20.40 ^{öd}	21.10	20.57 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	21.26	20.23	20.64
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	22.58	19.93	20.81
Ortalama	21.05 ^{öd}	20.27	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamalarında bitkilerin sürgün boyu kontrole kıyasla kısmi ölçüde azalmıştır. Kontrol grubu bitkilerin sürgün boyu ortalamaları 21.05 cm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin ortalaması 20.27 cm olmuştur. Sürgün boyu PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu da istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CB36/1 ve CA41/1 bakteri uygulamaları kontrole göre sürgün boy uzunluğunda nispeten küçük artışlara neden olmuştur (Çizelge 4.4).

4.1.5. Kök yaş ağırlığı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının kök yaş ağırlıklarına etkisi Çizelge 4.5’de belirtilmiştir. Kuraklık ve PGPR uygulamalarının biber bitkisinin kök yaş ağırlığı üzerine olan etkileri istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır. Bununla birlikte kontrol kök yaş ağırlığı ortalama olarak 2.02 g bulunurken, PGPR uygulamalarında CA41/1 bakteri uygulaması 2.45 g kök yaş ağırlığına sahip olurken, CB36/1 bakteri uygulaması 2.44 g kök yaş ağırlığına sahip olmuştur. PGPR uygulamaları toplam kök yaş ağırlığını olumlu etkilemiş ve PGPR uygulamaları kontrol grubuna göre daha yüksek ortalamalar vermiştir.

Çizelge 4.5. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında kök yaş ağırlıkları (g)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	2.03 ^{öd}	2.00	2.02 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	2.21	2.60	2.44
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2.44	2.46	2.45
Ortalama	2.16 ^{öd}	2.45	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklığa maruz bırakılan fidelerin kök yaş ağırlıklarında kontrol fidelerine göre istatistiki olarak önemli bulunmayan bir miktar artış da saptanmıştır (Çizelge 4.5).

4.1.6. Kök kuru ağırlığı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının kök kuru ağırlıklarına etkisi Çizelge 4.6’da belirtilmiştir. Biber fideleri üzerine kuraklık uygulamalarında kök kuru ağırlıkları arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmasına rağmen, PGPR uygulaması ve PGPR x Kuraklık uygulamalarının etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Kuraklık uygulamasında ortalama kök kuru ağırlığı 0.211 g, kontrol fidelerinin ortalama kök ağırlığına 0.199 g göre bir miktar artmıştır. Kuraklık uygulamasında kontrole oranla CB36/1 ve CA41/1 bakteri uygulamalarında daha yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında kök kuru ağırlıkları (g)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	0.185 ^{öd}	0.180	0.182 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	0.196	0.226	0.211
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	0.218	0.228	0.223
Ortalama	0.199 B ^{**}	0.211 A	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

4.1.7. Kök uzunluğu

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının kök uzunluklarına etkisi Çizelge 4.7’de belirtilmiştir. PGPR ve kuraklık uygulamalarında kök uzunlukları arasındaki farklar istatistiksel açıdan önemsiz bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarında ortalama kök uzunluğunda 15.77 cm, kontrol fidelerinin ortalama kök uzunluğuna 13.09 cm göre bir miktar artış gözlenmiştir.

Çizelge 4.7. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında kök uzunlukları (cm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	12.09 ^{öd}	18.89	13.79 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	13.57	16.59	15.38
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	15.15	12.99	13.71
Ortalama	13.09 ^{öd}	15.77	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Deneme verilerine göre CA41/1 bakteri uygulamasının ortalama kök uzunluğu 13.71 cm olarak belirlenmiş olup, CB36/1 bakteri uygulamasının ortalama kök uzunluğu 15.38 cm olarak belirlenmiştir. CB36/1 bakteri uygulaması, kontrol ve CA41/1 bakteri uygulamasına göre kök uzunluğu üzerinde kısmi bir miktar artışa neden olmuştur (Çizelge 4.7).

4.1.8. Yaprak sayısı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının bitki başına düşen toplam yaprak sayısı üzerine etkisi Çizelge 4.8’de belirtilmiştir. Deneme sonunda, bitkilerdeki bitki başına düşen yaprak sayısı sayılmış ve toplam yaprak sayıları belirlenmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında yaprak sayıları arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarında bitki başına düşen toplam yaprak sayısı kontrole kıyasla önemli ölçüde azalmıştır.

Çizelge 4.8. Kuraklık ve PGPR uygulamalarında bitki başına düşen yaprak sayısı (adet)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	20.03 ^{öd}	17.00	19.28 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	22.05	16.87	18.94
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	20.80	18.40	19.20
Ortalama	20.83 A ^{**}	17.40 B	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kontrol grubu bitkilerin bitki başına düşen toplam yaprak sayısı ortalamaları 20.83 adet olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin yaprak sayısı ortalaması 17.40 adet olmuştur. Bununla birlikte, yaprak sayısı üzerine PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR uygulamalarında kontrole göre bitki başına düşen toplam yaprak sayısında nispeten bir miktar azalışlar göstermiştir (Çizelge 4.8).

4.1.9. Gövde çapı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının gövde çap değerlerine etkisi Çizelge 4.9’da belirtilmiştir. Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulamaları, gövde çapı değerleri arasında bir miktar farklılıklara yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında gövde çapı değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

Çizelge 4.9. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında gövde çapı (mm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	4.88 ^{öd}	4.52	4.79 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	5.46	5.02	5.19
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	5.02	4.74	4.83
Ortalama	5.09 ^{öd}	4.84	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kontrol grubu bitkilerin gövde çapı ortalamaları 5.09 mm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin gövde çap ortalaması 4.84 mm olmuştur. CB36/1 ve CA41/1 PGPR uygulamaları, kontrol PGPR uygulamalarına kıyasla istatistiki olarak önemli bulunmayan bir miktar daha yüksek sonuçlar vermiştir (Çizelge 4.9).

4.2. Enzim Aktivitelerinin Belirlenmesi

4.2.1. Katalaz (CAT) enzim aktivitesi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının katalaz (CAT) enzim aktivitesi üzerine etkisi Çizelge 4.10'da belirtilmiştir. Denemede biber fidelerine uygulanan PGPR uygulamaları CAT enzim aktivitesi arasında farklılıklara yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile PGPR uygulaması arasında CAT enzim aktivitesi istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının katalaz (CAT) enzim aktivitesine etkileri (nmol/g TA)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	0.063 ^{öd}	0.157	0.110 B**
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	0.157	0.125	0.141 B
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	0.250	0.230	0.240 A
Ortalama	0.170 ^{öd}	0.179	

öd: önemli değil

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

CB36/1 uygulaması kontrole göre nispeten CAT enzim aktivitesi değerlerinde küçük bir artışa yol açarken, CA41/1 uygulaması kontrole göre CAT enzim aktivitesi değerlerinde önemli düzeyde bir artışa neden olmuştur. Kuraklık uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Kontrol grubu (K0) bitkilerin CAT enzim aktivitesi değer ortalamaları 0.170 (nmol/g TA) olurken, kuraklığa maruz kalan (K1) bitkilerin değer ortalaması 0.179 (nmol/g TA) olmuştur (Çizelge 4.10).

4.2.2. Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının SOD enzim aktivitesi değerler üzerine etkisi Çizelge 4.11'de belirtilmiştir. Denemede biber fidelerine uygulanan PGPR uygulamaları, SOD enzim aktivitesi değerleri arasında farklılıklara yol açmıştır. SOD enzim aktivitesi değerleri arasında, PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CB36/1 uygulaması kontrole göre SOD enzim aktivitesi değerlerinde nispeten bir artışa yol açarken, CA41/1 uygulaması kontrole göre SOD enzim aktivitesi değerler üzerinde önemli bir artışa neden olmuştur.

Çizelge 4.11. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Süperoksit dismutaz (SOD) enzim aktivitesine etkisi (ünite/g TA)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	89.13 ^{öd}	368.18	256.56 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	225.88	321.43	273.65
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	296.59	383.16	339.87
Ortalama	217.11 ^{öd}	357.59	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamalarında elde edilen veriler arasında ki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamasına rağmen, SOD enzim aktivitesi değerleri kontrole kıyasla önemli ölçüde artışların olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.11).

4.2.3. Askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının APX enzim aktivitesi üzerine etkisi Çizelge 4.12’de belirtilmiştir. Denemede PGPR ve kuraklık uygulamaları biber fidelerinde APX enzim aktivitesi değerleri arasında önemli farklılıklara yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile PGPR uygulaması arasında APX enzim aktivitesi istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuş olup, kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında da APX enzim aktivitesi istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. PGPR uygulaması x kuraklık uygulaması arasında istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) çok önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.12. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının askorbat peroksidaz (APX) enzim aktivitesi değerleri (nmol/g TA)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	2.51 c*	3.55 bc	3.03 B**
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	2.99 bc	3.89 b	3.44 B
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2.95 bc	5.03 a	3.99 A
Ortalama	2.82 B**	4.15 A	

*: $p \leq 0.05$ Düzeyinde çok önemli

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamasında APX enzim aktivitesi (4.15 nmol/g TA) kontrole göre (2.82 nmol/g TA) önemli ölçüde artmıştır. CB36/1 PGPR uygulaması APX enzim aktivitesinde (3.44 nmol/g TA), kontrole (3.03 nmol/g TA) göre az bir miktar artış gözlenirken, CA41/1 PGPR uygulaması APX enzim aktivitesinde (3.99 nmol/g T) önemli artışlar gözlenmiştir. Kontrol uygulaması en düşük (2.51 nmol/g TA) APX değerine sahip olurken, kuraklık uygulanmış CA41/1 uygulamasında en yüksek APX enzim aktivitesi (5.03 nmol/g TA) belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

4.3. Lipit Peroksidasyonu Ürünü Malondialdehit (MDA) Miktarı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının MDA miktarı üzerine etkisi Çizelge 4.13’de belirtilmiştir. Denemede uygulanan PGPR uygulamaları, biber fidelerinde MDA miktarları arasında farklılıklara

yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında MDA miktarı istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Kuraklık uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz değişikliklere yol açmıştır. Kuraklık uygulamalarında MDA miktarı kontrole kıyasla önemli ölçüde artmıştır. Kontrol grubu bitkilerin MDA miktarı ortalamaları (5.29 nmol/g TA) olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin değer ortalaması (13.16 nmol/g TA) olmuştur. Bununla birlikte, CB36/1 ve CA41/1 uygulaması kontrole göre nispeten MDA miktarı bir miktar artışa neden olmuştur (Çizelge 4.13).

Çizelge 4.13. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının MDA miktarı (nmol/g TA)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	4.45 ^{öd}	11.29	7.87 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	6.62	13.74	9.47
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	4.52	14.45	8.49
Ortalama	5.29 B ^{**}	13.16 A	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

4.4. Yaprak Oransal Su İçeriği

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının yaprak oransal su içeriği (YOSİ) üzerine etkisi Çizelge 4.14'de belirtilmiştir. Denemede biber fidelerine uygulanan PGPR uygulamaları yaprak oransal su içeriği üzerinde farklılıklara yol açmıştır. Kuraklık uygulamalarında kontrol uygulamasına göre PGPR uygulamalarında yaprak oransal su içeriğinde (YOSİ) değerlerinde bir miktar artış gözlenmiştir (Çizelge 4.14).

Çizelge 4.14. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının yaprak oransal su içeriği üzerine etkisi (%)

PGPR Uyg.	Kuraklık uygulaması
Kontrol	86.46 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	88.95
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	88.10
Ortalama	87.70

öd: önemli değil

4.5. Membran Zararlanma İndeksi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının sonucunda membran zararlanma indeksi üzerine etkisi Çizelge 4.15’de belirtilmiştir. Deneme sonunda membran zararlanma indeksi ölçülmüş ve hesaplanmıştır. Kuraklık uygulanmasının uygulanmadığı bitkilerde herhangi membran zararlanması görülmezken, kuraklık uygulamalarının uygulandığı bitkilerde zararlanma düzeyini önemli ölçüde artırdığı gözlenmiştir.

Çizelge 4.15. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının membran zararlanma indeksi üzerine etkisi (%)

PGPR Uyg.	Kuraklık uygulaması
Kontrol	29.39 A
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	10.07 C
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	15.55 B
Ortalama	18.34

öd: önemli değil

Kuraklık uygulamasında CB36/1 uygulaması membran zararlanma indeksi % 10.07 zararlanma meydana gelirken, CA41/1 uygulamasında % 15.55 zararlanma meydana gelmiştir. Kuraklık uygulamalarında kontrol uygulamasına göre CB36/1 uygulaması, CA41/1 uygulaması göre en az zararlanmaya sahip olmuştur (Çizelge 4.15).

4.6. Klorofil Miktarı

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının klorofil miktarına etkisi Çizelge 4.16’da belirtilmiştir. Denemede fidelere uygulanan PGPR uygulamaları, SPAD metre yardımıyla yapraklarda ölçülen toplam klorofil değerleri arasında farklılıklara yol açmıştır. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması arasında klorofil miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. Kuraklık uygulamalarında bitkilerde klorofil miktarlarında, kontrole kıyasla önemli ölçüde artmıştır. Kontrol grubu bitkilerin yapraktan alınan ölçüm ortalamaları 43.42 olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerinden

alınan ölçümlerin ortalaması 57.94 olmuştur. Bununla birlikte, klorofil miktarında PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.16. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının klorofil miktarına etkileri (SPAD)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	43.03 ^{öd}	59.35	49.56 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	41.87	56.90	49.38
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	45.37	58.03	51.70
Ortalama	43.42 B ^{**}	57.94 A	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

CB36/1 uygulaması kontrole göre klorofil miktarında nispeten küçük azalmalara yol açarken, CA41/1 uygulaması kontrole göre klorofil miktarında nispeten küçük bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4.16).

4.7. Besin Element İçeriği

4.7.1. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Potasyum (K) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının K içeriğine etkisi Çizelge 4.17’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması K içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur. PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CA41/1 uygulaması, CB36/1 ve kontrol uygulamalarına göre daha fazla K içeriğine sahip olmuştur fakat aralarındaki fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kuraklık uygulaması, K miktarında önemli azalışlara neden olmuştur. Kontrol grubu bitkilerin K miktar ortalamaları 36410 ppm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin K miktar ortalaması 29923 ppm olmuştur. CB36/1 uygulaması kontrole göre K içeriğinde nispeten azalmalara yol açarken, CA41/1 uygulaması, kontrol ve CB36/1 uygulamasına göre K içeriğinde kısmı bir artışa neden olduğu gözlenmektedir (Çizelge 4.17).

Çizelge 4.17. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında K içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	35185 ^{öd}	29961	32573 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	36663	26984	31823
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	38352	35727	37039
Ortalama	36410 A**	29923 B	

öd: önemli değil

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

4.7.2. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Kalsiyum (Ca) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Ca içeriğine etkisi Çizelge 4.18’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Ca içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Kuraklık uygulamasının kontrol uygulamasına göre Ca içeriğinde bir miktar azalmaya neden olmuştur. Kuraklık uygulamasında Ca miktarı 5709.5 ppm ve kontrol uygulamasında 6328.0 ppm olarak tespit edilmiştir. PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu arasındaki farklar istatistiksel olarak ($P \leq 0.01$) önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.18. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Ca içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	6217.4 ab**	5102.8 b	5660.1 B **
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	6512.5 ab	5369.4 b	5941.0 B
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	6180.5 ab	7603.1 a	6891.8 A
Ortalama	6328.0 ^{öd}	5709.5	

öd: önemli değil

** : $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

CA41/1 uygulaması, kontrol ve CB36/1 uygulamasına göre Ca içeriğinde önemli bir artışa neden olmuştur. Kuraklık uygulanmış kontrol fideleri en düşük (5102.8 ppm) Ca içeriğine sahip olurken, kuraklık stresi altındaki CA41/1 uygulaması en yüksek (7603.1 ppm) Ca içeriğine sahip olmuştur (Çizelge 4.18).

4.7.3. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Demir (Fe) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Fe içeriğine etkisi Çizelge 4.19’da belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Fe içeriğine etkileri arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. K1 uygulamasının K0 uygulamasına göre Fe içeriğinde çok az bir miktar azalmaya neden olmuştur. K1 uygulamasında Fe içeriği miktarı 8217.8 ppm olmuştur.

Çizelge 4.19. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Fe içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	7176.4 ^{öd}	9252.2	8214.3 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	7533.9	7078.6	7306.3
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	9943.2	8376.7	9159.9
Ortalama	8217.8 ^{öd}	8207.7	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksiyonu arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmamıştır. CB36/1 uygulaması kontrol uygulamasına göre Fe içeriğinde bir miktar azalmaya yol açarken, CA41/1 uygulaması, kontrol ve CB36/1 uygulamasına göre Fe içeriğinde kısmi bir artışa neden olmuştur (Çizelge 4.19).

4.7.4. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Magnezyum (Mg) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Mg içeriğine etkisi Çizelge 4.20’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Mg içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. PGPR x kuraklık interaksiyonu istatistiki olarak arasındaki fark ($P \leq 0.01$) düzeyde önemli bulunmuştur. CA41/1 uygulaması, CB36/1 ve kontrol uygulamalarına göre bir miktar daha fazla Mg içeriğine sahip olmasına rağmen aralarındaki fark istatistik olarak önemli bulunmamıştır. Kuraklık uygulamalarının Mg miktarı kontrol uygulamalarına göre bir miktar azaldığı belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerin Mg ortalama miktarı 2888.6 ppm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin Mg ortalama miktarı 2715.4 ppm olmuştur.

Çizelge 4.20. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Mg içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	2823.0 bc**	2603.0 b	2713.0 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	3099.3 bc	2542.7 b	2821.0
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2598.2 c	3285.4 a	2941.8
Ortalama	2888.6 ^{öd}	2715.4	

öd: önemli değil

** $p \leq 0.01$ Düzeyinde önemli

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık stresi altındaki CB36/1 uygulaması en düşük Mg değerine (2542.7 ppm) sahip olurken, kuraklık stresi altındaki CA41/1 PGPR uygulaması en yüksek Mg içeriğine (3285.4 ppm) sahip olmuştur (Çizelge 4.20).

4.7.5. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Bakır (Cu) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Cu içeriğine etkisi Çizelge 4.21’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Cu içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CA41/1 uygulaması kontrole göre Cu içeriğinde azalmalara yol açarken, CB36/1 uygulaması, kontrol ve CA41/1 uygulamasına göre Cu içeriğinde önemli bir artışa neden olmuştur. CB36/1 uygulaması en yüksek Cu içeriğine (700.8 ppm) sahip olurken, CA41/1 uygulaması en düşük Cu içeriğine (502.2 ppm) sahip olmuştur. Kuraklık uygulamalarının Cu içeriği kontrol uygulamalarına göre bir miktar arttığı belirlenmiştir. Kontrol kuraklık uygulamasında Cu miktarı ortalama 603.2 ppm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin Cu miktar ortalaması 671.5 ppm olmuştur (Çizelge 4.21).

Çizelge 4.21. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Cu içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	536.3 ^{öd}	746.7	641.5 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	713.8	687.8	700.8
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	515.7	488.7	502.2
Ortalama	603.2 ^{öd}	671.5	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

4.7.6. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Çinko (Zn) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Zn içeriğine etkisi Çizelge 4.22’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Zn içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CB36/1 uygulaması, kontrol ve CA41/1 uygulamasına göre Zn içeriğinde bir miktar artış meydana gelmiştir. CB36/1 uygulaması en düşük Zn içeriğine (1580.6 ppm) sahip olurken, CA41/1 uygulaması en yüksek Zn içeriğine (1895.7 ppm) sahip olmuştur.

Çizelge 4.22. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Zn içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	1617.7 ^{öd}	1582.4	1600.0 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	1723.0	1438.3	1580.6
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2084.9	1706.5	1895.7
Ortalama	1753.2 ^{öd}	1549.6	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamalarında Zn içeriği kontrol kuraklık uygulamalarına göre azaldığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında Zn miktar ortalamaları 1753.2 ppm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin Zn miktar ortalamaları 1549.6 ppm olmuştur (Çizelge 4.22).

4.7.7. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarının Mangan (Mn) içeriğine etkisi

Denemede biber fidelerine uygulanan kuraklık uygulaması ve PGPR uygulamalarının Mn içeriğine etkisi Çizelge 4.23’de belirtilmiştir. Kontrol uygulaması ile kuraklık uygulaması Mn içeriğine etkileri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Benzer şekilde PGPR uygulamaları ve PGPR x kuraklık interaksyonu istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. CA41/1 uygulaması kontrol ve CB36/1 uygulamasına göre Mn içeriğinde önemli bir artış meydana gelmiştir. CB36/1 uygulaması en düşük Mn içeriğine (1644.6 ppm) sahip olurken, CA41/1 uygulaması en yüksek Mn içeriğine (2152.6 ppm) sahip olmuştur.

Çizelge 4.23. Kuraklık stresi ve PGPR uygulamalarında Mn içeriği (ppm)

PGPR Uyg.	K0 [#]	K1	Ortalama
Kontrol	1801.1 ^{öd}	2196.3	1998.7 ^{öd}
<i>Ochrobactrum</i> sp. CB36/1	1723.3	1565.9	1644.6
<i>Bacillus</i> sp. CA41/1	2221.6	2083.7	2152.6
Ortalama	1854.1 ^{öd}	1921.6	

öd: önemli değil

#: K0: Kontrol, K1: Kuraklık uygulaması

Kuraklık uygulamalarının Mn içeriğinin kontrol kuraklık uygulamalarına göre bir miktar arttığı belirlenmiştir. Kontrol uygulamasında Mn ortalama miktarı 1854.1 ppm olurken, kuraklığa maruz kalan bitkilerin Mn miktar ortalamaları 1921.6 ppm olmuştur (Çizelge 4.23)

5. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, PGPR'ların kuraklık stresi altında yetişen biber fidelerin gelişimi üzerine etkisi çalışılmıştır. Çalışmada, bitkisel materyal olarak bir adet F₁ hibrit sivri biber (Mostar F₁) çeşidi ve biyolojik ajan olarak iki adet PGPR (*Ochrobactrum* sp. CB36/1) ve (*Bacillus* sp. CA41/1) kullanılmıştır. Kuraklık, ülkemizde gün geçtikçe büyük sorunlar teşkil etmektedir. Geçmişten günümüze bu sorun üzerine araştırmalar yapılmış olup ve halen yapılmaya da devam etmektedir. PGPR'ların bitkilerde abiyotik streslere karşı dayanımını artırması söz konusudur. Yapılan bu çalışmada, kuraklık stresi altında PGPR uygulamasının biber bitkisinin gelişimine olan etkisi ve elde edilen sonuçlar aşağıda tartışılmıştır.

Kuraklık stresi altında yetişen bitkilere PGPR uygulamalarının etkisi

Çalışmada, kuraklık stresi altında yetişen PGPR uygulamaları sonucunda bitkilerde birçok parametrelere bakılmıştır. Yapmış olduğumuz çalışmada genel olarak kuraklık stresi biber fidelerini olumsuz etkilemiş ve PGPR uygulaması ise bu olumsuz stres karşısında bazı olumlu etkilere sebep olmuştur. Gözlem ve analizler sonucu elde ettiğimiz verileri değerlendirecek olursak, kuraklık stresi uygulanan grup içerisinde ilk olarak 0-5 skalası değerlerine bakıldığında, kontrol grubuna göre PGPR uygulamalarında istatistiki olarak önemli bir fark gözlenmemiştir. PGPR uygulamaları değerlerine bakacak olursak, *Bacillus* sp. CA41/1 uygulama ortalaması 4.00 olurken, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulaması 3.33 ortalama değere sahip olmuştur. Buna göre *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulaması *Bacillus* sp. CA41/1 uygulamasına göre daha iyi sonuçlar vermiştir. Biber bitkisinde yapılan bir çalışmada kuraklık stresinin bitkilerde stresin gözle görüldüğü durumlar oluşmuş, yapraklarda solgunluk, büyüme ve gelişmede azalma ve ilerleyen dönemlerde stresi atlatamadığı büyüme ve gelişmesine devam edemediği, yapraklarda küçülme, solma, kurumanın ortaya çıktığı ve ileri dönemlerde bitkilerin kuruyarak öldüğü gözlenmiştir (Pıtır, 2015). Deneme sonunda 0-5 skala değerleri bitkilerin dış görünüş olarak kuraklık stresinden ne düzeyde etkilendiği önemli bir kriter olarak belirlenmiştir (Kuşvuran, 2010).

PGPR uygulamalarının sürgün yaş ve kuru ağırlıklarına olumlu etkileri olmuştur. PGPR uygulamalarında sürgün yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri stres uygulamasında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulamasına göre nispeten bir miktar daha iyi dayanım göstermiştir. Kuraklık stresi bitkiler üzerinde olumsuz etkilere sahip olmuştur. Yapılan bu çalışmada da bu duruma karşı karşıya kalınmıştır. Sürgün yaş ağırlıkları ortalama 25.00 g olurken, kuraklık uygulandığında bu ağırlık ortalaması 11.87 g olmuştur. Kuraklık uygulaması sürgün yaş ağırlıkları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. Sürgün kuru ağırlığında kontrol grubu ortalama 1.81 g olurken, kuraklık grubu ortalaması 1.76 g olmuştur. Sürgün kuru ağırlıkları arasında fark olmasına rağmen istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur. Bunun sonucu olarak kuraklığın sürgün yaş ve kuru ağırlık üzerine olumsuz etkileri belirlenmiştir. Fide gelişim parametrelerinden bir diğeri sürgün boyudur. Kontrol bitkileri üzerine PGPR uygulamalarının etkileri kuraklık uygulanmış bitki grubuna göre olumlu etkileri bulunmuştur. Kontrol grubu bitkilerin sürgün boyu ortalama 21.05 cm olurken, kuraklık grubu bitkilerin sürgün boy ortalaması 20.27 cm olmuştur. Buna göre PGPR'ların kuraklık uygulanmış bitki grubu üzerinde nispeten olumlu etkisi görülmüştür. Biberde su kısıtlamasının bitki gelişimini olumsuz etkilediğine yönelik literatür çalışmaları mevcuttur. Bir araştırmada materyal olarak Jalapeno çeşidi biberi (*Capsicum annuum* var. *annuum*) kullanılmıştır. Deneme 4 sulama uygulaması (% 100: kontrol, % 50: kontrol uygulamasına uygulanan suyun % 50' si, % 25: kontrol uygulamasına uygulanan suyun % 25'i ve % 0: hiç sulama uygulanmayan) uygulanmıştır. Suyun kısıtlanmasıyla oluşturulan yapay kuraklık stresi Jalapeno çeşidi biberde bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir (Pıtır, 2015). Literatürdeki başka bir çalışmada, *Bacillus amyloliquefaciens* Y1 irkinin toprak özelliklerine, fide gelişimine ve toprak enzim aktivitesine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak bu PGPR'ların biberde kök ve sürgünde biomassı arttırdığını, toplam çiçek sayısını yükselttiğini ve klorofil içeriğini iyileştirdiğini belirtmişlerdir (Jamal ve ark., 2018).

Kuraklık ve PGPR uygulamalar denemeleri sonunda biber bitkilerinin kök yaş ve kuru ağırlıkları değer ortalamalarına bakıldığında, kuraklık stresine maruz bırakılan bitki grubu olumsuz etkilenmiş ve PGPR uygulamalarının ise bu olumsuzluğu bir miktar giderdiği belirlenmiştir. Kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine kuraklık stresinin olumsuz etkileri olmuştur. Kök yaş ağırlığı kontrol grubu ortalama 2.16 g olurken, kuraklık grubu

ortalaması 2.45 g olmuştur. İstatistiki olarak kök yaş ağırlıkları arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Kök kuru ağırlığı kontrol grubu ortalama 0.199 g olurken, kuraklık grubu ortalaması 0.211 g olmuştur. Kök kuru ağırlıkları arasındaki farklar istatistiki olarak önemli bulunmuştur. PGPR uygulaması kuraklık stresine maruz bırakılan bitkilerde kontrol bitkilerine göre nispeten olumlu sonuçlar vermiştir. Kök kuru ağırlık değerlerine bakıldığında, stres koşullarında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulamasına göre bir miktar daha iyi dayanım göstermiştir. Deneme sonunda ölçümleri yapılan, kök uzunluğu genel olarak kuraklık stresinden çok etkilenmemiştir. Kuraklık grubu bitkilerin kök uzunluğunda değer ortalaması bir miktar arttığı belirlenmiştir. Literatürde kuraklık stresinin olumsuz etkisi uygun bakteri uygulamaları ile bitki kök büyümesini ve saçak kök oluşumunu teşvik etmesiyle, kompleks ekstraselüler polimerik maddeleri üretmesiyle, prolin ve glisinbetain gibi ozmolitlerin birikimini arttırmasıyla bitkide kuraklık stresine karşı toleransın teşvik edildiği rapor edilmiştir (Samancıoğlu ve Yıldırım, 2015). PGPR uygulamalarıyla ilgili yapılan başka bir çalışmada ise çimlenme oranı, kök gelişmesi, kök ve gövde ağırlığının arttığı, yaprak alanı, verim, susuzluğa tolerans, yaprakların yaşlanması geciktiği ve bazı hastalıklara dayanıklılık sağladığı belirtilmektedir (Dobbelaere ve ark., 2001).

Çalışmada kuraklık ve PGPR uygulamalarının sonunda yaprak sayısı ve gövde çapını irdeleyecek olursak, her iki parametreyi de kuraklık stresi olumsuz etkilenmiştir. Kuraklık stresine karşı PGPR uygulamaları yaprak sayı ve gövde çapı üzerinde bir miktar olumlu sonuçlar vermiştir. Yaprak sayısı kontrol grubu bitkilerinin bitki başına düşen toplam yaprak sayısı ortalama 20.83 adet olurken, kuraklık grubu bitkiler ortalama 17.40 adet olmuştur. Bu durumda kuraklığın yaprak sayısını olumsuz etkilediğini belirlenmiştir. Yapmış olduğumuz çalışmaya paralel çalışmalarında olduğu bilinmektedir. Kuraklık stresi altında yetiştirilen Jalapeno çeşidi biber bitkisinde etkilerine bakıldığında yaprak sayısında bir miktar azalma olmuştur (Pıtır, 2015). Gövde çapı değerlerine bakacak olursak, PGPR uygulamaları kontrol uygulamalarına göre bir miktar daha yüksek sonuçların verdiği tespit edilmiştir. Uygulamalara arasında kontrol uygulamasına göre, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması toplam yaprak sayısı ve gövde çapı üzerinde stres durumuna karşı olumlu yönde nispeten bir miktar artışların olduğu belirlenmiştir.

Dünyada ve ülkemizde son yıllarda küresel ısınma sonucu oluşan kuraklık tehdidi sonucunda tarımsal üretimde verim ve kalite düşüşleri gözlenmektedir. Bu çalışma, dünyada ve ülkemizde sevilerek tüketilen ve önemli bir sebze türü olan biber üzerine yapılmıştır. Kuraklık stresi uygulanan uygulamalar sonunda bitkilerde yapılan analizler sonucu elde edilen enzim aktivitesi değerleri belirtilmiştir. CAT enzim aktivitesi, SOD enzim aktivitesi ve APX enzim aktivitesi değerleri aşağıda irdelenmiştir. Kontrol grubu bitkilerine göre kuraklık stresine maruz kalan bitki grubunda enzim aktivitesi değerlerinde bir miktar artış gözlenmiştir. CAT enzim aktivitesinde kontrol grubu bitkiler ortalama 0.170 nmol/g TA değerine sahip olurken, kuraklık grubu bitkilerin ortama değeri 0.179 nmol/g TA olmuştur. Buna göre kuraklık stresinin CAT enzim aktivitesini arttırdığı belirlenmiştir. PGPR uygulamalarına bakıldığında, *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve kontrol uygulamasına göre CAT enzim aktivitesi değerlerinde artış meydana getirmiştir. SOD enzim aktivitesi değerlerinde ise kuraklık ve PGPR uygulamaları kontrol uygulamalarına göre artışların olduğu gözlemlenmiştir. PGPR uygulaması yapılan kontrol grubu bitkilerin SOD değerlerine göre, PGPR uygulaması yapılan kuraklık stresi uygulanan bitki grubunda SOD değerleri daha yüksek çıkmıştır. APX enzim değerlerini irdelenecek olursak, kuraklık ve PGPR uygulamalarının olduğu değerler diğer uygulamalara göre daha yüksek değerler vermiştir. Kontrol grubu bitkilerin APX enzim aktivitesi değeri ortalama 2.82 nmol/g TA olurken, kuraklık uygulaması değerler ortalaması 4.15 nmol/g TA olmuştur. Bu değerlere göre kuraklık uygulanan bitki grubunun bir miktar daha yüksek değerler verdiği gözlenmiştir. PGPR uygulamalarında kuraklık uygulanmamış gruba göre değerlerin arttığı görülmüştür. Bu çalışmada CAT, SOD ve APX enzim aktivitesi için genel olarak uygulamalar arasında en yüksek değerleri veren uygulama *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması olarak tespit edilmiştir. Fasulyede kuraklık stresinin incelendiği bir çalışmada CAT, SOD, APX içeriklerinin yüksek sıcaklık stresinin 0., 2., 4., 6. ve 8. günlerindeki değişimler incelenmiş ve enzim seviyelerinde artışlar meydana geldiği bildirilmiştir (Kabay ve Şensoy, 2017). Bitkilerde kuraklık stresine karşı toleransın artırılmasında, antioksidan enzim aktivitesinin önemli rol oynadığı bilinmektedir. Bu durum özellikle stres şartlarında artan serbest radikallerin olumsuz etkisinin azaltılması ile sağlanabilmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalarda kurak şartların sık görüldüğü bölgelerde giderek yaygınlaşan PGPR uygulamaları ile stresin olumsuz etkisine karşı

antioksidan enzim aktivitesindeki artış ile toleransın sağlanabileceği belirtilmektedir (Sarma ve Saikia, 2014). Benzer bir çalışmada ise kuraklık stresine maruz bırakılan marulda, *Pseudomonas mendocina* uygulaması ile bitkide antioksidan enzim seviyesinin artarak strese karşı toleransın artırıldığı belirtilmiştir (Kohler ve ark., 2008). Maş fasulyesinde bitki gelişimini arttıran *Pseudomonas aeruginosa* uygulanmasının süperoksit dismutaz, katalaz ve peroksidaz aktivitelerinin artırdığı ve bu durumun strese karşı toleransın artmasında katkısı olabileceği belirtilmiştir (Sarma ve Saikia, 2014).

Çalışmada uygulamalar sonucu kuraklık stresi uygulanan bitkilere yapılan analizler sonucu MDA miktarları belirlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerin MDA değeri ortalama 5.29 nmol/g TA olurken, kuraklık grubu bitkilerin MDA ortalaması 13.16 nmol/g TA olmuştur. Bu değerlere bakıldığında kontrol grubu bitkilere göre, kuraklık grubu bitkilerinde değerler artış göstermiştir. PGPR uygulamalarında ise kontrol uygulamalarına göre elde edilen değerlerde genel olarak artışlar gözlenmiştir. Bu artışların en yüksek olduğu uygulama stres üzerine PGPR uygulamasının yapıldığı grup içerisinde yer almıştır. Fasulye bitkisi üzerine yapılan bir çalışmada MDA miktarlarının yüksek sıcaklık stresinin değişimleri incelenmiştir. İncelenen parametrelerin yüksek sıcaklık stresi sonucunda fasulye genotiplerinde enzim seviyelerinde ise artışlar meydana gelmiştir (Kabay ve Şensoy, 2017). Fasulyede yapılan başka çalışmada ise kuraklık stresindeki bitkilerde MDA içeriğinin arttığı bildirilmektedir (Kuşvuran ve Daşgan, 2017).

Kuraklık stresi sonucunda bitki yapraklarından, yaprak oransal su içeriği değeri ve membran zararlanma indeksi hesaplanmıştır. PGPR uygulamalarında biber fidelerin zararlanmaya karşı daha iyi dayanım gösterdiği saptanmıştır. Membran zararlanma indeksi kuraklık stresinde bitkiler üzerinde olumsuz etkilerinin olduğu bilinmektedir. Bu durum yaptığımız çalışmada da gözlemlenmiştir. Kuraklık stresinde kontrol grubu bitkilerde ortalama % 29.39 membran zararlanma meydana gelirken, PGPR uygulamalarında bu zararlanma *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması ile % 15.55'e ve *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulaması ile % 10.07'e kadar zararlanmanın düştüğü tespit edilmiştir. Bu değerler sonucunda, kuraklık stresi üzerine PGPR uygulamasında membran zararlanma indeksi için bitki bünyesinde en düşük zararlanma sağlayan ve yaprak oran su içeriğini arttıran uygulama *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulamasının olduğu tespit edilmiştir. Literatürdeki bir çalışmada, stresin bitkilerde oluşturduğu serbest

radikal yapılar, hücre membran yapısına zarar vermekte ve membran geçirgenliğini zedelendiği bilinmektedir (Shewfelt ve Purvis, 1995). Yaprak oransal su içeriğinde de buna benzer durumlar gözlenmiştir. Kuraklık stresi şartlarında PGPR uygulamaları prolin sentezini arttırmakta; ayrıca bitkilerin su durumunu koruyarak membranlardaki parçalanma ve zararlanmanın azalmasına katkıda bulunduğu belirtilmektedir (Ansary ve ark., 2012; Chakraborty ve ark., 2013; Sarma ve Saikia, 2014).

Deneme de kuraklık ve PGPR uygulamalarının sonucunda SPAD metre yardımıyla yapraklardan alınan klorofil ölçümlerinden elde edilen değerlere bakıldığı zaman kontrol grubu bitkilerden elde edilen klorofil miktar ortalaması 43.42 olurken, kuraklık grubu bitkilerden elde edilen klorofil miktarı ortalama 57.94 olmuştur. Uygulamalar sonucunda kuraklık stresinin klorofil miktarını arttırdığı belirlenmiştir. Kuraklık stresinde PGPR uygulaması, kuraklık uygulanmayan gruba göre miktarların arttırdığı tespit edilmiştir. *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulamasına göre klorofil miktarında bir miktar artış meydana getirdiği belirlenmiştir. Araştırmacıların muz bitkisinde yaptıkları çalışmada PGPR uygulaması gören bitkilere klorofilmetre (SPAD 502, MINOLTATM Camera Ltd Japan) kullanarak yapılan ölçümler sonucunda PGPR uygulaması gören bitkilerin yapraklarında klorofil içeriğinde artış meydana geldiğini saptamışlardır (Baset Mia ve ark., 2010). Literatürdeki bir çalışmada brokolinin klorofil içeriği üzerine uygulamış oldukları *Bacillus cereus* (BC), *Rhizobium rubi* (RR) ve *Brevibacillus reuszeri* (BR) bakteriler kontrol ile karşılaştırıldığında klorofil miktarında önemli düzeyde katkı sağladığını bildirmiştir (Yıldırım ve ark., 2011). Literatürdeki başka bir çalışmada, *Bacillus amyloliquefaciens* Y1 irkının toprak özelliklerine, fide gelişimine ve toprak enzim aktivitesine etkileri araştırılmıştır. Sonuç olarak bu PGPR'ın biberde kök ve sürgünde biyomassı arttırdığını, toplam çiçek sayısını yükselttiğini ve klorofil içeriğini iyileştirdiğini belirtmişlerdir (Jamal ve ark., 2018).

Biber fidelerine uygulanan kuraklık ve PGPR uygulamaları üzerine yapılan çalışmada besin elementi (K, Fe, Ca, Zn, Mg, Cu ve Mn) içeriklerine bakılmıştır. Yapılan analizler sonucu elde edilen veriler aşağıda değerlendirilecektir. Kuraklık stresi ve PGPR uygulanan grup içerisinde yer alan elementler arasında ilk olarak K elementine bakıldığında, kontrol grubu bitkilerin ortalama K element alımı 36410 ppm olurken, kuraklık grubu bitkilerin ortalama K element alımını 29923 ppm olmuştur. Bu değerlere

bakıldığında kuraklık stresinin potasyum K elementini düşürdüğü gözlemlenmiştir. PGPR uygulamalarında K elementi alınımında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve kontrol uygulamasına göre bir miktar daha yüksek K elementi değerlerin verdiği grup olmuştur. Bu durum şu şekilde açıklanabilir. Su stresi koşullarında, bitkilerde stomaların kapanmasını sağlayan mekanizmalar K^+ iyonunun miktarı ABA hormonunun birikimi ve kapatma hücrelerinin turgor basınçları ile ilişkilidir. Su stresinde bitkilerin stoma hücrelerinde ABA miktarı artmakta ve böylece suda çözünmeyen nişasta oluşmakta ve K^+ iyonu azalmaktadır (Öktüren ve Sönmez, 2005). Ca içeriği, kuraklık stresinde PGPR uygulaması kontrole göre Ca elementi alınımında bir miktar artış olduğu belirtilmiştir. Kuraklık stresinde *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması, *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve kontrol uygulamasına göre Ca elementi alınımında en iyi uygulama olduğu saptanmıştır. Buna göre Ca elementi alınımında en iyi uygulama grubunun *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması olduğu tespit edilmiştir. Fe ve Zn elementi alınımında kuraklığın Fe ve Zn elementi alınımını düşürdüğü tespit edilmiştir. Yapılan benzer bir çalışmada kurak ve yarı kurak bölge topraklarında yetiştirilen bitkilerde, Fe noksanlığı en çok görülen besin elementi olduğu bildirilmiştir (Bolat ve Kara, 2017). PGPR uygulamalarında ise kontrol grubu bitkilerde kuraklık grubuna göre, Fe ve Zn elementi alınımını bir miktar arttığı belirlenmiştir. Fe ve Zn elementi alınımında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması en iyi sonuçların verdiği uygulama grubu oldu belirlenmiştir. Mg element alınımında kontrol uygulaması ortalama 2888.6 ppm olurken, kuraklık uygulamasında Mg elementi ortalama 2715.4 ppm olmuştur. Bunun sonucunda kuraklık stresinin Mg elementi alınımını azalttığı tespit edilmiştir. PGPR uygulamalarında kontrol grubunda en iyi Mg elementi alınım sağladığı uygulama *Ochrobactrum* sp. CB36/1 uygulaması verirken, kuraklık grubunda en iyi alınımı *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması vermiştir. Cu elementi alınımına bakıldığında, kuraklık grubu, kontrol grubuna göre Cu elementi alınımında bir miktar artışın sağlandığı tespit edilmiştir. PGPR uygulamalarına bakıldığında, uygulaması yapılan *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve *Bacillus* sp. CA41/1 PGPR uygulamaları kuraklık uygulamasında kontrol uygulamasına göre Cu elementi alınımını bir miktar azalttığı belirlenmiştir. Bakılan bir başka besin elementi olan Mn element alınımında diğer elementlere paralel sonuçların olduğu belirlenmektedir. Mn element alınımında kontrol grubuna göre, kuraklık stresinin uygulandığı bitki grubunda Mn elementi alınımında bir miktar azalışların olduğu tespit

edilmiştir. Çalışmaya benzer çalışmaların olduğu bilinmektedir. Literatürdeki bir çalışmada, makro ve mikro besin elementi miktarları bakımından su kısıtlaması meydana geldiğinde ortalamaların genel olarak azaldığı belirlenmiştir (Pıtır, 2015). Bu durum karşısında PGPR'ların olumlu etkilerinin olduğu yapılan çalışmalar ile bilinmektedir. Yapılan bir çalışmada, *Pseudomonas aeruginosa* ve *Mesorhizobium* sp. bakteri uygulamalarının nohut bitkisinin besin elementi alımında önemli katkılar sağladığını belirtilmektedir (Vermaa ve ark., 2013). Ayrıca yapılan başka bir çalışmada PGPR izolatlarının biberde *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın oluşturduğu hastalığa karşı kullanıldığında hastalık şiddetini % 65 oranında azalttığı belirtilmektedir (Mirik, 2005). Son yılda yapılan çalışmalarda *Microbakterium* sp. 3J1 PGPR ile domates ve biberde kuraklığa toleransını iyileştirebileceği belirlenmektedir. Bu etkileşimde mikroorganizma tarafından üretilen trehalozun bitki hormonlarını etkilediği düşünülmektedir. Kuraklık stresinde *Microbakterium* sp. 3J1 glutamin ve a-ketoglutarat içeriğine bağlı olarak bitkide C ve N metabolizmaların değiştiği ve bu değişikliklerinde osmotik basınç dengesinde yer alan moleküllerin konsantrasyonunda büyük değişikliklere katkıda bulunduğu rapor edilmiştir. Bu moleküler içerisinde şekerler, amino asitler, antioksidanlar, moleküler etilen gibi bitkisel hormonlar ve lignin üretiminde kullanılan ferulik ve sinapik asitlerin yer aldığı belirtilmektedir (Vilchez ve ark., 2018).

Sonuç:

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölüm iklim odasında yürütülen bu çalışmada Mostar F₁ sivri biber çeşidi ve biyolojik ajan olarak iki adet PGPR (*Ochrobactrum* sp. CB36/1) ve (*Bacillus* sp. CA41/1) kullanılmıştır. PGPR uygulanan biber fidelerinin kuraklık stresi altında fide gelişim parametrelerine (0-5 skalası, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı), CAT enzim aktivitesi, APX enzim aktivitesi, SOD enzim aktivitesi, MDA miktarı, yaprak oransal su içeriği, membran zararlanma indeksi, klorofil miktarı ve besin elementleri tayini (K, Ca, Fe, Cu, Mg, Zn ve Mn) bakıldığı bu çalışmada, sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

- Yapılan çalışmada sonuç olarak, kuraklık uygulamaları genel olarak bitki gelişimi olumsuz yönde etkilemiştir. Fide gelişim parametrelerine (0-5 skalası, sürgün yaş ve kuru ağırlıkları, sürgün boyu, kök yaş ve kuru ağırlıkları, kök uzunluğu, yaprak sayısı, gövde çapı) PGPR uygulamaları gelişim parametreleri açısından olumlu etki yapmıştır. Stres koşullarına dayanım ve bitki toleransını artırma konusunda PGPR uygulamalarının etkisi genel olarak olumlu yönde tespit edilmiştir. PGPR uygulamalarında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulamasının fide gelişim parametrelerinde kuraklık stresine karşı daha yüksek dayanım gösterdiği belirlenmiştir.

- Kuraklık uygulamalarında CAT enzim aktivitesi, APX enzim aktivitesi ve SOD enzim aktivitesi genel olarak değerlerin arttırdığı saptanmıştır. PGPR uygulamalarında *Bacillus* sp. CA41/1 uygulaması genel olarak en yüksek değerlerin olduğu grup olarak tespit edilmiştir.

-Çalışmada MDA ve klorofil miktarı yüksek sıcaklık durumunda değerlerinde artışların olduğu belirlenmiştir PGPR uygulamaları arasında genel olarak en yüksek değerlerin olduğu uygulama grubunun *Bacillus* sp. CA41/1 olduğu saptanmıştır.

- Kuraklık stresi, yaprak oransal su içeriği ve membran zararlanma indeksini olumsuz etkilemiştir. Bu olumsuzluk karşısında bitkiye verilen PGPR uygulamalarından *Ochrobactrum* sp. CB36/1 ve *Bacillus* sp. CA41/1 uygulamalarının stres sonucu oluşan zararlanma ve yaprak oransal su içeriğinde meydana gelen azalmaları düşürdüğü tespit edilmiştir.

- Kuraklık stresinde K, Ca, Fe, Mg ve Zn ppm içeriklerinde bir miktar azalmalar meydana gelirken, Mn ve Cu ppm içeriğinde kontrole göre bir miktar artışların meydana geldiği belirlenmiştir. PGPR uygulamaları genel olarak besin elementi miktarında olumlu etkilerinin olduğu saptanmıştır.

- Dünyada ve ülkemizde kuraklık stresi önemli bir sorundur. Küresel ısınmanın etkisiyle sıcaklıkların artması ve su kaynaklarının azalmasıyla ortaya çıkan kuraklığın olumsuz etkileri, tarımsal üretimde verim ve kaliteyi olumsuz etkilemektedir. Bitkilerin stres koşullarına dayanım için, abiyotik streslere dayanıklı çeşitler ıslahı, hatta gen aktarımı yapılarak dayanıklı çeşitler elde edilmeye çalışılmaktadır. Melezleme yöntemlerinin yanı sıra doğal ortamlarda var olan mikrobiyal canlılar da bitkilerin strese karşı dayanımını artırmaktadır. PGPR'ler bitkilerin köklerinde oluşturduğu kolonizasyon sayesinde abiyotik stres faktörlerine daha fazla dayanım gösterdiği ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada da PGPR'ların kuraklık stresi altında biber bitkisine olan etkisine bakılmış ve kök sisteminin gelişimi teşvik edilerek stres koşullarına dayanımı bir miktar arttırdığı tespit edilmiştir.

- PGPR uygulamaları görsel 0-5 skalasında istatistiki olarak önemsiz olsa da daha yüksek değerler aldığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte aslında membran zararlanma indeksinin PGPR'larda daha düşük olduğu belirlenmiştir. Stres sonrası normal şartlarda PGPR uygulanmış bitkilerin daha hızlı toparlanma şansı olabileceği düşünülmektedir. Gelecekteki çalışmalarda bu hususunda irdelenmesi yerinde olacaktır.

KAYNAKLAR

- Akköprü, 2012. *Hıyar Bakteriyel Köşeli Yaprak Leke Hastalığının (Pseudomonas syringae pv. Lachrymans) Bazı Kök Bakterileriyle Biyolojik Savaşımı Üzerinde Araştırmalar* (doktora tezi, basılmamış). A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Akkurt, M., 2010. *Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Bitkisinde Bakteri Aşılamanın Azot Fiksasyonuna ve Bitkinin Kök ve Toprak Üstü Organlarına Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi). Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ordu.
- Ansary MH, Rahmani HA, Ardakani MR, Paknejad F, Habibi D, Mafakheri S, 2012. Effect of Pseudomonas fluorescent on proline and phytohormonal status of maize (Zea mays L.) under water deficit stress. *Annals of Biological Research*, **3** (2):1054-1062.
- Arabacı, Ç. 2015. *Kapsaisin Biberde (Capsicum Annuum L.) Çimlenme, Çıkış ve Bitki Gelişimine Etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi.
- Armstrong, C. M., Loboda, A. 2001. A model for 4-aminopyridine action on K channels: similarities to tetraethylammonium ion action. *Biophysical Journal*, **81**(2): 895-904.
- Aybak, H. C. 2007. *Biber. Hasad Yayıncılık*, 2.
- Bäckman, A. C., Bengtsson, M., Witzgall, P. 1997. Pheromone release by individual females of codling moth, Cydia pomonella. *Journal of Chemical Ecology*, **23**(3): 807-815.
- Baset Mia, M.A., Shamsuddin, Z.H., Wahab, Z., Marziah M., 2010. Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation of tissue-cultures Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition. *Australian Journal of Crop Science*, **4**(2): 85-90.
- Bolat, İ., Kara, Ö. 2017. Bitki besin elementleri: Kaynakları, işlevleri, eksik ve fazlalıkları. *Journal of Bartın Faculty of Forestry*, **19**(1): 218-228.
- Capell, T., Bassie, L., Christou, P. 2004. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, **101**(26): 9909-9914.
- Chakraborty U, Chakraborty BN, Chakraborty AP, Dey PL, 2013. Water stress amelioration and plant growth promotion in wheat plants by osmotic stress tolerant bacteria. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, **29**:789–803.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Canpolat, M., Sahin, F. 2005. Sera ve farklı tarla koşullarında bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkisi. *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, **1**: 45-50.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez, M. F. 2007. The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, **170**(2): 288-295.
- Çakmakçı, R. 2010a. Stres koşullarında ACC deaminaze üretici bakteriler tarafından bitki gelişiminin teşvik edilmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **40**(1): 109-125.
- Çakmakçı, R. 2010b. Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **36**(1): 97-107.

- Çakmakçı, R., 2014 Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilir mikroorganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri : *Mikrobiyal Gübre Çalıştırma*, 5-17.
- Dobbelaere, S., Croonenborghs, A., Thys, A., Ptacek, D., Vanderleyden, J., Dutto, P., Labandera-Gonzalez, C., CaballeroMellado, J., Aguirre, J.F., Kapulnik, Y., Brener, S., Burdman, S., Kadouri, D., Sarig, S., Okon, Y., 2001. Responses of agronomically important crops to inoculation with *Azospirillum*. *Aust J Plant Physiol* .**28**: 871-879.
- Doorenbos, C. J., Brummelen, P. 1989. The effect of acute ACE inhibition on atrial natriuretic peptide. *British Journal of Clinical Pharmacology*, **27**:(S2).
- Ertok, A., Sensoy, S., Gedik, I., Kucukyumuk, C. 2007. Irrigation scheduling for green pepper (*Capsicum annuum* L.) grown in field conditions by using class-A pan evaporation values. *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*, **2**(4): 340-358.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *In Sustainable Agriculture* 153-188:. Springer Netherlands.
- Gungor, M. N. 1989. A statistically significant experimental technique for investigating microsegregation in cast alloys. *Metallurgical Transactions A*, **20**(11): 2529-2533.
- Gül, A., Kidoglu, F., Tüzel, Y. 2008. Effects of nutrition and *Bacillus amyloliquefaciens* on tomato (*Solanum lycopersicum*, L.) growing in perlite. *Spanish Journal of Agricultural Research*, **6**(3): 422-429.
- Güneri Bağcı E, 2010. *Nohut Çeşitlerinde Kuraklığa Bağlı Oksidatif Stresin Fizyolojik ve Biyokimyasal Parametrelerle Belirlenmesi* (Doktora tezi). Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri. Ankara.403s.
- Jebara S, Jebara M, Limam F, Aouani ME (2010). Changes in ascorbate peroxidase, catalase, guaiacol peroxidase and superoxide dismutase activities in common bean (*Phaseolus vulgaris*) nodules under salt stress. *Journal of Plant Physiology*, **162**(8): 929-936.
- Jaleel, C. A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2007. Water deficit stress mitigation by calcium chloride in *Catharanthus roseus*: Effects on oxidative stress, proline metabolism and indole alkaloid accumulation. *Colloids and surfaces B: Biointerfaces*, **60**(1): 110-116.
- Jamal Q., Yong Seong Lee, Hyeon Deok Jeon and Kil Young Kim 2018. effect of plant growth-promoting bacteria *bacillus amyloliquefaciens* Y1 on soil properties, pepper seedling growth, rhizosphere bacterial flora and soil enzymes. *Plant Protect*. **54**(3): 129-137.
- Kabay, N. 2014. Abrasion resistance and fracture energy of concretes with basalt fiber. *Construction and Building Materials*, **50**: 95-101.
- Kabay, T., Erdinc, C., Sensoy, S. 2017. Effects Of Drought Stress On Plant Growth Parameters, Membrane Damage Index and Nutrient Content In Common Bean Genotypes. *Japs, Journal Of Animal and Plant Sciences*, **27**(3): 940-952.
- Kabay, T., Şensoy, S. 2017. Enzyme, chlorophyll and ion changes in some common bean genotypes by high temperature stress. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **54**(4): 429-437.
- Kacar, B. 1984. *Bitki Besleme Uygulama Kılavuzu*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 900. Uygulama Kılavuzu: 214. Ankara. 140s.
- Khan, M. A., Shatalov, M., Maruska, H. P., Wang, H. M., Kuokstis, E. 2005. III–nitride UV devices. *Japanese Journal of Applied Physics*, **44**(10R): 7191.

- Kıdoğlu, F., Gül, A., Tüzel, Y., Özakıan, H. 2008. Yield enhancement of hydroponically grown tomatoes by rhizobacteria. *International Symposium on Strategies Towards Sustainability of Protected Cultivation in Mild Winter Climate* 807:475-480.
- Kıdoğlu, F. 2009. Effects of rhizobacteria on plant growth, yield and nutrient uptake of vegetables grown in perlite. <http://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=TR2011000319>
- Kırnak, H., C. Kaya., D. Higgs., İ. Tas., 2002. Responses of drip irrigated bell pepper to water stress and different nitrogen levels with or without mulch cover. *J. Of. Plant Nutrition*. 26 (2): 263-277.
- Kohler J, Hernández JA, Fuensanta Caravaca F, Roldán A, 2008. Plant-growth-promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi modify alleviation biochemical mechanisms in water-stressed plants. *Functional Plant Biology: FPB*, (35): 141–151.
- Korkmaz, A., Demir, Ö., Kocaçınar, F., Yakup, 2016. Biber Fidelerinde Yaprakıan Yapılan Melatonin Uygulamalarıyla Üşüme Stresine Karşı Toleransın Artırılması. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(3): 348-354.
- Kumar, A., Maurya, B. R., Raghuwanshi, R. 2014. Isolation and characterization of PGPR and their effect on growth, yield and nutrient content in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 3(4): 121-128.
- Kuşvuran, Ş. 2010. *Kavunlarda Kuraklık ve Tuzluluğa Toleransın Fizyolojik Mekanizmaları Arasındaki Bağlantılar*. (Doktora Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enst. 355s., Adana.
- Kusvuran, S., Dasgan, H. Y., 2017. Effects Of Drought Stress On Physiological And Biochemical Changes İn Phaseolus Vulgaris L. *Legume Research: An International Journal*, 40(1).
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86(1): 1-25.
- Mirik, M. 2005. *Biberde Bakteriyel Leke Etmeni Xanthomonas Axonopodis Pv. Vesicatoria'nın Tanlanması ve Bitki Büyüme Düzenleyici Rhizobakteriler ile Biyolojik Mücadele Olanakları*. (Doktora tezi), Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 162 s , Adana.
- Nadeem, S. M., Ahmad, M., Zahir, Z. A., Javaid, A., Ashraf, M. 2014. The role of mycorrhizae and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in improving crop productivity under stressful environments. *Biotechnology Advances*, 32(2): 429-448.
- Nikolaeva, M. K., Maevskaya, S. N., Shugaev, A. G., Bukhov, N. G. 2010. Effect of drought on chlorophyll content and antioxidant enzyme activities in leaves of three wheat cultivars varying in productivity. *Russian Journal of Plant Physiology*, 57(1): 87-95.
- Öktüren, F., Sönmez, S. 2005. Bitki besin maddeleri ile bazı bitki büyüme düzenleyicileri (hormonlar) arasındaki ilişkiler. *Derim*, 22(2): 20-32.
- Ösr, S., Ekinci, M. 2015. kuraklık stresi ve bitki fizyolojisi. *Derim*, 32(2): 237-250.
- Özalp, R. 2010. Ülkemizde biber üretimi ve örtüaltı biber yetiştiriciliği. *Tarım Türk Dergisi*, 24(5): 29-32.
- Özen, H.Ç., Onay, A., 2007. *Bitki Fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım*, 275-2871.

- Öztürk K., 2002. Küresel iklim değişikliği ve türkiye'ye olası etkileri *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi* **22**(1): 47-65.
- Postma, J., Willemsen-de Klein, M. J. E. I. M., Rattink, H., Van Os, E. A. 2001. Disease suppressive soilless culture systems; characterisation of its microflora. *Acta Horticulturae*, **554**: 323-332.
- Pıtır, M. 2015. *Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi.
- Sağlam, A. 2004. *Ağır Kuraklık Stresi Geçirmiş Ctenanthe Setosa Bitkisinin Yeni Kuraklık Koşullarına Adaptasyon Yeteneğinin Araştırılması*. (Yüksek Lisans Tezi). Karadeniz Teknik Üniversitesi Trabzon.
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E. 2015. Bitki gelişimini teşvik eden bakteri uygulamalarının bitkilerde kuraklığa toleransı artırmadaki etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, **20**(1).
- Sarma RK, Saikia R, 2014. Alleviation of drought stress in mung bean by strain *Pseudomonas aeruginosa* GGRJ21 *Plant Soil*, **377**:111–126
- Shakir, M.A., Bano, A., Arshad, M., 2012. Rhizosphere bacteria containing ACC deaminase conferred drought tolerance in wheat grown under semi-arid climate. *Soil Environ.*, **31** (1):108-112.
- Shewfelt, R.L. and Purvis, A.C., 1995. Toward a comprehensive model for lipid peroxidation in plant tissue disorders. *Horticulture Science*, **30**: 213-218.
- Sıddıqui, Z. A. 2006. Prospective biocontrol agents of plant pathogens. *PGPR: Biocontrol and biofertilization*.
- Tuzlacı, H. Ş., Ertürk, Y., 2011. Bitki büyümesini teşvik edici bazı rizobakterilerin (PGPR) bahçe bitkilerinde kullanım olanakları, etki mekanizmaları ve ilgili çalışmalar. *Türkiye VI. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi*. 4-8 Ekim Şanlıurfa. 701-707.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G. 2000. *Küresel İklim Değişikliği ve Olası Etkileri*.
- Türkmen, Ö., Akıncı, S., Karataş, A., Akıncı, İ. E. 2000. Bazı Sivri ve Dolma Biber Çeşitlerinin Van Koşullarında Açıkta ve Plastik Tünellerdeki Verim ve Erkencilikleri.
- Vermaa, J.P., Yadav, V., Tiwari, K.N., Kumar, A., 2013 "Effect of indigenous Mesorhizobium spp. and plant growth promoting rhizobacteria on yields and nutrients uptake of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under sustainable agriculture" *Ecological Engineering*, **51**: 282– 286.
- Vílchez, J. I., Niehaus, K., Dowling, D. N., González-López, J., Manzanera, M. 2018. Protection of Pepper Plants from Drought by Microbacterium sp. 3J1 by Modulation of the Plant's Glutamine and α -ketoglutarate Content: A Comparative Metabolomics Approach. *Frontiers in Microbiology*, **9**, 284.
- Weller, D. M. 1988. Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annual Review of Phytopathology*, **26**(1): 379-407.
- Wei, G., Kloepper, J. W., Tuzun, S. 1996. Induced systemic resistance to cucumber diseases and increased plant growth by plant growth-promoting rhizobacteria under field conditions. *Phytopathology*. **18**(2): 218-230.
- Yan, Z., Reddy, M. S., Kloepper, J. W. 2003. Survival and colonization of rhizobacteria in a tomato transplant system. *Canadian Journal of Microbiology*, **49**(6): 383-389.
- Yang, J., Kloepper, J. W., Ryu, C. M. 2009. Rhizosphere bacteria help plants tolerate abiotic stress. *Trends in plant science*, **14**(1): 1-4.

- Yaşar, F., Kuşvuran, Ş., Ellialtıoğlu, Ş. 2012. Tuzluluk ve kuraklık stresi çalışmalarında antioksidant enzim aktiviteleri ile dayanıklılık arasındaki ilişkilerin incelenmesi. **9. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu**, 12-14.
- Yemiş, O., Bakkalbaşı, E., Artık, N. 2004. Kapsaisinoit kaynağı olarak kırmızı biberler. *Gıda Müh Derg*, **18**: 30-37.
- Yıldırım, E., Karlıdağ, H., Turan, M., Dursun, A., 2011. Göktepe, F., “Growth, nutrient uptake, and yield promotion of broccoli by plant growth promoting rhizobacteria with manure *Hortscience*, **46** (6): 932– 936.
- Yıldırım, E., Güvenç, İ. 2006. Salt tolerance of pepper cultivars during germination and seedling growth. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, **30**(5): 347-353





ÖZ GEÇMİŞ

1993 tarihinde Van'da doğdu. TEİAŞ Müdürlüğü'nden emekli memur bir babanın ve ev hanımı bir annenin üçüncü çocuğudur. Van Fatih Sultan Mehmet İlköğretim Okulu'nda sekiz yıllık ilköğretim eğitimi aldıktan sonra Van Şehit Koray Akoğuz Lisesi'nde dört yıllık lise eğitimini bitirdi. 2012 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi'ne gitmeye hak kazandı ve 2016 yılında lisans eğitimini tamamladı. Lisans eğitimi bittikten sonra Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.



T.C
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih: 10.07/2018.

Tez Başlığı / Konusu:

Kırcalık Stresi Altındaki Biber Fidelelerinde PEPR
Uygulamalarının Etkisi

Yukarıda başlığı/konusu belirlenen tez çalışmamın Kapak sayfası, Giriş, Ana bölümler ve Sonuç bölümlerinden oluşan toplam 28 sayfalık kısmına ilişkin, 10.07/2018 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Tuzaklı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtreleme uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre, tezin benzerlik oranı % 6 (Altı) dır.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimededen daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit inatch size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

10.07.2018
Tarih ve İmza

Adı Soyadı: Ayar SADAK

Öğrenci No: 169101011

Anabilim Dalı: Bahçe Bitkileri

Programı: Tezli Yüksek Lisans

Statüsü: Y. Lisans Doktora

DANIŞMAN ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Enstitü Müdürü

(Unvan, Ad Soyad, İmza)

ENSTİTÜ ONAYI
UYGUNDUR

Prof. Dr. Suat ŞENSOY
Enstitü Müdürü

(Unvan, Ad Soyad, İmza)